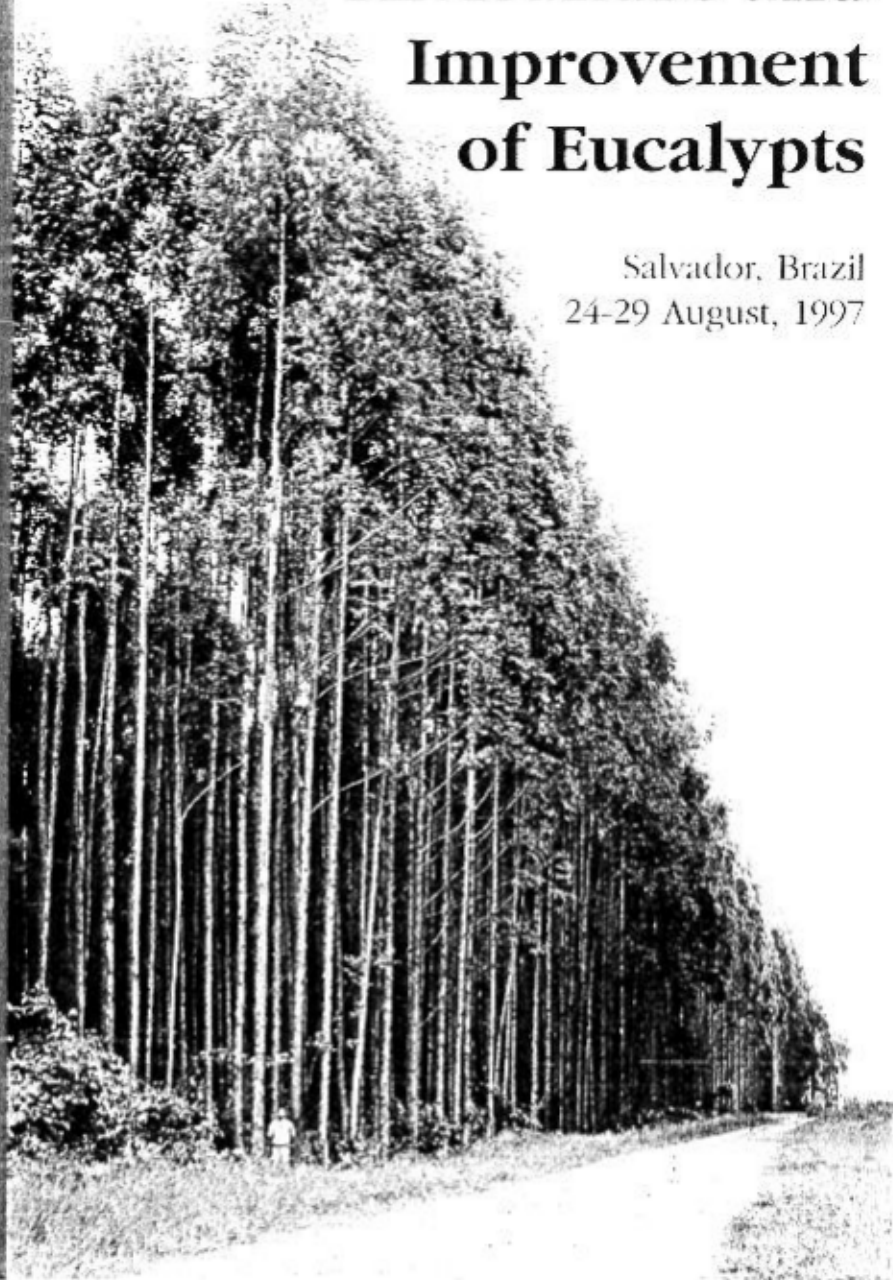


IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts

Salvador, Brazil
24-29 August, 1997



Eucalypts





**Proceedings of the IUFRO Conference on
Silviculture and Improvement of Eucalypts**

**Anais da Conferência IUFRO sobre
Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos**

**Salvador, Brazil
August 24 to 29, 1997**

**v4: Environmental and social impacts of
eucalypt plantations**

**v4: Impactos sociais e ambientais de
plantações de eucalipto**

EMBRAPA

**COLOMBO
1997**

2V
1423
V.4

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Centro Nacional de Pesquisa de Florestas

Caixa Postal 319

83411-000 Colombo, PR

Fax (041) 766 1276 Fone (041) 766 1313

Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais

Av. Pádua Dias, 11

13400-970 Piracicaba, SP

Fax (019) 433 6081 Fone (019) 433 6155

Sociedade de Investigações Florestais

Caixa Postal 308

36570-000 Viçosa, MG

Fax (031) 899 2478 Fone (031) 899 2476

Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da Bahia

Departamento de Desenvolvimento Florestal - DDF

Av. Luiz Viana Filho, 3ª Avenida, 390 - Plataforma IV - 4º Andar, Ala Norte

Centro Administrativo da Bahia

41746-900, Salvador, BA.

Fax (071) 370 6102 Fone (071) 370 6260

IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypt, 1997, Salvador. Proceedings. Colombo: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1997. 4v.

Content: v1: Tree improvement strategies. v2: Biotechnology applied to genetic improvement of tree species: v3: Silviculture, productivity and utilization of eucalypt. v4: Environmental and social impacts of eucalypt plantations

1. Eucalipto - Congresso. 2. Silvicultura. 3. Floresta - Melhoramento.

L. Título.

**CDD .
634.973766**

PROMOTERS / PROMOÇÃO

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Florestas**

Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

Sociedade de Investigações Florestais

**Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da
Bahia
Departamento de Desenvolvimento Florestal**

SPONSORS / PATROCÍNIO

**Jari Celulose S.A.
Veracruz Celulose S.A.
FINEP**

SUPPORTERS / APOIO

**ABRACAVE; ANFPC; Aracruz Celulose S.A.;
Bahia Sul Celulose S.A.; BAHIATURSA; COPENER; FUPEF;
IEF-MG; IF-SP; Klabin Fabricadora de Papel e Celulose S.A.;
Riocell S.A.; SBS; SENAI-PR/CETMAN;
The Shell Forestry;**

EMBRAPA — CNPF

Valor Aquisição Cr\$ _____
Data Aquisição 1999 _____
N.º N. Fiscal Fatura _____
Fornecedor _____
N.º Ordem Compra _____
Origem ADD _____
N.º 97.10292 _____

Organizing Committee/Comissão Organizadora

A Comissão Organizadora da Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos é composta por:

Presidente:	Antonio Rioyei Higa - Embrapa
Vice-Presidente:	Carlos Alberto Ferreira - Embrapa
Representante do IPEF:	Paulo Eduardo Telles dos Santos Edward Branco
Representante da SIF:	Ismael Eleotério Pires
Coordenador de Comunicações:	Erich Schaitza - Embrapa
Coordenador Local	Gerardo A.I Bressan Smith - DDF/BA
Vice-Coordenador Local:	João Contreiras - DDF/BA
Coordenador Administrativo	José Elidney Pinto Jr. - Embrapa
Vice-Coordenador Administrativo:	Sérgio Ahrens - Embrapa
Apoio Administrativo:	Maria Tereza Moskwien Carmen da Luz Ceccon
Coord. da Comissão Técnica:	Jarbas Y. Shimizu - Embrapa
Vice-Coord. da Comissão Técnica:	Sergio Gaiad - Embrapa
Coordenadores da Sub-Comissão de Melhoramento:	Paulo Eduardo T. dos Santos - IUFRO Ismael Eleotério Pires - SIF Antonio Rioyei Higa - Embrapa
Coordenadores da Sub-Comissão de Biotecnologia:	Dário Grattapaglia - Embrapa Jarbas Yukio Shimizu - Embrapa Antonio Natal Gonçalves - ESALQ/USP
Coordenadores da Sub-Comissão de Silvicultura e Produtividade:	José Otávio Brito - ESALQ/USP Benedito Rocha Vital - UFV Rubens Chaves de Oliveira - UFV José Carlos Duarte Pereira - Embrapa Sérgio Ahrens - Embrapa
Coordenadores da Sub-Comissão de Impactos Ambientais:	Walter de Paula Lima - ESALQ/USP Elias Silva - UFV Erich Schaitza - Embrapa
Editorial Committee / Comissão Editorial	
Coordenadores:	Antonio Rioyei Higa - Embrapa Erich Schaitza - Embrapa Sergio Gaiad - Embrapa

Membros:

Antonio Natal Gonçalves - ESALQ/USP
Benedito Rocha Vital - UFV
Dário Grattapaglia - Embrapa
Elias Silva - UFV
Erich Schaitza - Embrapa
Jarbas Yukio Shimizu - Embrapa
José Otávio Brito - ESALQ/USP
Rubens Chaves de Oliveira - UFV
José Carlos Duarte Pereira - Embrapa
Sérgio Ahrens - Embrapa
Walter de Paula Lima - ESALQ/USP

Message

The importance of holding this Conference was first discussed in early 90's in a group of foresters and tree breeders representing private companies, research institutions and universities, in the realm of the "Eucalypt Project", coordinated by Embrapa-Florestas. Two colleagues provided a great incentive at that time: Chairman Rod Griffin and Co-Chairman Shinitiro Oda, from the Work Group S2.02.09 - Eucalypts Breeding and Improvement.

Seventeen years have passed since the last Conference held by this Work Group in Brazil. In this period eucalypt plantings in several countries, including Brazil, showed a significant progress: presently, cloning is used as routine in plantations for industrial purposes; the average productivity in those stands is over 40m³/ha.year; eucalypt wood replaced that of native species in sawmills; the discussion on social and environmental impacts of eucalypt plantations involve all sectors of the society.

Given this scenario, researchers, entrepreneurs and other professionals involved with eucalypt plantations are meeting in the city of Salvador, Bahia, in order to exchange ideas and information, present and discuss recent research results on silviculture and breeding of eucalypts that have been developed in a global context. It is expected that new discussions will indicate the pathways that eucalypt forestry should follow in near future, in ways to contribute, continually, to the well-being of man and to the conservation of the environment.

The Organizing Committee is honored to hand you the Proceedings of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypt. The 219 papers presented by representatives from 19 countries were arranged in four volumes: volume 1. Tree improvement strategies; volume 2. Biotechnology applied to genetic improvement of tree species; volume 3. Silviculture, productivity and utilization of eucalypt; volume 4. Environmental and social impacts of eucalypt plantations. Each volume includes invited and voluntary papers presented orally or as posters.

The Organizing Committee acknowledges the effort and dedication of all those who contributed to the realization of this Conference, especially the sponsoring institutions and those that provided us with valuable support in different ways.

Organizing Committee
August 24th, 1997

Mensagem

A importância da realização desta Conferência começou a ser discutida, no início da década, por um grupo de silvicultores e melhoristas florestais que representavam empresas privadas, instituições de pesquisa e universidades, no âmbito do "Projeto Eucalipto", coordenado pela Embrapa-Florestas. Dois grandes incentivadores naquela época foram o "Chairman" Rod Griffin e o "Co-Chairman" Shinitiro Oda, do Grupo de Trabalho S2.02.09 - Eucalypts Breeding and Improvement.

Dezessete anos se passaram desde a última Conferência realizada por aquele Grupo de Trabalho da IUFRO no Brasil. Neste período, a eucaliptocultura praticada em diversos países, inclusive no Brasil, apresentou progressos significativos: a clonagem é hoje usada de forma generalizada, em plantios para fins industriais; a produtividade média nessas florestas superou o nível de 40m³ por ha ano; a madeira do eucalipto começa a substituir a de espécies nativas nas serrarias; e a discussão dos impactos sócio-ambientais das plantações de eucaliptos envolve todos os segmentos da sociedade.

Pesquisadores, professores universitários, empresários e demais profissionais envolvidos com a eucaliptocultura estão se reunindo dentro desse cenário, na cidade de Salvador, Bahia, para intercâmbio de idéias e informações, apresentação e discussão de resultados recentes de pesquisa, em silvicultura e melhoramento genético de eucaliptos, que vem sendo desenvolvidos a nível mundial. Espera-se que os debates indiquem os rumos que a atividade florestal deva seguir em futuro próximo, de forma a continuar contribuindo para o bem estar do homem e a conservação do meio ambiente.

A Comissão Organizadora sente-se muito orgulhosa em entregar-lhe os Anais da Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos. Os 220 trabalhos, apresentados por representantes de 19 países, foram agrupados em quatro volumes: volume 1. Estratégias de melhoramento genético; volume 2. Biotecnologia aplicada ao melhoramento genético florestal; volume 3. Silvicultura, Produtividade e utilização de eucaliptos; volume 4. Impactos sociais e ambientais de plantações de eucalipto. Cada volume inclui os trabalhos convidados e voluntários, apresentados oralmente ou em forma de posters.

A Comissão Organizadora agradece o esforço e a dedicação de todos que contribuíram para a realização da Conferência, em especial às entidades patrocinadoras e as que apoiaram financeiramente.

Comissão Organizadora
24 de agosto de 1997

Índice

TRABALHOS CONVIDADOS

Certification and its implications for <i>Eucalyptus</i> production and trade Kiekens, J.P.	001
Indicadores hidrológicos do manejo sustentável de plantações de eucalipto (<i>Hydrological indicators of sustainable management of eucalypt plantations</i>) Lima, W. de P.	012

TRABALHOS VOLUNTÁRIOS

Alterações morfológicas, fisiológicas e partição de matéria seca em mudas de <i>Eucalyptus</i> spp submetidas a deficiência hídrica no solo (<i>Morphological, physiological, and partition alterations of dry material in cuttings of <i>Eucalyptus</i> spp. subjected to soil water deficiencies</i>) Lima, P.C.; Barros, N.F. de; Reis, G.G. dos; Mosquim, P.R.	030
Alterações na absorção e distribuição de nutrientes minerais em plantas de <i>Eucalyptus</i> spp submetidas a deficiência hídrica no solo Lima, P.C.; Barros, N.F. de; Novais, R.F. de; Mosquim, P.R.	038
Alterações na produção e distribuição de açúcares solúveis e de amido em plantas de <i>Eucalyptus</i> spp submetidas ao déficit hídrico do solo (<i>Alterations in the productivity and distribution of soluble sugars and starch in plants of <i>Eucalyptus</i> spp. subjected to soil water deficiencies</i>) Lima, P.C.; Barros, N.F.; Mosquim, P.R.	046
Análise da influência da variabilidade hidrometeorológica interanual no crescimento de plantações de eucalipto (<i>Analysis of the influence of interannual hydrometeorological variability on the growth of eucalypt plantations</i>) Almeida, A.C. de; Soares, J.V.	052
Análise econômica de um programa do plantio de eucalipto na região de Wenceslau Braz, Estado do Paraná (<i>Economic analysis of an eucalypt plantation program in the Wenceslau Braz region, Parana State</i>) Rodigheri, H.R.; Ferreira Pinto, A.	062
Atmospheric inputs compared with nutrients removed by harvesting from <i>Eucalyptus</i> plantation. Implications for sustainability Poggiani, F.; Schumacher, M.V.	068
Avaliação econômica de povoamentos de eucalipto sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais, Brasil (<i>Economic evaluation of <i>Eucalyptus</i> stands under various spacings in the cerrado region of Minas Gerais, Brazil.</i>) Contreras, C.E.; Reis, G.G. dos; Reis, M. das G.F.; Moraes, E.J. de	075
Balço hídrico de plantações de eucalipto a partir da estimativa de transpiração pelo método de Penman-Monteith (<i>Hydrological balance of <i>Eucalyptus</i> plantations through transpiration by the method of Penman-Monteith</i>) Soares, J.V.; Almeida, A.C. de; Penchel, R.M.	080

Bird fauna and vegetation in natural woodlands and eucalyptus plantations in the high Andes in Bolivia - implications for development of sustainable agro-forestry techniques	
Hjarse, T.	089
Classificação ecológica para reflorestamento, do território brasileiro ao sul do paralelo 24°S - uma abordagem climática (<i>Ecological classification for the reforestation of Brazilian territory south of latitude 24°S - a climatic border</i>)	
Acosta, V.H.; Reis, M.G.F.; Reis, G.G. dos	095
Economic of <i>Eucalyptus</i> plantations: a case study in a tribal area in western India	
Balooni, K.	101
Estudio de impacto socio-económico del desarrollo del sub-sector forestal en Uruguay (<i>A socio-economic study of the development of the forestry subsector in Uruguay</i>)	
Basso, L.; Carrión, J.; Echeverría, R.; García, H.P. Juan, E.; Puppo, J.; Sancho, L.; San Román, D.; Tamosiunas, M.	107
Evaluation of 2,3,5 - triphenyltetrazolium chloride reduction as a measure of drought - and heat tolerance in <i>Eucalyptus grandis</i>	
Merwe, T. van der; Staden, L. van; Mescht, A. van der; Laurie, R.	112
Evaluation of chlorophyll fluorescence as a measure of drought tolerance in <i>Eucalyptus grandis</i>	
Mescht, A. van der; Ronde, K. de; Merwe, T. van der; Laurie, R.; Bester, C.; Wenzel, C.	117
Fluxo parcial de nitrogênio e de potássio em solo arenoso de cerrado, sob povoamentos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i>, influenciado pelo modo de aplicação de adubo nitrogenado e potássico (<i>Partial flux of nitrogen and potassium in sandy soil of the cerrado in stands of <i>E. camaldulensis</i> influenced by the mode of application of nitrogen and potassium fertilizer</i>)	
Godinho, V. de P.C.; Barros, N.F. de; Pereira, P.R.G.; Sedyama, C.S.	125
Forest situation in pakistan and planning its future	
Panhwar, F.	134
Ganhos econômicos com aplicações de nitrogênio, potássio e calcário dolomítico em povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake (<i>Economic gains of <i>E. urophylla</i> plantation with nitrogen, potassium and dolomitic lime application in a quartzpsammi soil</i>)	
Valeri, S.V.; Alvarenga, S.F.; Martins, M.I.E.G.; Banzato, D.A.	138
Identificação de características ambientais determinantes da capacidade produtiva de povoamentos de eucalipto	
Braga, F. de A.; Barros, N.F. de; Souza, A.L. de; Costa, L.M. da	142
Impactos de eucaliptais sobre vertebrados silvestres (<i>Impacts of eucalypt plantations on forest vertebrates</i>)	
Silva, E.	150
Irrigation increases growth and improves fibre quality of <i>Eucalyptus globulus</i> and <i>Eucalyptus nitens</i>	
Beadle, C.L.; Banham, P.W.; Worledge, D. Russell, S.L.; Hetherington, S.J.; Honeysett, J.L.; White, D.A.	154

Is there an association between the coolibah tree, <i>Eucalyptus victrix</i> L. Johns & K. Hill and the grass <i>Setaria dielsii</i> (Herrn)?	
Florentine, S.K.; Fox, J.E.D.	155
Measurement and prediction of nitrogen loss due to erosion of forest soils	
Teixeira, P.C.; Misra, R.K.	161
Meio ambiente e trabalho no mundo do eucalipto: um estudo de caso na bacia do Rio Piracicaba, em Minas Gerais	
<i>(Environment and work in the eucalypt world: a case study from the Piracicaba river region, in Minas Gerais, Brazil)</i>	
Guerra, C.B.	166
Morphological, physiological and anatomical adaptations to waterlogging by seedlings of <i>Eucalyptus victrix</i>	
Florentine, S.K.; Fox, J.E.D.	172
Nutritional monitoring as a strategy for recommending fertilization for yield maintenance in <i>Eucalyptus</i> stands at Votorantim Celulose e Papel S.A.	
<i>(Monitoramento nutricional como estratégia para recomendação de adubação para manutenção da produtividade em povoamentos de eucalipto da Votorantim Celulose e Papel S.A.)</i>	
Scatolini, F.M.; Corradini, L.; Barros, N.F. de; Valle, C.F. do	181
Otimização do estoque de madeira no campo em função do custo de transporte florestal	
<i>(Optimization of wood stock as function of the cost of forestry transportation)</i>	
Santos, S.L.M. dos; Monteiro, H.M.	184
Pattern of water extraction, water availability and growth in young <i>E. globulus</i> planted with different spacing	
Pacheco, C.A.; Tomé, M.; Delgado, J.; Silva, P.O.; Tomé, J.	188
Potencial hídrico e condutância estomática de <i>Eucalyptus camaldulensis</i>, <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> no sudeste do Brasil	
<i>(Hydrological potencial and stomatal conductance of <i>Eucalyptus camaldulensis</i>, <i>E. pellita</i>, <i>E. urophylla</i> in Southeastern Brazil)</i>	
Reis, G.G.; Reis, M.G.F.; Gomes, R.T.; Silva, J.F.	196
Relações hídricas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> e <i>E. pellita</i> na região de cerrado	
<i>(Hydrological relationship of <i>Eucalyptus camaldulensis</i> and <i>E. pellita</i> in the cerrado region)</i>	
Leles, P.S. dos S.; Reis, G.G. dos; Reis, M. das G.F.; Morais, E.J. de	201
Responses to summer stress of carbon assimilation and photoprotection mechanisms in <i>Eucalyptus</i> L.	
Faria, T.; Silvério, D.; Breia, E.; Cabral, R.; Abadia, A.; Abadia, J.; Pereira, J.S.; Chaves, M.M.	207
Risk analysis of eucalyptus planting in south western France	
Burger-Leenhardt; Terreaux	208
The effects of commercial plantations of <i>Eucalyptus grandis</i> in growth on soils in areas influenced by volcanic ashes (Colombian Andes)	
Sicard, T.L.; Castilho, T.L.	214

The effects of elevated concentration of CO₂ on gas exchange of five commercially important eucalyptus species	
Lima, W.P.; Jarvis, P.G.	221
The sustainability of Eucalyptus commercial plantations: the congolese approach	
Bouillet, J.P.; Nizinski, G.; Nzila, J.D.; Ranger, J.	232
Water stress in seedlings of Eucalyptus camaldulensis clones and its effects on growth characteristics	
Lemcoff, J.H.; Garau, A.; Guarnaschelli, A.; Prystupa, P.	238

CERTIFICATION AND ITS IMPLICATIONS FOR *Eucalyptus* PRODUCTION AND TRADE

Kiekens, J.P.

Université libre de Bruxelles & Environmental Strategies Europe - Chaussée de Wavre,
1517-P B-1160 Bruxelles - Tel +32-2-6753668 Fax +32-2-6753705 - e-mail: kiekens@ibm.net

Jean-Pierre Kiekens lectures development economics at the University of Brussels (ULB) and is the director of Environmental Strategies Europe (ESE) - a consulting firm providing services to governments, international organisations, environmental NGOs and industry organisations, mostly in the area of forestry policy.

SUMMARY

Since the late 1980s, certification has attracted increased attention in the international forestry debate. The paper reviews selected certification initiatives, particularly in light of their potential influence on the pulp and paper sector. The reviewed initiatives include the Forest Stewardship Council, ISO's standard for environmental management systems, the Canadian sustainable forestry standard and an alternative proposal - International Registration of Forests - as developed by the author. While certification is expected to progressively become a reality in some countries and on certain markets, the paper suggests that there are staggering difficulties with this approach, particularly when chain of custody verification is requested. It indicates that there remains considerable uncertainties regarding the future of certification and its production and trade implications. It also highlights the severe limitations of certification as an instrument to achieve sustainable forest management, particularly because certification does not address directly any of the major underlying causes of forest degradation and loss. Regarding clonal eucalyptus plantations, their agriculture like character is shown to pose a fundamental problem, i.e. whether or not they should be covered by forest certification. The paper indicates that most of the environmental impacts of plantations must be mitigated at an early stage and that they require other tools than certification: baseline studies and surveys, environmental impact assessments, etc. The paper suggests however that, once a plantation is established, certification can constitute a useful tool for ensuring its proper and continuously improved environmental management.

INTRODUCTION

The concept of labelling/certification of forest products emerged in 1988, following a study proposal by an environmental NGO - Friends of the Earth - in the context of the International Tropical Timber Organisation. It was clearly at the time a tropical timber issue. There were fears of reduced market access for tropical timber on markets such as Austria, Germany, the Netherlands and the UK, were environmental NGOs pressed for such timber to be boycotted.

Various national level responses to these boycott campaigns were initiated (Kiekens 1995.a&b.): a compulsory labelling scheme and a special import duty in Austria; a "projekt tropenwald" in Germany with the definition of sustainable forestry criteria; a "tropical timber covenant" in the Netherlands between government, industry and NGOs, aimed at the importation of tropical timber from sustainable sources; an "accord" in the UK, between the Timber Trades Federation and WWF, followed by a "1995 Group" (see below).

The international debate regarding forests was not without implications on the labelling/certification debate. The Earth Summit and the renegotiation of the ITTA transformed forestry into a global issue. This was illustrated by a study carried out on certification for the ITTO in 1993, which applied to timber from tropical, boreal and temperate regions, although ITTA remained a tropical timber commodity agreement.

A major move occurred when WWF decided to push for its own certification scheme, instead of supporting intergovernmental work, particularly through the ITTO. The Forest Stewardship Council (FSC) was launched in 1993. It has a self-

proclaimed objective of monitoring forest/timber certification world-wide, by accrediting certifying organisations.

Partly as a reaction to the creation of the FSC, and partly because of fears of boycotts of pulp and paper from wood produced according to clear-cut practices, industry, particularly the Canadian Pulp and Paper Association, pushed for forestry certification to be covered by the International Standards Organisation (ISO). ISO subsequently initiated work to facilitate the application of the ISO-14001 environmental management standard by in forestry.

Various other initiatives were taken over the last two years, particularly at the national level, e.g. in Finland, Sweden, Ghana and Indonesia. Most initiatives followed pressures by environmental groups, chiefly WWF, to promote FSC. However, industry has in most cases insisted that national schemes should be made compatible with ISO. Today, there are thus national certification initiatives in many of the pulp and paper producing countries: Canada, Sweden, Finland and Indonesia. There is also a sustainable forestry initiative in the US.

Certification is a contentious issue and is widely discussed internationally. The conclusions of the international conference on certification held in Brisbane in 1996 are worth noting. They say for example that certification is one instrument among many others and that its efficacy remains to be demonstrated. This was acknowledged by the Intergovernmental Panel on Forests, which stated in its recommendations that more studies are required to objectively assess the potential of certification and labelling to promote sustainable forest management.

Current orientations regarding certification

The past years have witnessed a number of initiatives for the certification and labelling of forest management and forest products. There are number of papers, e.g. those at the Brisbane and Kuala Lumpur international conferences, that describe current initiatives. Here is an overview of the most salient orientations in this area.

The FSC/WWF blueprint

According to WWF and a number of other environmental NGOs (Friends of the Earth, Greenpeace, etc.), certification should solely take place according to the FSC principles and criteria for sustainable forest management (Forest Stewardship Council 1995). There are 10 principles, including one specifically geared towards plantations. Certification requirements for plantations include: tenure security; respect of customary rights of indigenous peoples; workers' rights; a periodically revised forest management plan; wildlife corridors; stream side zones; control of water quality and soil degradation; mosaic of stands of different ages and rotation periods; preference for native species; integrated pest management with reliance on biological control; partial restoration of the natural forest cover; reduced use of chemical pesticides and fertilisers; monitoring of ecological and social impacts; prior local trials for species to be planted on a large scale; etc.

A key feature of the FSC/WWF blueprint is that forest management has to be certified by a third party inspection body. FSC has therefore accredited certification organisations - there are currently 5 of them -, which forest operators can call to obtain certification. The work of the inspection companies also covers the chain of custody of forest products, which must be monitored for the FSC label to be used. FSC/WWF insists on comprehensive chain of custody verification. It means that all products should be traceable to the forest of origin. Proof of this traceability must be provided by the certification procedure and an external audit by the accredited inspection organisation. There are no indications at this stage on how this applies to pulp and paper. However, it appears that only integrated companies, securing their supplies from their own plantations, would be in a relatively comfortable position to implement such comprehensive chain of custody control.

Various figures have been issued by WWF and FSC concerning the acreage of FSC certified forests. In December 1995, i.e. two months before the FSC had accredited its first certifying agents, WWF and FSC already proclaimed to EU Parliamentarians that 4 M ha of forests were certified and producing 1.5 million m³ of timber products annually. In

March 1997, the total claimed by FSC was reduced to 2.900.000 ha. However, even the latter figure still includes forests - e.g. 1.255.000 ha in Poland and 66.915 ha in Belgium - for which serious doubts have been expressed by external parties regarding the reliability and seriousness of the certification process (see below). To be noted is that the FSC certified forests also include the famous "Jac by the Stowl" (Lincolnshire, England) with a surface area of 0.2 ha!

There are tremendous problems with the FSC/WWF certification blueprint. The principles and criteria were developed by a group of NGOs, with very limited consultations, and no accountability towards any recognised national or international institutional setting. To date, no country has recognised the FSC principles and criteria. This is an expression of the lack of support for the initiative, particularly if one takes into account the large share of public forests in many countries, not only in the developing world but also in forest-rich industrialised countries such as Canada. Third party inspections are costly and represent, at least partly, a duplication of existing controls. The insistence of comprehensive chain of custody verification is particularly questionable (see below) as, for many products, this is costly and impractical.

Professionalism of the FSC and some of its accredited certification bodies has been seriously questioned. A number of well documented cases include a logging company in Gabon, a Dutch plantation investment in Costa Rica and the State owned Walloon forest in Belgium, where certification was awarded without the approval of the Walloon administration in charge of forest management. The weakest point of the FSC, however, is probably the unstable nature of its institutional setting. The body is not accountable to anybody except a few environmental groups with sometimes diverging interests. Several environmental NGOs have significant concerns about the strategy championed by WWF (inside which some voices against FSC have, however, recently been heard). It is not clear whether FSC would survive a withdrawal by major groups such as Greenpeace or Friends of the Earth. It is also unclear if FSC will survive financially, as its public financing by EU

member states (Netherlands, Austria) and more recently the European Commission is increasingly questioned.

The CSA approach

It is important to review here the approach adopted by the Canadian Standards Association, due to the role of Canada in the pulp and paper market and the importance of the forest areas expected to be certified through this standard. The Canadian standard (Canadian Standards Association 1996) was published in October 1996 following a process consistent with international procedures for standards creation (open and inclusive process, with NGO and public consultations). The standard is consistent with ISO-14001. It is specific to the Canadian situation, as it encompasses 6 criteria agreed upon at the national level by the Canadian Council of Forest Ministers.

The sustainable forest management criteria approved in Canada are:

1. Conservation of Biological Diversity
2. Maintenance and Enhancement of Forest Ecosystem Condition and Productivity
3. Conservation of Soil and Water Resources
4. Forest Ecosystem Contributions to Global Ecological Cycles
5. Multiple Benefits to Society
6. Accepting Society's Responsibility for Sustainable Development.

According to the Canadian Sustainable Forestry Certification Coalition (1996), "to meet the Canadian Standards Association's (CSA) Sustainable Forest Management (SFM) System Standards, an organisation will have to:

Establish a system which meets rigorous requirements for:

- Commitment • Public Participation
- Management System Elements
- Preparation • Planning • Implementation
- Measurement & Assessment • Review & Improvement • Continual Improvement

For example, the commitment requirement must include:

- a. recognition of environmental, economic, social, and cultural values
- b. conservation of biological diversity, and all other Canadian Council of Forest Ministers' criteria

- c. public participation throughout the process
- d. compliance with applicable federal and provincial regulations
- e. an independent audit of the SFM System and the forest

f. continual improvement of the SFM system
Likewise, if an auditor were to review the public participation requirement, evidence must demonstrate that:

- a. an effort to identify and solicit interested parties took place
- b. a clearly defined process for public participation was established
- c. the public was involved in identifying values, goals and indicators
- d. public communications is ongoing."

Although the Canadian forestry standard was approved only late last year, number of companies and other forest managers have already stated their desire to become registered under the new standard. The area to be covered by these interested parties represents about 20 million ha, or a timber cut of 25-30 million m³ per year. Quite interestingly, while most applications to the CSA forestry standard originate from the industry, a province - New Brunswick - has decided to get the entirety of its public forests (3 million ha) covered by the standard.

The main criticism towards the CSA standard expressed by environmental NGOs refers to the reliance on a continual improvement, instead of on performance standards. NGOs' attacks against CSA are in this respect similar to those against ISO. They seem to be more a reflection of an ambition to control forest certification activities world-wide than a rigorous assessment of the merits of the CSA standard. They pose, however, the crucial problem of acceptability of the certificate in the market place.

The ISO standard for environmental management systems

ISO-14001 allows for the certification of a forest operation's environmental management system. It is not a forestry standard, although some plantations are now engaging into ISO certification in Brazil. This standard does not address the issue of product labelling. At the beginning, some delegations, particularly Canada and New Zealand, were hoping for

ISO to develop a forestry standard. However, opposition from environmental NGOs, particularly WWF defending FSC, as well as from some delegations opposing the development of sector specific standards for environmental management, prevented the emergence of such standard.

The opposition to an ISO forestry standard has led the organisation to pursue the development of a "bridging document" aimed at helping "forest organisations" to apply ISO-14001 to their environmental management systems (ISO 1997). The bridging document should particularly help companies to develop performance objectives and targets as part of their EMS. Compatibility with ISO-9000 would be ensured. The CSA standard would be a particular case of ISO-14001 implementation in forestry. The achievement of ISO-14001 certification can be communicated in various ways, and does not require chain of custody labelling downstream. While companies, depending on the situation they face, would be able to set their own environmental management objectives, ISO-14001 implementation is expected to be along similar lines as that of the CSA standard.

The critiques addressed to the CSA standard by NGOs also apply to ISO. Particularly, international procedures for standards creation are considered inadequate for environmental considerations. A different degree of consultation of stakeholders than e.g. for valves or any other manufactured product for which standards are elaborated, is indeed expected for environmental considerations. There are, however, several other factors that make a reconciliation between ISO and environmentalists difficult on this issue, particularly the desire of the latter to have control of forest management (performance) standards. As for CSA certificates, the acceptability of ISO-14001 certificates on the market place is still a big question mark.

Some other certification approaches

Certification is an evolving area, particularly regarding the initiatives taking place at the national level. As suggested above, key current or future producers of pulp and paper have, or contemplate, national certification systems. There are also experiences with

timber certification that are worth noting. A number of key elements on schemes in Indonesia, Ghana, Scandinavia and the UK are presented below.

Indonesia is setting up the Indonesian Institute for Eco-labelling (Lembaga Ekolabel Indonesia - LEI) with World Bank support. The institute plans to accredit independent inspectors and to administer its own label. An interesting characteristic is that inspections would be paid by a government fund. Although information on the scheme is somewhat lacking, it appears that the Indonesian system represents, to a certain extent, an institutional counterweight to the ministry of forestry, which has been reluctant to implement a serious inspection system for natural forest concessions.

Ghana is attempting to establish a national certification standard that should be compatible with both ISO and FSC. The standard is being developed according to (ISO) approved international procedures for standards creation (open and inclusive process, with NGO and public consultations). As Indonesia, Ghana is a key player at the International Tropical Timber Organisation, and the route it adopts may have repercussions for other members of the organisation. There are however many problems associated with the use of certification in a country like Ghana. Most of the timber production originates from so called conversion forests, for which there are - by definition - no plans for sustainable management and therefore no possibilities for product certification/labelling, at least in the way envisaged by FSC - the only group pushing for comprehensive chain of custody verification and labelling.

In Sweden, a working group was established under the auspices of the FSC in 1996. The group attempted to agree on forest management standards. However, although progress was recognised by both industry and environmental NGOs, agreement on a standard could not be achieved. FSC-Sweden has agreed that a "pause" is to be made regarding the establishment of FSC forest management standards for Sweden. The Swedish forest owners have decided to pull out from the working group, making it unlikely that a standard will be agreed upon before several years.

In Finland, the dialogue inception in 1996 between industry and environmental organisations has led to suggesting an innovative approach to certification. Like in other European countries, standard approaches are not suited to the particularly fragmented patterns of forest ownership. Key elements of the Finnish proposal were to permit the district level certification, and also to permit the use of an official institution to check on legislation implementation, and selected additional controls on agreed requirements beyond the legislation. The approach was allegedly to be compatible with both FSC and ISO. It was endorsed by the "Forest Certification Standards Working Group" comprising the Finnish Forest Industries Federation, the Central Union of Agricultural Producers and Forest Owners and two environmental NGOs: WWF-Finland and the Finnish Association of Nature Conservation. The agreement has been subsequently condemned by 28 environmental groups including, quite surprisingly, WWF-International. The situation in Finland appears now to be similar to that in Sweden. The prospect for any agreement on certification forest management standards and procedures appears now to be remote.

In the UK, the Forest Industry Council of Great Britain (FICGB) suggests to use an existing checking system of governmental controls as a basis for ensuring the public regarding sustainable forest management. The proposal is to base certification on the forest management regulations of the Forestry Commission, which were designed with a broad consensus of all stakeholders (including environmental NGOs). The proposal aims simply at proving that these regulations are properly implemented. Downstream from this system, FICGB has designed a "woodmark" scheme whereby timber marketed under the label can be proven, through chain of custody documentation, to originate from a particular felling licence authorised by the Forestry Commission. The FICGB also suggests to integrate such checking within a wider international system of International Registration of Forests.

International registration of forests (IRF)

A different route from certification, but

also operating at the forest management unit level, would be to establish a system of International Registration of Forests, or IRF (Kiekens 1996). Each country would establish a network of forests internationally recognised as under sustainable management. The IRF system would be decentralised, like the listing of wetlands of international importance maintained under the Ramsar Convention — an environmental treaty operating now for 25 years with the involvement of environmental NGOs and other stakeholders. International registration of forests would enable countries to demonstrate compliance with their commitments regarding sustainable management.

In practice, this IRF proposal would lead to the establishment of national registers of sustainably managed forests. In contrast with FSC (NGO led) and ISO (industry-led), International Registration of Forests would be led by governments. The international register would be a combination of national registers, to be established and maintained at the national level, with a strong input of all stakeholders and the scientific community. There would be several categories: e.g. natural forests, plantations, etc. The approach here is to rely to a large extent on controls implemented at the national level against sustainable forest management regulations that attract wide consensus.

The IRF proposal has received significant support, e.g. by the Forest Industry Council of Great Britain and the "Société Royale Forestière de Belgique", and also forestry officials in developing countries such as Ghana. Like for wetlands' listing under the Ramsar Convention, IRF could also be considered as a possible key element of a future Global Forest Convention. Linkages could be operated between International Registration of Forests and strengthened forestry aid to the benefit of developing countries.

Implications for Eucalyptus Production

Many concerns have been expressed regarding the environmental, economic and social impacts of plantations (Shell & WWF 1993). These impacts include:

- soils (erosion, compaction, etc.),
- hydrology (pollution, surface runoff, risk of

flooding, lowering of water table, etc.),

- ecology (biodiversity, introduction of exotic trees and pests, etc.),
- land use (displacement of other users, change in landscape),
- land tenure (loss of customary rights, land disputes, etc.)
- economic benefits (insufficient benefits to local groups)
- migration (introduction of settlers, breakdown of social structures)

Many of these concerns must be addressed at an early stage, i.e. when the plantation is being planned and established. There is a need for proper site selection, baseline studies and surveys, appropriate plantation design, environmental impact assessments, etc. Certification is of no use for ensuring a proper establishment of forest plantations.

Mechanisms of environmental management are present in many plantation operations. The most important parameters need to be subject to monitoring. These include: water quality, soil loss, type of flora and fauna, width and length of protection strips, fire prevention equipment, fire breaks, health and safety standards, and physical conditions of roads and bridges (Howlett 1993).

The implications to be expected from certification of a specific plantation will depend on a number of factors, particularly the certification that is demanded and the degree of organisation of the plantation regarding environmental management. Concerning FSC, although a plantation has been certified by an FSC accredited certification body against its own standard (Tiburcio, V. & R. Garlipp 1996), there were no FSC certified eucalyptus plantation by March 1997 (Forest Stewardship Council 1997). Even if it was the case, it would be under a provisional arrangement that allows certification to proceed without national / regional FSC approved standards. FSC certification for eucalyptus plantations is quite unlikely for number of reasons. First, the very application of Principle 10 on forestry plantations may not be relevant. Indeed, clonal eucalyptus plantations should probably be considered more as a particular type of agriculture than as a genuine forestry activity. The FSC principles and criteria are therefore

quite incompatible with the notion of "culture of clonal trees". Second, FSC has to date found impossible to reach agreement on any national or regional standard (as recently shown in Sweden and Finland), which also suggests that it is unlikely that FSC standards applicable to eucalyptus production will be made available in any foreseeable future.

The implementation of ISO-14001 is on the other hand more realistic, as suggested by the fact that some eucalyptus producing companies - Riocell and Bahia Sul - have already engaged into the process (Garlipp, R., 1997, pers. com.). The main task under an ISO-14001 scheme is adapting existing environmental management systems to put them in line with ISO-14001 requirements. These pertain mainly to the existence and implementation of suitable procedures to demonstrate a) compliance with legal requirements; and b) compliance with environmental standards decided upon by the company. Such procedures must be put in place and appropriate training must be provided to all personnel who may have through their work a significant impact on the environment. The result expected from ISO-14001 implementation is an "environmental culture that ensures that environmental improvement is firmly embedded at all levels of the organisation" (ISO 1997).

Regarding the financial implications of certification, two types of costs must be distinguished. First, there is the cost borne by the company to implement the actions and internal procedures to obtain certification. This cost varies according to the management situation the company is starting from and according to the certification scheme that is selected. Data regarding this type of cost are hardly available at this point in time. Second, there is the cost of the third party inspection. A reference in this regard is that of an FSC certification awarded last year in Belgium for a 60.000 ha forest. It implied the following costs: 0.3US\$/ha for the initial inspection and 0.1US\$/ha/year for the annual routine inspections. Cost for ISO-certification is reported to be slightly lower: about 30% less than for FSC certification. These costs obviously don't include those for chain of custody external controls, needed for product labelling.

Trade Implications Regarding Pulp and Paper

Despite the emergence of certification initiatives in the pulp and paper industry, there doesn't seem to be any analysis of the expected impact of this development. Therefore, this paper limits itself to analyse some of the key issues posed by certification to the trade in pulp and paper. It does not endeavour to foresee quantitative impacts but presents instead the many problems and uncertainties associated with the development of this instrument.

The analysis above has shown that, in the pulp and paper sector, save for a few Scandinavian companies working with FSC - despite the absence of country specific standards -, the main development occurs in Canada, where areas producing about 25-30 million m³ per year are due to be certified in the near future. Forest product certification clearly is going to become a reality in international trade, as companies exporting to environmentally-sensitive markets, such as Germany, are expected to make use of the newly acquired certification (subject, however, to the ISO and CSA rules regarding certification advertisement).

A first issue that this development raises is that of acceptability of the CSA certificate, and more generally, the various labels and certificates, on the market place. The situation is particularly critical as environmental NGOs have invested so much into the FSC that they don't seem willing to accept any other types of labels. This is especially the case in Europe, where NGOs have e.g. managed to convince a body of the European Parliament to pass a resolution that the FSC label should be the only one recognised in Europe. As industry driven bodies, CSA and ISO constitute easy targets for environmental NGOs, especially as the principal feature for which Canadian forestry has been attacked - clear cutting - is not going to disappear under CSA or ISO certification. Environmental NGOs have already practised various strategies in the timber sector, ranging from blocking boats in ports to chainsaw attacks in do-it-yourself retail stores. Timber from forests certified under ISO, CSA or other national scheme may not be exempted from such demonstrations. Although many

companies, particularly German publishers, support the efforts made in Canada, it remains unclear whether any certification other than FSC is going to be given a chance on the market by the many pro-FSC environmental groups.

A second issue is that of eco-labelling. This has become a somewhat complex issue in Europe, with a variety of national schemes and a pan-European one, sometimes with the same products categories, but with different criteria. EU eco-labelling has become a contentious international trade issue, with the US having threatened to bring the EU to WTO, unless in depth reforms to the scheme were made, particularly regarding discriminatory elements against foreign suppliers. The proposals for the revamped eco-labelling scheme, which has shown poor performances and commercial interest throughout its 5 years of existence, include the creation of a European Eco-Label Organisation, consistency with ISO life-cycle analysis procedures, and the introduction of a graded label. This latter development is important. It is likely that some grading regarding forest management sustainability will be introduced. The role of certification, as a demonstration of sustainable forest management, may be reinforced. Current eco-labelling regulations, e.g. for copying paper, require only that assurances be provided that forest management has been carried out following the Helsinki criteria (for European forests) and the Rio's Forest Principles (for forests outside Europe), without any certification procedure as such.

A third issue posed by certification relates to the development of the so called "buyers' groups" and their compatibility with EU competition and WTO rules. The first buyers group was established in the UK in 1992 by WWF. It called upon its members, mainly major do-it-yourself stores and some tropical timber traders, to only use sustainably produced timber by 1995. The requirement was then transformed into commitments to only use FSC-certified products. Despite the paltry results they had reached by the end of 1995, the club, now called "1995+ group" continues its existence. On the basis of this dubious experiment, other buyers groups were created in other countries, such as Belgium, Netherlands, Germany and Austria. The very

notion of buyers groups is contentious. Member companies are asked to discriminate among like products (FSC certified / non-certified products) which creates a problem of market access for those not who are part of the club. The fact that no country has recognised the FSC and its criteria poses an additional problem. The lack of compatibility of FSC criteria with eucalyptus plantations - as a form of "culture of clonal trees" - represents an obvious discriminatory element. The compatibility of buyers groups with EU competition laws is currently being investigated following a complaint that these groups constitute cartels, and that as such they should be dismantled. This development may open the market to other types of certificates than the FSC one. It will also have important repercussions on market demand because, even in countries traditionally open to the concept of green consumerism, like the UK, there are no signs of any significant market demands, or of consumers' willingness to pay a premium for certified forest products. The compatibility of buyers groups and certification with WTO rules is also unlikely. The fact that WWF is openly marketing FSC certification as a means for Europe to remain competitive in the pulp and paper sector against countries such as Brazil and Indonesia (Elliott 1996) illustrates well that elements of environmental protectionism are associated with certification and buyers groups.

A final issue worth stressing is that of chain of custody and its associated costs. WWF/FSC insist upon comprehensive chain of custody verification. Other schemes such as CSA, ISO-14001 and also International Registration of Forests do not require a chain of custody approach. Insistence of NGOs on comprehensive chain of custody is partly due to their hope to see trade measures ultimately implemented against non-certified timber (although it would contravene to an IPF recommendation). In Belgium, there is for example a law proposal introduced by the Flemish green party to establish eco-taxes on non-certified timber. A European Union working party has been recently established by the European Commission to analyse the feasibility of chain of custody. Existing studies and statements by those following certification

closely already indicate, however, that there are staggering difficulties for implementing a comprehensive and reliable system of chain of custody control. In some instances, only very costly batches systems are technically feasible. Regarding wood pulp, there are indications that only a system of percentages, as the one used for recycled paper, may be feasible. Detailed cost implications are not known at this stage. Integrated forest industries, including those downstream of eucalyptus plantations, are likely to be somewhat less penalised from chain of custody requirements than others. Although feasible in many instances, the relevance of promoting chain of custody control urgently deserves to be properly investigated. Improved communications regarding sustainable forest management on environmentally-sensitive markets may prove to be more far realistic than the chain of custody blueprint advocated by environmentalists. The proposal by the Canadian Pulp and Paper Association for an "Environmental Profile Data Sheet" to be used to provide objective information on pulp and paper markets is also worth noting.

Concluding remarks

Certification as advocated by environmental NGOs has rapidly emerged as an important issue in the international forestry debate. It also expected to progressively become a practical reality, particularly because of its rapid development in Canada. There are however no theoretical or practical indications that certification constitutes an effective approach to promote sustainable forest management. Being a voluntary instrument, its implementation may not gain significant ground except in a few countries. If trade measures such as labelling are implemented downstream of forest level certification, the environmental impact to be expected from them remains unclear. Even more importantly, certification does not address major underlying causes of forest degradation and loss lying outside of the forestry sector. More holistic approaches, such as the proposed global forest convention, are now opposed by environmental NGOs, partly because of fears of jeopardising FSC certification (Kiekens 1997.a). History may judge the proponents of certification severely, as it may ultimately prove to be just a politically

motivated diversion from the real issues to be tackled for achieving sustainable forest management.

There remains considerable uncertainty regarding the future of certification. As analysed in this paper, uncertainties include the future of the FSC, the lasting character of NGO certification demands, the outcome of the ISO/FSC contention, the future of national initiatives, the discriminatory effects of certification schemes against small-scale forest owners, the acceptability of the various labels / certificates in the market place, the cost of the proposed schemes, the international trade implications of voluntary schemes including their discriminatory character, the use of certification in the context of eco-labelling schemes, the market demand and willingness to pay for certified forest products, the legality and future of buyers groups against EU competition and WTO rules, and the chain of custody requirements that may emerge in some markets. More generally, there is uncertainty whether governments will continue to give certification so much attention or if they will give more importance to other, less uncertain, more direct, but also more active approaches to co-operate internationally for the achievement of sustainable forest management.

Regarding eucalyptus plantations, their similarity to agriculture rather than to forestry poses the fundamental problem whether they should be covered by forest certification. This is not to say that the potential negative environmental impacts of eucalyptus plantations should be neglected. Most of these impacts can be mitigated through careful plantation establishment, subject to appropriate land use planning and environmental impact assessment. Once established, proper environmental management is obviously desirable. Certification, as a means to ensure proper and improved environmental management of eucalyptus plantations, appears in this specific context to be a useful tool. Certification according to forest management performance criteria is clearly more problematic, because of the difficulties observed so far in defining such criteria and the agriculture like character of eucalyptus plantations. Certification / labelling of pulp and

paper should be considered with extreme caution, because of its technical difficulties, its high costs and its questionable usefulness to achieve sustainable management.

REFERENCES

- Canadian Standards Association. 1996. A Sustainable Forest Management System: Guidance Document and Specifications Document. Canadian Standards Association.
- Canadian Sustainable Forestry Certification Coalition. 1997. Meet the standards: towards sustainable forest management. Internet information.
- Elliott, C. 1996. Forest management certification: opportunities and challenges for the pulp and paper industry. Paper presented at the symposium "The European Pulp and Paper Industry: Competitiveness and Its Efforts for Sustainable Forest Management", Strasbourg, France.
- Forest Stewardship Council. 1997. Forests certified by FSC-Accredited Certification Bodies. Forest Stewardship Council. Oaxaca, Mexico. March 12, 1997.
- Forest Stewardship Council. 1995. Principles and Criteria for Natural Forest Management. Forest Stewardship Council. Oaxaca, Mexico.
- Garlipp, R., 1997. personal communication.
- Howlett, D. 1993. Environmental Management. Shell/WWF Tree Plantation Review. Shell/WWF.
- IIED. 1996. Towards a Sustainable Paper Cycle. IIED. London.
- ISO. 1997. Information to assist the implementation of ISO 14001 and the Use of ISO 14004 EMS Standards by Forestry Organisations. Draft 3. ISO.
- Kiekens, J-P. 1997.a. "Saving the World's Forests". The Forestry Chronicle. Forthcoming.
- Kiekens, J-P. 1997.b. "Operationalising International Forestry Co-operation: Selected EU and Global Level Implications." Paper for the Forest Policy Research Forum on The Future of Forest Policy in Europe, Joensuu, Finland, June.
- Kiekens, J-P & N Byron. 1997. International Forestry: Which Way Now? Ecodecision, Forthcoming.
- Kiekens, J-P. 1996.a. International Registration of Forests. Ambio. 28:7.
- Kiekens, J-P. 1996.b. "What are the alternatives to certification to achieve sustainable forest management?" Paper to International Conference on Certification and Labelling of Products from Sustainably Managed Forests. Brisbane.
- Kiekens, J-P. 1995.a. "Timber Certification: a Critique". Unasylva, October.
- Kiekens, J-P. 1995.b. "The Tropical Wood Trade in Europe" Ecodecision. Autumn.
- Prado, Antonio. 1996. Should certification and labelling be applied to both natural and plantation forests? Paper to International Conference on Certification and Labelling of Products from Sustainably Managed Forests. Brisbane.
- Responsible forestry programme and Trees for People. 1996. The timber supply chain: resolving obstacles to certification. Study report for the European Commission.
- Shell/WWF. 1993. Guidelines. Shell/WWF Tree Plantation Review. Shell/WWF.
- Shirley, Ken. 1996. Certification of sustainable forest management with ISO standards. Paper to International Conference on Certification and Labelling of Products from Sustainably Managed Forests. Brisbane.

Simula, M. 1996. "International institutional arrangements for certification of forest management and eco-labelling of forest products." Paper for the conference on economic, social and political issues in certification of forest management. Kuala Lumpur.

Tiburcio, V. & R. Garlipp 1996. DURATEX - a Certification Case Study in Brazil. Paper at the Conference on Certification and its Environmental Implications for Forestry Operations. Quebec City.

INDICADORES HIDROLÓGICOS DO MANEJO SUSTENTÁVEL DE PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO *HYDROLOGICAL INDICATORS OF SUSTAINABLE MANAGEMENT OF EUCALYPT PLANTATIONS*

Lima, W. de P.

ESALQ/USP - Depto. Ciências Florestais 13418-900 - Piracicaba - SP

RESUMO

Na busca da sustentabilidade, torna-se cada vez mais imperativa a necessidade de se estabelecer critérios e indicadores do manejo florestal sustentável. Um dos pilares deste manejo sustentável diz respeito a aspectos ecológicos, vagamente englobados no princípio de manutenção da integridade do ecossistema. Certamente é necessário que os padrões de manejo florestal sustentável devem proporcionar com clareza, ao nível operacional, as práticas e ações condizentes com a meta de sustentabilidade. As plantações florestais com espécies de rápido crescimento, e principalmente com eucaliptos, são frequentemente criticadas por seus impactos ambientais. As evidências disponíveis são claras para eliminar a maior parte das afirmações exageradas nesta polêmica, mas fica patente, de qualquer forma, que há bastante espaço para a melhoria das práticas de manejo de plantações florestais visando minimizar efeitos ecológicos, a fim de garantir a integridade do ecossistema. A noção da microbacia hidrográfica como unidade ecossistêmica de planejamento das atividades florestais, possibilita a identificação de indicadores hidrológicos condizentes com o manejo sustentável.

ABSTRACT

The establishment of criteria and indicators of sustainable forest management is very important to achieve sustainable development. One of the basic support of such sustainable forest management is related to ecological aspects, which have been vaguely included in the principle of maintenance of ecosystem integrity. Clearly, sustainable forest management patterns should clarify, at operational levels, management practices and actions which are conducive to sustainability.

Forest plantations with fast-growing tree species, especially eucalypts, are frequently criticized because of alleged environmental impacts. The available evidences are clear enough to eliminate most of the exaggerations in such controversy, but it is also clear that there is abundant space for the improvement of the management practices of forest plantations, to minimize ecological effects, so as to contribute to the maintenance of ecosystem integrity. The catchment ecosystem renders itself very adequate for the global evaluation of the land use impacts, and its functioning permits the identification of hydrological indicators of sustainable forest management.

INTRODUÇÃO

De todas as mudanças que se observam no mundo de hoje, a conscientização e a mobilização das pessoas para com os problemas ecológicos do planeta constituem, sem dúvida, uma das mais salutaras conquistas da sociedade moderna.

A nível global, o delineamento básico desta nova ordem social está identificado no conceito macro de desenvolvimento sustentável: "desenvolvimento que atende as necessidades e aspirações do presente, sem comprometer a capacidade de atendimento das futuras gerações" (World Commission on Environment and Development, 1987).

A operacionalização deste conceito tem sido alvo de inúmeros esforços internacionais, que culminaram com a realização da UNCED 1992 no Rio de Janeiro, cujas iniciativas e realizações foram recentemente revisadas na Conferência Rio + 5, realizada no Rio de Janeiro em março de 1997. A nível do setor florestal, por exemplo, no Capítulo 11 da Agenda 21 da UNCED 92, ficou estabelecido que os governos, em colaboração com grupos

interessados e organizações internacionais concordam em procurar *desenvolver critérios e práticas cientificamente fundamentadas para o manejo, a conservação e o desenvolvimento sustentável de todos os tipos de florestas*.

Este **Manejo Florestal Sustentável**, como paradigma moderno de desenvolvimento florestal, tem sido definido de diversas maneiras, mas há atualmente consenso de que ele deve estar estruturado em três conjuntos de condições básicas, que implicam em manejo florestal que seja economicamente viável, ecologicamente sadio e socialmente justo. Ou seja, além da produção florestal, o conceito de sustentabilidade deve incluir a conservação de todos os demais produtos e benefícios proporcionados pela floresta, incluindo valores ecológicos e sociais.

Torna-se, desta forma, cada vez mais imperativa a necessidade de se estabelecer critérios e indicadores de manejo florestal sustentável. Embora se admita que seja ainda difícil concluir que os critérios e indicadores de bom manejo já estabelecidos sejam garantia de sustentabilidade, ainda assim houve, nos últimos cinco anos, uma verdadeira explosão de iniciativas neste sentido, resultando numa proliferação de diferentes conjuntos de princípios e critérios, com inevitável confusão de termos, além da dificuldade de padronização dos processos decisórios. Em outras palavras, a certificação florestal, baseada nos indicadores hoje utilizados, não é garantia de sustentabilidade, mas apenas atesta que o plano de manejo está sendo implementado de acordo com práticas atualmente reconhecidas como sendo ambientalmente mais saudáveis (LIMA, 1996).

Em que pese a diversidade existente, basicamente os critérios e indicadores estão contidos em cinco princípios gerais de sustentabilidade, relacionados com questões relativas a política e legislação florestal, à ecologia, ao aspecto social, e ao manejo propriamente dito, que são os seguintes (PRABHU et al., 1996):

- a) Política, legislação, planejamento e infra-estrutura institucional
- b) Manutenção da integridade do ecossistema
- c) Plano de manejo florestal

d) Aspectos sociais

e) Monitoramento

Com certeza, quaisquer que sejam, os padrões de manejo florestal sustentável devem proporcionar com clareza, ao nível operacional, as práticas e ações condizentes com a meta da sustentabilidade. No caso de plantações florestais com eucalipto, por exemplo, o que envolveria operacionalizar o princípio de "manutenção da integridade do ecossistema"? Adicionalmente, como equacionar o monitoramento dos indicadores envolvidos?

O objetivo do presente trabalho é fornecer uma contribuição para a análise um pouco mais detalhada a respeito destas ações e práticas operacionais de manejo florestal sustentável, principalmente aquelas relacionadas com os aspectos hidrológicos envolvidos no critério de manutenção da integridade do ecossistema.

A CONTROVÉRSIA SOBRE OS IMPACTOS AMBIENTAIS DE PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO

Do ponto de vista ambiental, o reflorestamento com eucalipto, em geral, é uma atividade bastante polêmica, função de uma opinião pública generalizada que lhe atribui efeitos ecológicos adversos.

Aliado ao lado emocional da questão, o aspecto ambiental do reflorestamento com eucalipto ganhou ímpeto em anos recentes, mercê da mobilização mundial em torno dos problemas ecológicos do planeta. De fato, já não há lugar mais para atividades de uso dos recursos naturais que não estejam baseadas num cuidadoso plano de manejo, no qual o aspecto ambiental é de fundamental importância. Todavia, quando se trata de procurar entender o que realmente está por trás das inúmeras alegações de possíveis impactos ambientais do reflorestamento, é preciso ir a fundo na questão e analisar o aparente conflito nos seus mais diversos ângulos.

De um lado há o aspecto emotivo envolvido. E aqui nós estamos no reino de problemas irresolúveis. Desde a célebre afirmação de que o "eucalipto seca o solo", a coleção de *pérolas* é impressionante: "são espécies exóticas"; "ao caírem no chão, suas folhas venenosas matam as outras plantas"; "suas folhas impermeabilizam o solo, não

deixando a água penetrar"; "uma árvore adulta de eucalipto 'bebe' até 500 litros de água por dia"; "exalam essências etéreas que esterilizam o ar, destruindo núcleos de condensação e portanto diminuindo as chuvas"; "há variedades [de eucalipto] que parecem sofrer de uma ressaca eterna"; "suas raízes perfuram o lençol freático e retiram água de poços mesmo a quilômetros de distância"; "são espécies invasoras e agressivas"; "esterilizam o solo", etc.

Estas e outras afirmações fazem parte do folclore sobre o eucalipto. A pesquisa científica ajuda a esclarecer alguns destes aspectos, onde, evidentemente, seja possível o escrutínio da experimentação.

De modo geral, aparte destas afirmações descabidas, pode-se resumir que a preocupação principal contida na controvérsia sobre o eucalipto engloba aspectos relacionados ao consumo de água, à demanda de nutrientes e a efeitos alelopáticos. Às vezes as afirmações encontradas na literatura levam tais preocupações ao extremo, como mostra, por exemplo, o trabalho de JAYAL (1985), o qual afirma que "a alta demanda de água pelo eucalipto esgota a umidade do solo e destrói a

recarga da água subterrânea, desestabilizando o ciclo hidrológico".

Uma análise compreensiva a respeito desta controvérsia hidrológica sobre o eucalipto, assim como do equacionamento dos problemas ecológicos de plantações florestais, foi publicada recentemente por LIMA (1993), baseado na revisão exaustiva da literatura sobre o assunto. As evidências disponíveis são bastante claras para eliminar a maior parte destes alegados efeitos adversos, mostrando que o eucalipto se comporta como qualquer outra espécie florestal, o que também pode ser confirmado em trabalhos publicados mais recentemente (KALLARAKAL & SOMEN, 1997).

Em termos de consumo de água, há que se entender que plantações florestais, em geral, e principalmente as de espécies de rápido crescimento, consomem mais que vegetação de menor porte, ou mesmo que florestas naturais (SWANK & DOUGLASS, 1975). Esta diferença pode ser melhor compreendida através da Figura 1, que mostra os resultados do balanço hídrico do solo, em termos médios para dois anos consecutivos de medições, comparativamente entre cerrado e plantações de eucalipto e de

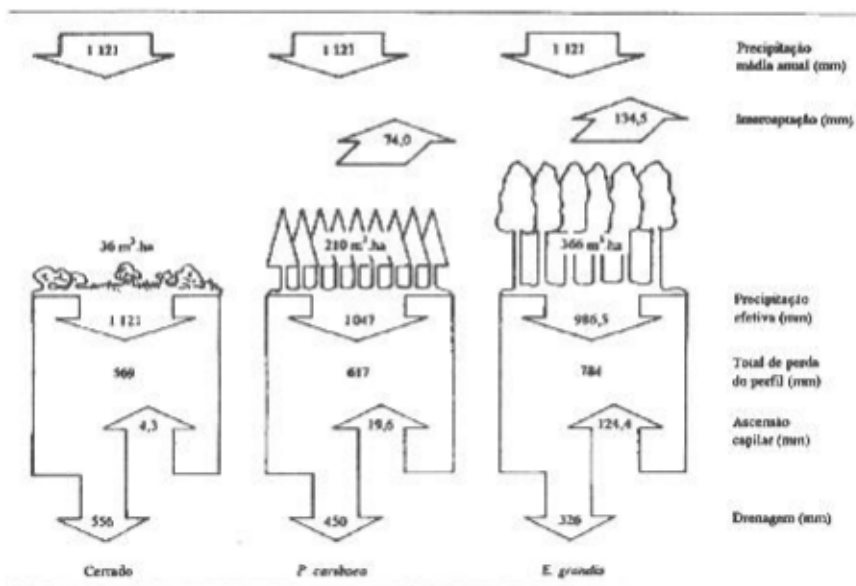


FIGURA 1. Representação esquemática dos componentes do balanço hídrico do solo em plantações de eucalipto e pinus, ambas com idade de 5 anos, e de parcela adjacente contendo vegetação de cerrado (LIMA et al, 1990).

pinus (LIMA et al, 1990). Desde que a precipitação anual seja suficiente, ocorre mesmo um maior consumo de água, mas não a níveis de destruir a recarga da água subterrânea e desestabilizar o ciclo hidrológico.

Este aumento do consumo de água causado pelo reflorestamento tem sido observado em trabalhos experimentais com outras espécies florestais, conforme mostram os resultados compilados na Tabela 1, a qual ilustra os dados de diminuição do deflúvio em

microbacias experimentais reflorestadas.

Uma forma abrangente e integrada de avaliação do efeito hidrológico de plantações florestais é através do balanço hídrico de microbacias, que em termos médios anuais pode se resumir à contabilização dos três componentes básicos: precipitação, deflúvio e evapotranspiração. A Tabela 2 possibilita uma avaliação comparativa deste balanço hídrico médio anual de microbacias contendo diferentes coberturas vegetais, inclusive

TABELA 1. Alguns resultados experimentais do efeito do reflorestamento sobre a produção de água em microbacias. A diminuição do deflúvio anual representa valores médios medidos à idade da plantação indicada.

Local	Tratamento	Diminuição (mm/ano)	Ref.
África do Sul	98% da bacia reflorestada com <i>Pinus radiata</i>	(16 anos) 356	1
Ohio, EUA	70% da bacia reflorestada com <i>Pinus</i> ; restante já com floresta	(19 anos) 135	2
Carolina do Norte	Corte raso da floresta natural de latifoliadas mistas e reflorestamento da bacia com <i>Pinus strobus</i>	(13 anos) 200	3
África do Sul	100 % da bacia originalmente coberta com savana reflorestada com <i>E. grandis</i>	(5 anos) 371	4
África do Sul	100% da bacia de campo arbustivo reflorestada com <i>E. grandis</i>	(3 anos) 200	5
Índia	60% da bacia reflorestada com <i>E. globulus</i>	(10 anos) 87	6
Fiji	100% da bacia reflorestada com <i>Pinus caribaea</i>	(18 anos) 300	7
São Paulo	98 % da bacia anteriormente com pastagem plantada com <i>E. saligna</i>	(7 anos) 200	8

(1) WICHT (1943)

(2) HARROLD et al (1962)

(3) SWANK & DOUGLASS (1975)

(4) VAN LILL et al (1980)

(5) BOSCH & SMITH (1989)

(6) SAMRAJ et al (1988)

(7) WATERLOO, 1994)

(8) VITAL (1996)

TABELA 2. Avaliação comparativa dos componentes do balanço hídrico médio de microbacias contendo diferentes coberturas vegetais.

VEGETAÇÃO	LOCAL	P	Q (mm/ano)	ET	REF.
CAMPO	África do Sul	1400	650	750	1
	Reino Unido	2348	1944	405	2
SAVANA	Arizona, USA	549	34	515	3
	Califórnia, USA	648	64	584	4
	África do Sul	1390	590	800	5
LATIFOLIADAS	Georgia, USA	1219	467	752	6
	West Virginia, USA	1524	584	940	7
CONÍFERAS	Japão	1113	290	823	8
	Oregon, USA	2730	1750	980	9
FLORESTAS TROPICAIS	Quênia	1905	416	1489	10
	Malásia	2156	1076	1079	11
	Amazônia	2089	541	1548	12
PLANTAÇÕES FLORESTAIS					
<i>Pinus sylvestris</i>	Reino Unido	2181	1325	856	13
<i>Pinus patula</i>	Quênia	2598	1540	1038	11
<i>Agathis dammara</i>	Indonésia	4668	3460	1217	14
<i>Pinus caribaea</i>	Fiji	1547	246	1301	15
<i>Eucalyptus globulus</i>	Portugal	837	8	828	16
<i>Eucalyptus saligna</i>	Brasil	1329	145	1184	17

1. BOSCH (1979)
2. NEWSON (1979)
3. HIBBERT (1971)
4. ROWE (1963)
5. WICHT (1943)
6. HEWLETT (1979)
7. REINHART et al (1963)
8. NAKANO (1967)

9. HARR (1966)
10. PEREIRA (1964)
11. DOLEY (1981)
12. LEOPOLDO et al (1982)
13. STEVENS et al (1989)
14. BRUIJZEEL (1988)
15. DAVID et al (1986)
16. VITAL (1996)

plantações florestais de eucalipto. Pode-se observar que o termo ET (evapotranspiração anual) de plantações florestais se mantem dentro dos padrões normais encontrados em outros tipos florestais (LIMA, 1996b).

Finalmente, o conceito de eficiência do uso da água é também interessante nesta avaliação resumida dos efeitos hidrológicos de plantações de eucalipto. Os poucos dados disponíveis sobre este parâmetro fisiológico mostram que as espécies de eucalipto estudadas apresentam valores altos de

eficiência de uso da água. A questão de se saber, por outro lado, se os eucaliptos produzem mais biomassa por unidade de água consumida do que outras espécies florestais, embora altamente relevante nesta análise, é mais difícil de ser respondida, pelas dificuldades inerentes de sua medição em condições de campo. Alguns poucos dados disponíveis estão contidos na Tabela 3, a qual mostra valores mais altos para espécies de eucalipto, comparativamente a algumas outras espécies florestais (LIMA, 1995a).

TABELA 3. Valores absolutos da eficiência do uso da água (EUA) para algumas espécies florestais

ESPÉCIE	EUA (g biomassa/kg H ₂ O)
<i>Acacia auriculiformis</i>	1.2
<i>Acacia nilotica</i>	1.3
<i>Albizia lebbek</i>	1.7
<i>Eucalyptus globulus</i>	2.0
<i>Eucalyptus grandis</i>	3.0 - 6.1*
<i>Eucalyptus grandis</i> (2150 árv./ha)	4.6
<i>Eucalyptus grandis</i> (304 árv./ha)	1.9
<i>Eucalyptus grandis</i>	2.9
<i>Eucalyptus maculata</i>	2.3
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	1.9
<i>Pinus caribaea</i>	2.1
<i>Pinus caribaea</i>	1.3
<i>Prosopis juliflora</i>	1.4

(*) variação entre 4 clones

Em geral, tais resultados do balanço hídrico de microbacias reflorestadas dizem respeito aos primeiros 5 a 10 anos do plantio, caracterizado pela fase de máximo incremento da biomassa. Os dados encontrados por VAN LILL et al (1980), em microbacias reflorestadas com *Eucalyptus grandis* na África do Sul, mostram uma tendência de estabilização do consumo de água, proporcionalmente à estabilização da taxa de crescimento das árvores.

LIMA et al (1996b), por outro lado, em monitoramento hidrológico de uma microbacia coberta com rebrota de *E. saligna* com mais de 50 anos de idade, encontraram resultados que mostram que a microbacia encontra-se em condições estáveis em termos de balanço hídrico, de qualidade da água, de ciclagem geoquímica de nutrientes, e de relação chuva x escoamento direto (resposta hidrológica da microbacia a uma chuva).

Evidentemente, estes esclarecimentos a respeito das alegações exageradas sobre a hidrologia de plantações contidas na polêmica sobre o eucalipto não permitem concluir que as plantações florestais sejam desprovidas de efeitos ambientais. Há, também, o conjunto dos chamados efeitos ecológicos do reflorestamento. Na realidade, efeitos ecológicos decorrentes de qualquer tipo de uso da terra. Estes podem ser reais, e, pode-se dizer, presentes em muitos dos projetos

de reflorestamento feitos na fase inicial dos incentivos fiscais no Brasil. Todavia, estes efeitos ecológicos têm uma característica extremamente interessante do ponto de vista desta análise: eles podem ser minimizados, ou seja, eles podem estar ao alcance do controle do profissional florestal, através da adoção de práticas ambientalmente sadias de manejo florestal, conforme os preceitos do manejo florestal sustentável. Estes efeitos ecológicos envolvem principalmente questões relativas aos problemas de destruição de ecossistemas, manutenção da biodiversidade, degradação de microbacias, diminuição do capital de nutrientes do solo, desfiguração da paisagem, etc. Deve haver, é claro, outros aspectos envolvidos. No fundo, só há a certeza de que o problema ambiental, em todos os possíveis desdobramentos, não pode mais ser desconsiderado em qualquer projeto florestal.

Nas "Conclusões e Recomendações" do X Congresso Florestal Mundial da FAO realizado em Paris em 1991 encontra-se a seguinte recomendação (FAO, 1991):

The success of plantation forests depends on suitability of the species their origin and the objectives to be achieved. Beyond often dogmatic disputes concerning the introduction of exotic species, priority must be given to

maintaining the production potential of the soil, as well as a certain level of biodiversity and sustained yield. Management of plantations should be planned with the aim of transforming the plantations into forests.

Ou seja, o manejo sustentável de plantações florestais deve ser planejado com o objetivo de procurar transformar as plantações em florestas. Ao longo da paisagem, isto envolveria, por exemplo, a existência, no plano de manejo, da preocupação para com a manutenção da capacidade de suporte natural do solo (potencial de produtividade), a manutenção dos valores da microbacia (hidrologia), assim como a manutenção de um certo nível de biodiversidade ao longo da área e de rendimento sustentado das plantações.

Trata-se de uma postura muito mais abrangente e responsável do que a que procura driblar o problema baseado na afirmação de que as plantações florestais devem ser consideradas como culturas de árvores, o que de fato não elimina o problema, pois as culturas agrícolas, via de regra, são também ambientalmente degradantes.

O aspecto ecológico do problema ambiental é duplamente interessante. Por um lado, ele decorre não apenas de pressões ambientalistas, mas é, antes, consequência natural do avanço do conhecimento do nosso mundo natural, de seu funcionamento, de suas complexas inter-relações e, mais importante, de sua relativa fragilidade. Nesse sentido, ignorar a questão ambiental pode ser desastroso para todos. Em segundo lugar, a falta de interesse sobre as consequências ambientais de projetos florestais já demonstrou resultar em enormes custos adicionais, alguns facilmente identificados e sentidos, outros mais dificilmente enxergados, mas nem por isso menos dramáticos, como é o caso da perda gradativa da produtividade do solo (REPETTO, 1990).

3. FUNDAMENTOS HIDROLÓGICOS DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL

O conceito chave para o estabelecimento de um plano de manejo sustentável de plantações florestais deve necessariamente

estar baseado no ecossistema (ODUM, 1969). Embora suficientemente clara, esta afirmação é, sem dúvida, ainda genérica demais do ponto de vista de sua implementação prática.

O refinamento necessário da idéia resulta da noção da microbacia como unidade ecossistêmica de planejamento (LOTSPEICH, 1980), (LIKENS, 1985). Portanto, pode-se, assim, falar em manejo florestal sustentável de plantações florestais, dentro do princípio da manutenção da integridade do ecossistema, como sendo aquele baseado, ou planejado, em termos da manutenção dos valores da microbacia hidrográfica. Este modelo moderno de manejo florestal tem sido chamado de diversas maneiras, mas a base de todos permanece: "manejo integrado", "manejo sistêmico", "manejo holístico", "manejo ambiental", "nova silvicultura", etc. (RICHARDS, 1989), (SAVORY, 1988), (PERRY & MAGHEMBE, 1989), (GILLIS, 1990), (BEHAN, 1990), (COATS & MILLER, 1981), (COUFAL, 1989), (DUERR, 1990), (JACKSON & PIPER, 1989), (O'KEEFE, 1990), (PAUL & ROBERTSON, 1989), (PEREIRA, 1973), (PERRY et al., 1989), (SANDS, 1984), (WARING & SCHLESINGER, 1985), (WESTMAN, 1990), (POSTEL & RYAN, 1991).

Ao longo destas linhas, as premissas básicas que devem ser estabelecidas envolvem principalmente o seguinte:

- como em qualquer outra atividade de produção, a obtenção de madeira como matéria-prima industrial a partir de reflorestamento homogêneo com espécies de rápido crescimento causa impactos ambientais;
- a adoção de práticas de manejo florestal que possibilitem a minimização destes impactos ambientais constitui o objetivo do manejo florestal sustentável;
- estas práticas de manejo sustentável são estabelecidas em cada caso, a partir de resultados experimentais, em condições onde seja possível quantificar os impactos causados pelas atividades florestais, assim como quantificar os efeitos de medidas mitigadoras;
- a microbacia, como estrutura primária da paisagem, ou seja, como unidade geomorfológica natural, ou ainda, como a



FOTO 1. Colheita florestal de plantações de eucalipto em corte raso: depois da atividade de preparo do solo, considerada a mais impactante, a colheita florestal é a segunda atividade que mais causa impactos hidrológicos, principalmente quando não leva em conta a manutenção dos valores da microbacia. Perdas de solo, compactação da superfície, alteração da qualidade da água, etc. (DISSMEYER, 1978).

menor manifestação física que permite quantificar, de forma integrada, o funcionamento da natureza, possibilita o estabelecimento de um enfoque sistêmico para as atividades florestais (AUBERTIN & PATRIC, 1974), (WALLING, 1980), (LIKENS, 1985), (MOLDAN & CERNY, 1994).

- desta forma, manejo sustentável seria aquele que possibilita a utilização dos recursos naturais (produção florestal, por exemplo) de maneira tal que não seja destruída a integridade do ecossistema;
- esta integridade é quantificada em termos da manutenção de seu funcionamento ecológico, que engloba basicamente pelo menos os seguintes aspectos chaves do ecossistema: a) a perpetuação de seus processos hidrológicos; b) a perpetuação de sua capacidade natural de suporte, ou seja, sua sustentabilidade; c) a perpetuação de sua diversidade biológica; d) sua resiliência, ou seja, capacidade de resistir a mudanças ambientais; e) sua estabilidade.

A aplicação desse objetivo no manejo florestal sustentável não deve ser entendida de forma simplistamente reducionista, ou "por adjacência", como definido por BEHAN

(1990): num projeto florestal, a madeira é produzida numa dada área, enquanto que a fauna é protegida num outro canto, a biodiversidade fica por conta das áreas de preservação permanente, etc., e o manejo, como um todo, é taxado de "sustentável".

Tampouco deve, por outro lado, ser inteiramente holístico em sua orientação básica, no sentido de que o objetivo seja a preservação tanto da estrutura do ecossistema (composição de espécies, fisionomia da comunidade, etc.), quanto de seu funcionamento íntegro (processos e taxas).

Ao contrário, esse esquema de manejo implica a existência de uma ligação mútua e interativa entre a plantação florestal e todos os demais elementos do ecossistema, incluindo o fluxo de energia e a ciclagem de nutrientes. O manejo sustentável baseia-se no entendimento dessas inter-relações e interações, e na busca de práticas que visem manter a integridade do ecossistema (GILMOUR, 1977), (CLINNICK, 1985), (ZWOLINSKI, 1991), (HANSEN et al., 1991), (ZIEMER et al., 1991), (MENZEL, 1991), (SIDLE & SHARPLEY, 1991), (SIDLE, 1991), (WHITE, 1991), (LAURANCE, 1991), (SHAXSON et al., 1989), (MEGAHAN, 1977),

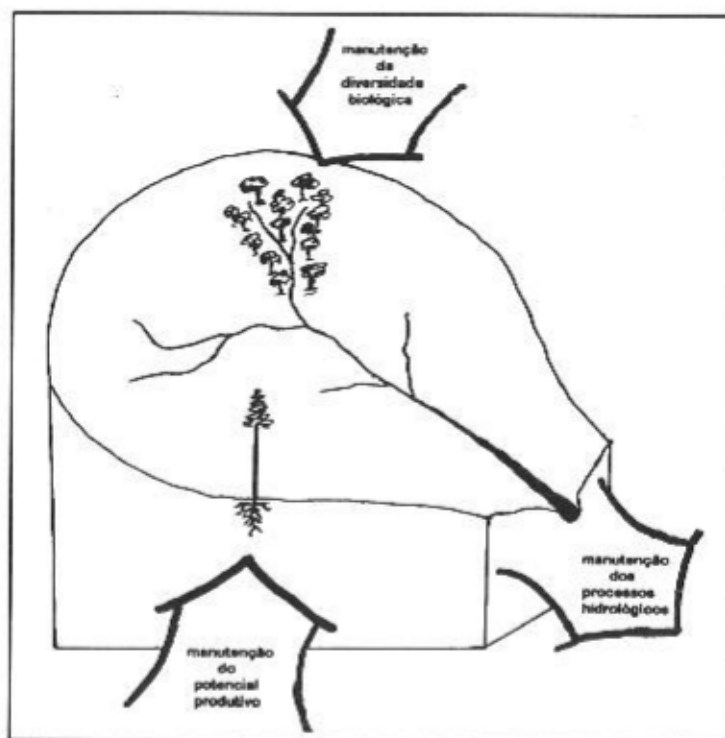


FIGURA 2. A integridade do ecossistema microbacia: perpetuação de seu funcionamento hidrológico (vazão, quantidade de água, qualidade da água), de seu potencial produtivo (biogeoquímica), e da diversidade ecológica ao longo da área (mata ciliar, zonas ripárias, reservas de vegetação natural).

(BRUIJNZEEL, 1991), (GHADIRI & ROSE, 1991), (USDA, 1981), (RICHARDS & CHARLEY, 1983/84), (HARWOOD & JACKSON, 1975), (HARVEY et al, 1980), (KHANA & RAISON, 1981), (ELLIS & GRALEY, 1983), (HOPMANS et al, 1987), (BEASLEY et al, 1986), (BLACKBURN et al, 1986), (LIMA, 1989), (POGGIANI, 1985), (LIMA, 1995a), (LIMA, 1995b), (BARGALI & SINGH, 1991), (FRANKLIN, 1989), (GREGORY et al, 1991), (HILL, 1996).

As medidas práticas de manejo florestal que possibilitam o alcance destes componentes da integridade do ecossistema classificam-se em várias categorias, mas não devem ser consideradas isoladamente. Por exemplo, apenas deixar os 30 metros de mata ciliar

protegendo os cursos d'água, sem levar em conta outras práticas de manejo ambiental, não é condição suficiente para a manutenção da integridade da microbacia.

Na realidade, esta visão integrada deve evoluir desde uma escala micro, que inclui, por exemplo, a preocupação para com a própria superfície do solo, cujas condições são fundamentais para o processo hidrológico mais importante de toda a cadeia de processos que definem a estabilidade da microbacia, que é a infiltração da água no solo.

Gradativamente, a escala de preocupação aumenta de nível, passando pelo sistema de preparo do solo, de plantio, de adoção de medidas de conservação do solo, do desenho e da manutenção de estradas e carregadores, de proteção de encostas e de outras áreas críticas,

TABELA 4. Manutenção da capacidade de infiltração do solo: indicador hidrológico elementar de manejo florestal sustentável (AREND, 1942)

Tratamento	Infiltração (mm/h)
Piso florestal intacto	59,9
Piso removido mecanicamente	49,3
Piso queimado anualmente	40,1
Pastagem degradada	24,1

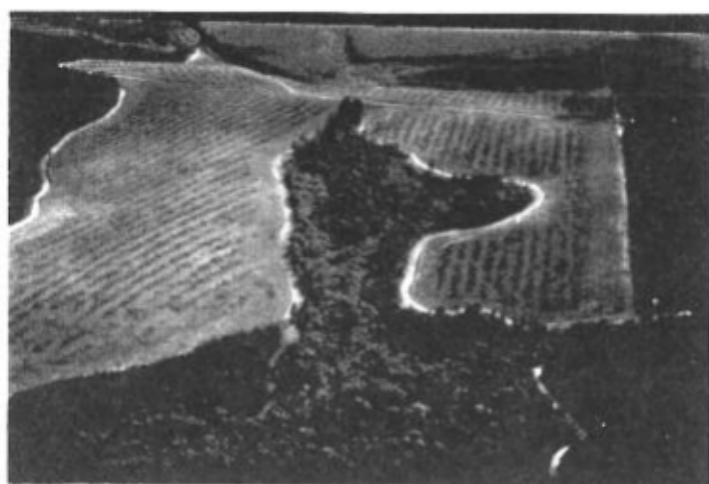


FOTO 2. Plano de ocupação dos espaços produtivos da paisagem para fins de reflorestamento, mantendo-se protegidas as zonas ripárias da microbacia. Um indicador hidrológico de sustentabilidade imprescindível, porém não suficiente, se tomado isoladamente.



FOTO 3. Indicador hidrológico dos mais importantes para a manutenção da integridade do ecossistema: o desenho adequado de estradas e carreadores.



FOTO 4. A zona ripária da microbacia, cuja proteção é importante para a manutenção de sua integridade ecológica, inclui não apenas as margens, mas também as cabeceiras dos cursos d'água. Plantar aqui não está de acordo com a lei, nem tampouco com o manejo sustentável.

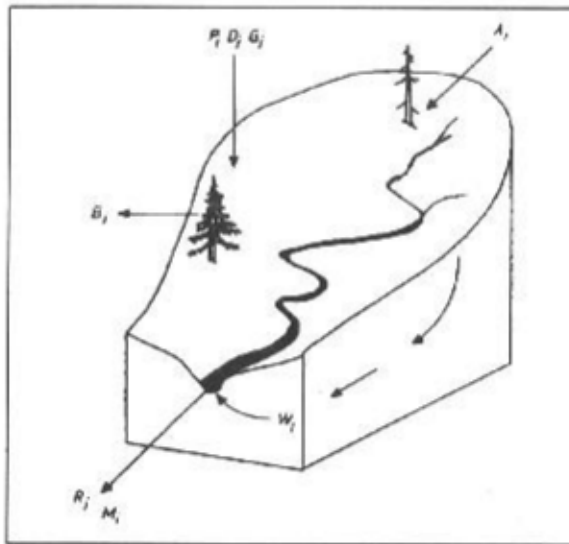


FIGURA 3. Em íntima relação com o ciclo hidrológico, a biogeoquímica da microbacia se constitui em indicador de sustentabilidade dos mais importantes. A nível integrado, a contabilização das entradas e das retiradas de nutrientes vai permitir inferir se a capacidade natural de suporte da área (potencial produtivo) está ou não sendo mantida. Fluxos de nutrientes (i) entre a microbacia e o meio: P_i , D_i e G_i = entradas de nutrientes pelas chuvas, por deposição de particulados, e por gases; A_i = adubação; B_i = exportação via biomassa; R_i e M_i = perdas pelo escoamento superficial e por sedimentos; W_i = intemperismo (modificado de MOLDAN & CERNY, 1994).

até chegar ao nível mesmo da microbacia, que constitui a escala de manutenção de matas ciliares protegendo não apenas as margens, mas também as cabeceiras e outras áreas ripárias da microbacia.

Ainda na escala da microbacia, o esquema de rotação florestal está diretamente relacionado com a perpetuação da sustentabilidade, ou da capacidade de suporte natural do solo, dentro do conceito da biogeoquímica, que leva em conta os processos de armazenamentos e de fluxos dos nutrientes na microbacia, governados por forças bióticas e abióticas (MOLDAN & CERNY, 1994), (VITAL, 1996).

O arranjo estrutural e deliberado de faixas de vegetação natural de proteção, assim como de outras reservas de vegetação natural ao longo da área de influência do projeto, estaria, por sua vez, contribuindo para com a manutenção da biodiversidade. Além de seu valor cênico, e de sua função hidrológica de proteção da integridade da microbacia, a biodiversidade é, também, elemento chave na resiliência, ou seja, na flexibilidade de resistir a mudanças ambientais.

Finalmente com relação a um enfoque global do manejo sustentável de plantações florestais, a análise ambiental deve, também, considerar uma escala macro, que diz respeito justamente à inserção do projeto florestal no contexto do meio biogeográfico, ou seja, em termos de uma análise mais aprofundada do meio físico, de suas características geomorfológicas, climáticas, de disponibilidades hídricas, de sua flora e fauna, de sua vocação natural, e da interação destas características todas com o homem.

4. MONITORAMENTO AMBIENTAL

Não é intenção do presente trabalho esgotar o assunto, como por exemplo fornecer aqui uma listagem organizada de todos os indicadores hidrológicos (quantitativos e qualitativos), bem como descrever a metodologia de monitoramento de cada um deles.

Ao contrário, a intenção foi a de apresentar uma visão global do tema, calcado no enfoque ecossistêmico da microbacia, a fim de permitir a análise integrada dos possíveis efeitos hidrológicos, de como eles podem influir na

integridade do ecossistema, e principalmente de como eles se inter-relacionam.

A nível qualitativo, a avaliação dos indicadores hidrológicos implícita e explicitamente comentados no presente trabalho (desenho do projeto, proteção das zonas ripárias, desenho de estradas e carreadores, colheita florestal, etc.) podem ser monitorados através do que está sendo chamado comumente de auditoria ambiental (DEGRACE, 1996).

O monitoramento ambiental quantitativo, por outro lado, é também aspecto importante do manejo florestal sustentável. Como colocado por SHEAR (1996), o monitoramento não deve ter a conotação de pesquisa pura, no sentido de que os resultados obtidos não tenham outra finalidade que não a de retro-alimentar as práticas de manejo, na busca constante da sustentabilidade. Ainda nesta mesma linha, é também de fundamental importância que a metodologia utilizada seja capaz de relacionar as causas e os efeitos. Em outras palavras, talvez não seja de todo tão difícil medir, quantitativamente, as mudanças que ocorrem no ambiente em um projeto florestal, como por exemplo a biodiversidade, a cobertura florestal, a concentração de nutrientes nos cursos d'água, etc. Todavia, é sem dúvida muito mais difícil identificar estatisticamente as causas destas mudanças (BRYDGES, 1996), (CALVER et al, 1996).

Do ponto de vista dos aspectos hidrológicos, o uso de microbacias experimentais para a finalidade de monitoramento ambiental vem ganhando aceitação generalizada em anos recentes (ADAMS, 1993), (MOLDAN & CERNY, 1994), (LIMA et al, 1996), (ROSEN et al, 1996), (MALMER, 1996). Conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3, a microbacia, como unidade geomorfológica da paisagem, pode funcionar como uma manifestação espacialmente bem definida de um sistema natural aberto, dentro do qual as atividades florestais vão, inevitavelmente, estar influenciando o seu funcionamento hidrológico (vazão, qualidade e quantidade de água, perdas de sedimentos, etc.), e a sua biogeoquímica (balanço de nutrientes, potencial de produtividade do solo, etc.). Estes fluxos e estas taxas, por sua vez, estão dependentes do nível de biodiversidade,

nas suas várias categorias, ao longo da área.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AREND, J.L., 1942. Infiltration as affected by the forest floor. *Soil Science Society of America Proc.*, 6: 430-435.
- AUBERTIN, G.M. & J.H. PATRIC, 1974. Water quality after clearcutting a small watershed in West Virginia. *Journal of Environmental Quality*, 3(3):243-249.
- ADAMS, P.W., 1993. Closing the gaps in knowledge, policy and action to address water issues in forests. *Journal of Hydrology*, 150: 773-786.
- BARGALI, S.S. & S.P. SINGH, 1991. Aspects of productivity and nutrient cycling in an 8-year-old *Eucalyptus* plantation in a moist plain area adjacent to central Himalaya, India. *Canadian Journal of Forest Research*, 21 (9): 1365-1372.
- BEASLEY, R.S.; A.B. GRANILLO; V. ZILLMER, 1986. Sediment losses from forest management: mechanical vs. chemical site preparation after clearcutting. *Journal of Environmental Quality*, 15 (4): 413-416.
- BEHAN, R.W., 1990. Multiresource forest management: a paradigmatic challenge to professional forestry. *Journal of Forestry*, 88 (4): 12-18.
- BLACKBURN, W.H.; J.C. WOOD; M.G. DEHAVEN, 1986. Stormflow and sediment losses from site-prepared forestland in East Texas. *Water Resources Research*, 2 (5): 776- 784.
- BOSCH, J.M., 1979. Treatment effects on annual and dry period streamflow at Cathedral Park. *South African Forestry Journal*, 108: 29-38.
- BOSCH, J.M. & R.E. SMITH, 1989. The effects of afforestation of indigenous scrub forest with eucalyptus on streamflow from a small catchment in the Transvaal, South Africa. *South African Forestry Journal*, 150: 7-17.
- BRYDGES, T.G., 1996. Current perspectives on Ecological Monitoring and Assessment. In: North American Workshop on Monitoring for Ecological Assessment of Terrestrial and Aquatic Ecosystems. USDA Forest Service General Technical Report RM-GTR-284:8-11.
- BRUIJNZEEL, L.A., 1988. Estimates of evaporation in plantations of *Agathis dammara* Warb in South-Central Java, Indonesia. *Journal of Tropical Forest Science*, 1 (2): 145-161.
- BRUIJNZEEL, L.A., 1991. Hydrological impacts of tropical forest conversion. *Nature & Resources*, 27 (2): 36-46.
- CALVER, M.C.; R.J. HOBBS; P. HORWITZ; A.R. MAIN, 1996. Science, principles and forest management: a response to Abbott and Christensens. *Australian Forestry*, 59 (1): 1-6.
- CLINNICK, P.DSF., 1985. Buffer strip management in forest operations: a review. *Australian Forestry*, 48 (1): 34-45.
- COATS, R.N. & T.O. MILLER, 1981. Cumulative silvicultural impacts on watersheds: a hydrologic and regulatory dilemma. *Environmental Management*, 5 (2): 147-160.
- COUFAL, J.E., 1989. Forestry: in evolution or revolution? *Journal of Forestry*, May 1989: 27-32.
- DAVID, J.S.; M.O. HENRIQUES; Z.C. REGO, 1986. Short-term responses of streamflow following clearcutting in *Eucalyptus globulus* stands in central Portugal. In: *The Influence of Different Kinds of Vegetation Cover on Erosion, Water Quality and Quantity*. Austria, IUFRO-FAO, 12 p.
- DISSMEYER, G.E., 1978. Forest management principles revealed by recent water quality studies. In: *Soil Moisture Productivity Symposium*. Myrtle Beach. USDA Forest Service: 97-109.

- DEGRACE, B., 1996. Environmental auditing of industrial forest lands. *The Forestry Chronicle*, 72 (3): 253-254.
- DOLEY, D., 1981. Tropical and subtropical forests and woodlands. *Water Deficit and Plant Growth*, vol. VI. Academic Press: 209-323.
- DUERR, W.A., 1990. Forestry as a system. *Journal of Forestry*, April 1990: 19-22.
- ELLIS, R.C. & A.M. GRALEY, 1983. Gains and losses in soil nutrients associated with harvesting and burning eucalypt rain forest. *Plant and Soil*, 74 (3): 437-450.
- FAO, 1991. Conclusions and Recommendations. 10th World Forestry Congress. *Revue Forestiere Française*. Hors Serie No 9: 285-286.
- FRANKLIN, J.F., 1988. Structural and functional diversity in temperate forests. In: *Biodiversity*. E.O. Wilson (Ed.). National Academy Press: 166-175.
- GHADIRI, H. & C.W. ROSE, 1991. Sorbed chemical transport in overland flow. I- a nutrient and pesticide enrichment mechanism. *Journal of Environmental Quality*, 20: 628-633.
- GILLIS, A.M., 1990. The new forestry: an ecosystem approach to land management. *Bioscience*, 40 (8): 558-562.
- GILMOUR, D.A., 1977. Logging and the environment, with particular reference to soil and stream protection in tropical rainforest situation. *Guidelines to Watershed Management*. FAO Conservation Guide No 10: 223-235.
- GREGORY, W.V.; F.J. SWANSON; W.A. MCKEE; K.W. CUMMINS, 1991. An ecosystem perspective of riparian zones. *Bioscience*, 41 (8): 540-551.
- GHOLZ, H. & W.P. LIMA, 1997. The ecophysiological basis for productivity in the tropics. In: *Management of Soil, Water and Nutrients in Tropical Plantation Forests*. Nambiar, S. & A. Brown (Eds.). In press.
- JANSEN, A.J.; T.A. SPIES; F.J. SWANSON; J.L. OHMANN, 1991. Conserving biodiversity in managed forests - lessons from natural forests. *Bioscience*, 41 (6): 382-392.
- HARROLD, L.L.; D.L. BRAKENSIEK; J.L. MCGHINNES; C.R. AMERMAN; F.R. DREIBELBIS, 1962. Influence of land use and treatment on the hydrology of small watersheds at Coshocton, Ohio. USDA Technical Bulletin, 1256. 194 p.
- HARVEY, A.E.; M.F. JURGENSEN; M.J. LARSEN, 1980. Biological implications of increasing intensity on the maintenance of productivity of forest soils. *Environmental Consequences of Timber Harvesting*. USDA Forest Service, General Technical Report INT-90: 211-220.
- HARWOOD, C.E. & W.D. JACKSON, 1975. Atmospheric losses of four plant nutrients during a forest fire. *Australian Forestry*, 38: 92-99.
- HARR, R.D., 1976. Forest practices and streamflow in Western Oregon. USDA Forest Service, General Technical Report PNW 49. 18 p.
- HEWLETT, J.D, 1979. Forest water quality: an experiment in harvesting and regenerating Piedmont forests. Research Paper, School of Forest Resources, Athens. 22 p.
- HIBBERT, A.R., 1971. Increases in streamflow after converting chaparral to grass. *Water Resources Research*, 7 (1): 71-90.
- HILL, A.R., 1996. Nitrate removal in stream riparian zones. *Journal of Environmental Quality*, 25: 743-755.
- HOPMANS, P.; D.W. FLIN; P.W. FARRELL, 1987. Nutrient dynamics of forested catchments in southeastern Australia and changes in water quality and nutrient exports following clearing. *Forest Ecology and Management*, 20: 209-231.

- JACKSON, W. & J. PIPER, 1989. The necessary marriage between ecology and agriculture. *Ecology*, 70 (6): 1591-1593.
- JAYAL, N.D., 1985. Destruction of water resources: the most critical ecological crisis of East Asia. *Ambio*, XIV (2): 95-98.
- KALLARACKAL, J. & C.K. SOMEN, 1997. Water use by *Eucalyptus tereticornis* stands of differing density in southern India. *Tree Physiology*, 17: 195-203.
- KHANNA, P.S.KS. & R.J. RAISON, 1981. Changes in the chemistry of surface soils and soil solution following prescribed burning in *Eucalyptus pauciflora* forest. *Australian Forest Nutrition Workshop*. Melbourne, CSIRO.
- LAURANCE, W.F., 1991. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves. *Biological Conservation*, 57: 205-219.
- LEOPOLDO, P.R.; W. FRANKEN; E. MATSUI; E. SALATI, 1982. Estimativa da evapotranspiração de floresta amazônica de terra firme. *Acta Amazonica*, 12 (3): 23-28.
- LIKENS, G.E., 1985. An experimental approach for the study of ecosystems. *Journal of Ecology*, 73: 381-396.
- LIMA, W.P., 1989. Função hidrológica da mata ciliar. *Simpósio sobre Mata Ciliar*. Fundação Cargill: 25-42.
- LIMA, W.P.; M.J.B. ZAKIA; P.L. LIBARDI; A.P. SOUZA FILHO, 1990. Comparative evapotranspiration of Eucalyptus, Pine and Cerrado vegetation measured by the soil water balance method. *IPEF INTERNATIONAL*, Piracicaba, 1: 5-11.
- LIMA, W.P., 1993. *Impacto Ambiental do Eucalipto*. São Paulo. Edusp. 301 p.
- LIMA, W.P., 1995a. Impactos da Cultura do Eucalipto. *Silvicultura*, xvi (64): 32-38.
- LIMA, W.P., 1995b. Tecnologia limpa no manejo florestal. *TecBahia*, 10 (3): 28-34.
- LIMA, W.P., 1995c. Estudo de funções de matas ciliares em microbacias. XLV Congresso Nacional de Botânica. Ribeirão Preto, SP. 13 p.
- LIMA, W.P., 1996. Critérios e indicadores de avaliação do manejo florestal sustentado: resumo executivo da 3a reunião do IPAP, Costa Rica, fevereiro 1996. *Boletim Informativo*, IPEF. Março 1996: 5-7.
- LIMA, W.P. & M.J.B. ZAKIA, 1996. Monitoramento de bacias hidrográficas em áreas florestadas. I Workshop sobre Monitoramento Ambiental em Áreas Florestadas. Série Técnica IPEF, 10 (29): 11-21.
- LIMA, W.P.; F. POGGIANI; A.R.T. VITAL, 1996a. Impactos ambientais de plantações florestais sobre o regime hídrico e de nutrientes em bacias hidrográficas. In: Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, 13, Águas de Lindóia, SP. Anais publicado em CD-ROM.
- LIMA, W.P.; R.M. MOREIRA; F.P. SCARDUA; A.V. MASETTO, 1996b. The hydrology of a small catchment covered with 50-year old eucalyptus plantation in the Itatinga Forest Experimental Station, State of São Paulo. *Scientia Forestalis*, 50: 11-19.
- LOTSPEICH, F.B., 1980. Watersheds as the basic ecosystem: this conceptual framework provides a basis for a natural classification system. *Water Resources Bulletin*, 16 (4): 581-586.
- MALMER, A., 1996. Hydrological effects and nutrient losses of forest plantation establishment on tropical rainforest land in Sabah, Malaysia. *Journal of Hydrology*, 174: 129-148.
- MEGAHAN, W.F., 1977. Reducing erosional impacts of roads. *Guidelines for Watershed Management*. FAO Conservation Guide No 1: 237-262.

- MENZEL, R.G., 1991. Long-term field research on water and environmental quality. *Agronomy Journal*, 83: 44-49.
- MOLDAN, B. & J. CERNY (Eds.), 1994. *Biogeochemistry of Small Catchments - A Tool for Environmental Research*. England. John Wiley. 418 p.
- NAKANO, H., 1967. Effects of changes of forest conditions on water yield, peak flow, and direct runoff of small watersheds in Japan. In: *International Symposium on Forest Hydrology*. Soppe & Lull (Eds.). Pergamon Press: 551-554.
- NEWSON, M.D., 1979. The results of ten years experimental study on Plynlimon, Mid-Wales, and their importance for the water industry. *Journal of the Institution of Engineers & Scientists*, 33: 321-333.
- ODUM, E.P., 1969. The strategy of ecosystem development: an understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. *Science*, 164 (3877): 262-270.
- O'KEEFE, T., 1990. Holistic (new) forestry: significant difference or just another gimmick? *Journal of Forestry*, April 1990: 23-24.
- PAUL, E.A. & G.P. ROBERTSON, 1989. Ecology and the agricultural sciences: a false dichotomy? *Ecology*, 70: 1594-1597.
- PEREIRA, H.C., 1964. Research into the effects of land use on streamflow. *Transactions Rhodesia Scientific Association Proc.*, 1: 119-124.
- PEREIRA, H.C., 1973. *Land Use and Water Resources*. London, Cambridge University Press. 246 p.
- PERRY, D.A. & J. MAGHEMBE, 1989. Ecosystem concepts and current trends in forest management: a time for reappraisal. *Forest Ecology and Management*, 26: 123-140.
- PERRY, D.A.; M.P. AMARANTHUS; J.G. BORCHERS; S.L. BORCHERS; R.E. BRAINERD, 1989. Bootstrapping in ecosystems. *Bioscience*, 39 (4): 230-237.
- POGGIANI, F., 1985. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*: implicações silviculturais. ESALQ/USP. Tese de Livre Docência. 211 p.
- POSTEL, S. & J.C. RYAN, 1991. Reforming forestry. In: *State of the World 1991*. New York. W.W. Norton & Co: 74-92.
- PRABHU, R.; C.J.P. COLFER; P. VENKATESWARLY; L.C. TAN; R. SOEKMADI; E. WOLLENBERG, 1996. *Testing Criteria and Indicators for the Sustainable Management of Forests: phase I*. Final Report. CIFOR Special Publication. 217 p.
- REINHART, K.G.; A.R. ESCHNER; G.R. TRIMBLE, JR., 1963. Effect of streamflow of four forest practices in the mountains of West Virginia. USDA Forest Service Research Paper NE-1. 59p.
- REPETTO, R., 1990. *Promoting Environmentally Sound Economic Progress*. World Resources Institute. Washington.
- RICHARDS, B.N., 1989. Sustainable development in forestry: an ecological perspective. The Leslie L. Schaffer Lectureship in Forest Science. Vancouver, Canada. 15 p.
- RICHARDS, B.N. & J.L. CHARLEY, 1983/84. Mineral cycling processes and system stability in the eucalypt forest. *Forest Ecology and Management*, 7: 31-47.
- ROSÉN, K.; J.A. ARONSON; H.M. ERIKSSON, 1996. Effects of clear-cutting on streamwater quality in forest catchments in central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 83 (3): 237-244.

- ROWE, P.B., 1963. Streamflow increases after removing woodland riparian vegetation from a southern California watershed. *Journal of Forestry*, 61: 365-370.
- SAMRAJ, J.P.; V.N. SHARDA; S. CHINNAMANI; V. LAKSHMANAN; B. HALDORAI, 1988. Hydrological behaviour of the Nilgiri sub-watersheds as affected by Bluegum plantations. Part I: the annual water balance. *Journal of Hydrology*, 103: 335-345.
- SANDS, R., 1984. Environmental aspects of plantation management. In: *Nutrition of Plantation Forests*. Bowen & Nambiar (Eds.). Academic Press: 413-438.
- SAVORY, A., 1988. *Holistic Resource Management*. Island Press, California. 558p.
- SHAXSON, T.F.; N.W. HUDSON; D.W. SANDERS; E. ROOSE; W.C. MOLDENHAUER, 1989. *Land husbandry: a framework for soil and water conservation*. Soil and Water Conservation Society. 64 p.
- SHEAR, H., 1996. Ecological Assessment in Canada. In: North American Workshop on Monitoring for Ecological Assessment of Terrestrial and Aquatic Ecosystems. USDA Forest Service General Technical Report RM-GTR-284: 20-30.
- SIDLE, R.C., 1991. A conceptual model of changes in root cohesion in response to vegetation management. *Journal of Environmental Quality*, 2: 43-52.
- SIDLE, R.C. & A.N. SHARPLEY, 1991. Cumulative effects of land management on soil and water resources: an overview. *Journal of Environmental Quality*, 2 (1): 1-3.
- STEVENS, P.A.; M. HORNUNG; S. HUGHES, 1989. Solute concentrations, fluxes and major nutrient cycles in a mature Sitka-Spruce plantation in Beddgelert Forest, North Wales. *Forest Ecology and Management*, 27: 1-20.
- SWANK, W.T. & J.E. DOUGLASS, 1975. Conversion of hardwood-covered watershed to White Pine reduces water yield. *Water Resources Research*, 4: 947-954.
- USDA, 1981. Soil erosion effects on soil productivity: a research perspective. *Journal of Soil and Water Conservation*, 36: 82-90.
- VAN LILL, W.S.; S.D.F.J. KRUGER; D.B. VAN WYK, 1980. The effect of afforestation with *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden and *Pinus patula* Schlecht et Chann on streamflow from experimental catchments at Mokobulann, Transvaal. *Journal of Hydrology*, 48: 107-118.
- VITAL, A.R.T., 1996. Efeito do corte raso no balanço hídrico e na ciclagem de nutrientes em uma microbacia reflorestada com eucalipto. ESALQ/ USP, Dissertação de Mestrado. 106 p.
- WALLING, D.E., 1980. Water in the catchment ecosystem. In: Gowen et al (Eds.), *Water Quality in Catchment Ecosystems*. New York. John Wiley: 1-47.
- WARING, R.H. & W.H. SCHLESINGER, 1985. *Forest Ecosystems Concepts and Management*. Academic Press. 339 p.
- WATERLOO, M.J., 1994. Water and nutrient dynamics of *Pinus caribaea* plantation forest on former grassland soil in southwest Viti Levy, Fiji. Amsterdam. Vrije Universiteit. PhD Thesis. 478 p.
- WESTMAN, W.E., 1990. Managing for biodiversity: unresolved science and policy questions. *Bioscience*, 4): 26-33.
- WHITE, W.A., 1991. Economics and sustainable forest development: the case of soil degradation. *The Forestry Chronicle*, 67 (1): 19-22.
- WICHT, L., 1943. Determination of the effects of watershed management on mountain streams. *American Geophysical Union Transactions*, 2: 594-608.

WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press.

ZIEMER, R.R.; J. LEWIS; R.M. RICE; T.E. LISLE, 1991. Modeling the cumulative watershed effects of forest management strategies. *Journal of Environmental Quality*, 20: 36-42.

ZWOLINSKI, J.B., 1991. Intensive silviculture and yield stability in tree plantations: an ecological perspective. *South African Forestry Journal*, 155: 33-36.

**ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS, FISIOLÓGICAS E PARTIÇÃO DE
MATÉRIA SECA EM MUDAS DE *Eucalyptus* spp SUBMETIDAS A
DIFICIÊNCIA HÍDRICA NO SOLO**
**MORPHOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL, AND PARTITION ALTERATIONS
OF DRY MATERIAL IN CUTTINGS OF *Eucalypt* spp. SUBJECTED TO SOIL
WATER DEFICIENCIES**

Lima, P.C.¹, Barros, N.F. de², Reis, G.G. dos² e Mosquim, P.R.²

¹Engenheiro Agrônomo, EPAMIG, Vila Giannette 46, 36571-000, Viçosa-MG

²Professor da Universidade Federal de Viçosa, 36571-000, Viçosa-MG (031)899-1048,

E-mail nfb Barros@mail.ufv.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito do déficit hídrico sobre a morfologia e a fisiologia de plantas jovens de eucalipto. Em experimento conduzido em casa de vegetação, foram utilizados dois tipos de solo (argiloso e franco), oito espécies de *Eucalyptus* spp e dois potenciais de água no solo (-0,01 MPa e -0,05 MPa). As plantas de todas as espécies mostraram reduções no peso de matéria seca quando submetidas ao estresse hídrico. *E. grandis* e *E. tereticornis* exibiram maior sensibilidade estomática devido às mudanças na disponibilidade de água no solo. *E. urophylla*, *E. tereticornis*, *E. camaldulensis* e *E. citriodora* apresentaram maior produção de raízes.

1. INTRODUÇÃO

As plantas podem apresentar adaptações quando sob deficiência hídrica. Em comunidades naturais essas adaptações são importantes para a sobrevivência, conferindo vantagens que permitem melhores produções em condições onde a deficiência hídrica prevalece (TURNER, 1986).

De forma geral, estresse hídrico na planta, pode reduzir as trocas gasosas na folha e, também, a água disponível para o crescimento da parte aérea, conseqüentemente, modificaria a partição de carbono, favorecendo o crescimento de órgãos de suporte. Isto pode ser regulado pelo funcionamento das raízes e também ocorre sob deficiência de nutrientes (SCHULZE, 1986). Contudo, a magnitude dessas variações depende da espécie, de acordo com sua adaptabilidade a ambas as deficiências, de água e de nutrientes.

Estudos sobre a tolerância à seca de es-

pécies de eucalipto plantadas no Brasil são poucos e precisam ser ampliados, visando plantios em condições ambientais específicas.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito do déficit hídrico sobre a morfologia e a fisiologia de plantas jovens de oito espécies de eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no período de fevereiro a julho de 1993.

Amostras da camada superficial de dois solos - argiloso e franco - foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneiras com abertura de 4 mm.

A acidez foi corrigida usando-se uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃, na relação 4:1, em equivalentes. A adubação foi feita fornecendo a cada unidade experimental (vaso de plantio), em mg do elemento/kg de solo, os seguintes nutrientes: P - 200, K - 75, S - 25, N - 50 no plantio e 50 em duas coberturas, B - 0,4, Mn - 3,0, Fe - 1,5, Zn - 2,0, Cu - 0,7 e Mo - 0,1.

Os vasos foram feitos de tubos de PVC com 1,5 dm de diâmetro e 5 dm de altura, com capacidade de 8,83 dm³, com o fundo de chapa de isopor, sem perfuração. Após preenchimento com os solos, foram realizadas as semeaduras, e, após desbastes, foram mantidas duas plantas por vaso.

O experimento foi composto de trinta e dois tratamentos, compreendendo oito espécies de eucalipto (*E. cloeziana*, *E. urophylla*, *E. grandis*, *E. tereticornis*, *E. saligna*, *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. citriodora*); dois solos (argiloso e franco); e dois regimes de irrigação, de modo a se

manter -0.01 MPa (sem estresse) e -0.05 MPa (com estresse) de potencial hídrico no solo. O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial $(2^2 \times 8) \times 4$ e duas plantas por unidade experimental (U.E.), totalizando 128 U.E.

O ψ_w de cada U.E., monitorado por meio de tensiômetros com colunas de mercúrio, foi mantido a -0.01 MPa por noventa dias. Após esse período, as 128 U.E. foram divididas em dois grupos de 64, sendo o solo em um deles mantido a -0.01 MPa, enquanto o outro grupo passou por uma fase de cinco ciclos sucessivos de umedecimento (-0.01 MPa) e de secagem (-0.05 MPa) para adaptação das plantas. Por fim, neste último tratamento manteve-se a -0.05 MPa de ψ_w , aqui considerado como estresse hídrico. Essas condições foram mantidas por sessenta dias, quando o experimento foi colhido.

Dez dias antes da colheita do experimento foram avaliados o potencial hídrico e condutância estomática. Para isso foram utilizadas folhas completamente expandidas existentes acima da segunda ramificação basípeta. O potencial hídrico foi determinado por meio de uma bomba de pressão (SCHOLANDER et al., 1965) e a condutância estomática na superfície abaxial das folhas, utilizando-se um porômetro de difusão da Li-Cor, modelo LI-1600. As medições de potencial hídrico foram realizadas quatro vezes ao dia: 4 h - 5 h (antemanhã), 8 h - 9h30, 11h30 - 13h30 e 16h30 - 17h30. As três medições de condutância estomática foram realizadas nos mesmos horários, exceto no antemanhã.

A área foliar foi estimada por amostragem de folhas de cada planta, utilizando-se um medidor de área foliar AP- ΔT - Devices.

A colheita do experimento foi realizada em uma repetição por dia, entre 11h30 e 12h30.

O material vegetal colhido foi separado em folhas, caule incluindo ramos, e raízes, determinando-se, em seguida, o peso de matéria de folha, caule e raízes secas, separadamente. A eficiência no uso da água foi obtida pela divisão da matéria seca total produzida por litros de água consumida.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, em esquema fatorial

com desdobramento dos graus de liberdade para espécie e solo dentro do nível de água, admitindo-se níveis de significância menor ou igual a 10% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A condutância estomática, abaxial variou em função da hora do dia e da disponibilidade de água no solo (Figura 1). Entre os horários medidos, às 9 horas, todas as espécies alcançaram as maiores condutâncias, permitindo maior transpiração, enquanto que as menores condutâncias foram registradas às 12 horas (pós-meio-dia). Esse comportamento não mostrou um padrão comum devido ao tipo de solo. Entretanto, nos horários, 9 ou 17 h, as plantas do solo franco apresentaram uma pequena tendência de maiores condutâncias estomáticas nos tratamentos sem estresse hídrico, enquanto que, às 12 h, para o mesmo tipo de solo, a maioria das espécies, quando submetidas ao estresse hídrico, tiveram suas condutâncias mais baixas. Destacam-se, nesse sentido, *E. urophylla*, *E. grandis*, *E. tereticornis* e *E. camaldulensis*, com os efeitos mais pronunciados; *E. cloeziana* com o efeito pouco pronunciado; e *E. saligna*, *E. pellita* e *E. citriodora* que mostraram às 12 horas as maiores condutâncias, no solo franco, sem estresse hídrico, mas as maiores reduções, em razão do estresse, ocorreram no solo argiloso.

E. grandis e *E. tereticornis* apresentaram as maiores amplitudes de condutância estomática entre os tratamentos no solo franco, indicando serem mais sensíveis às mudanças diárias de água no solo que as demais espécies.

O potencial hídrico foliar, semelhantemente à condutância estomática, atingiu menores valores (mais negativos) pós-meio-dia e maiores (maior hidratação), principalmente, no antemanhã (4 horas) (Figura 1). De todas as espécies estudadas, o *E. grandis* não exibiu diferenças de potencial hídrico foliar entre os tratamentos, o que seria decorrente do ajuste estomático, evitando aumento na desidratação das folhas. As demais espécies estudadas foram afetadas pelo estresse, com amplitudes maiores de variação de potencial hídrico pós-meio-dia. Relativo a recuperação às 4 e 17 horas, *E.*

tereticornis recuperou-se completamente. As outras espécies, em maior ou menor grau, não mantiveram a mesma hidratação das folhas de plantas sem estresse, especialmente *E. cloeziana*. Esta espécie apesar de manter menores condutâncias estomáticas que as demais durante todo o dia, foi a que exibiu os valores mais baixos de potencial hídrico, possivelmente devido à grande superfície transpiratória e, provavelmente, à maior restrição na absorção de água do solo.

A área foliar medida na colheita do experimento mostrou redução devido ao estresse hídrico (Quadro 1) e variou significativamente com o tipo de solo ($P < 0,01$). De modo geral, a área foliar foi menor no solo de textura franca, em virtude de sua menor condutividade hidráulica. À medida que esses solos perdem água, a descontinuidade hidráulica aumenta, aumentando a resistência interfacial raiz-solo (PASSIOURA, 1988).

Com base nas reduções de área foliar provocadas pelo déficit hídrico, as espécies de eucalipto podem ser separadas em três grupos distintos: *E. camaldulensis*, *E. cloeziana*, *E. citriodora* e *E. pellita*, com reduções acima de 30%; *E. saligna* e *E. urophylla*, com reduções entre 10 e 30%; e *E. grandis* e *E. tereticornis*, com reduções inferiores a 10%.

O estresse hídrico promoveu as maiores reduções no peso de matéria seca de folhas das plantas crescidas no solo franco que das crescidas no solo argiloso (Quadro 1).

O peso de matéria seca de caule foi significativamente ($P < 0,01$) reduzido devido ao estresse hídrico, porém, ao contrário do observado para as folhas, as maiores reduções ocorreram no solo argiloso (Quadro 1). Esse é um efeito de partição diferencial de carbono devido ao estresse hídrico e tipo de solo.

O tratamento de estresse hídrico promoveu aumento no peso de matéria seca de raiz de *E. grandis* e *E. pellita* e redução em *E.*

saligna e *E. camaldulensis* (Quadro 1). A redução na biomassa radicular pode sugerir uma menor força de dreno das raízes quando da indução do estresse hídrico, ou uma alteração na alocação de carboidratos na raiz, desviando do crescimento para manutenção e armazenamento, ou, ainda, morte de raízes devido ao estresse hídrico.

Por outro lado, o aumento no peso de matéria seca de raízes de *E. grandis* e *E. pellita* quando submetidas ao estresse hídrico, sugere uma maior força de dreno das raízes dessas espécies, o que implica numa maior partição de carbono para esse órgão.

Os pesos de matéria seca da parte aérea e total foram maiores no solo argiloso, independente das plantas estarem com ou sem estresse hídrico (Quadro 2). Contudo, sob estresse hídrico, a maior redução para matéria seca total ocorreu no solo argiloso, o que foi compatível com a redução na matéria seca de caule (Quadro 1).

A maioria das espécies sob estresse hídrico apresentou aumento na relação raiz/parte aérea (Quadro 2). Os maiores aumentos ocorreram no solo argiloso, o que poderia ser atribuído, em parte, ao crescimento mais rápido das raízes (PASSIOURA, 1988), e às reduções no peso de matéria seca de caule nos tratamentos sob estresse (Quadro 1).

Os resultados obtidos para a relação raiz/parte aérea permitem separar as espécies em três grupos distintos: i) espécies que obtiveram aumentos significativos ($P < 0,01$) na relação - *E. grandis* e *E. pellita*; ii) espécies que tiveram aumentos pouco significativos ($P \leq 0,10$) ou com tendência de manter a relação - *E. urophylla*, *E. citriodora*, *E. tereticornis* e *E. cloeziana*; e iii) espécies que reduziram a relação raiz/parte aérea - *E. saligna* e *E. camaldulensis*. A redução na relação raiz/parte aérea sob estresse hídrico pode ser, em parte, devido a morte de raízes.

CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA

POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR

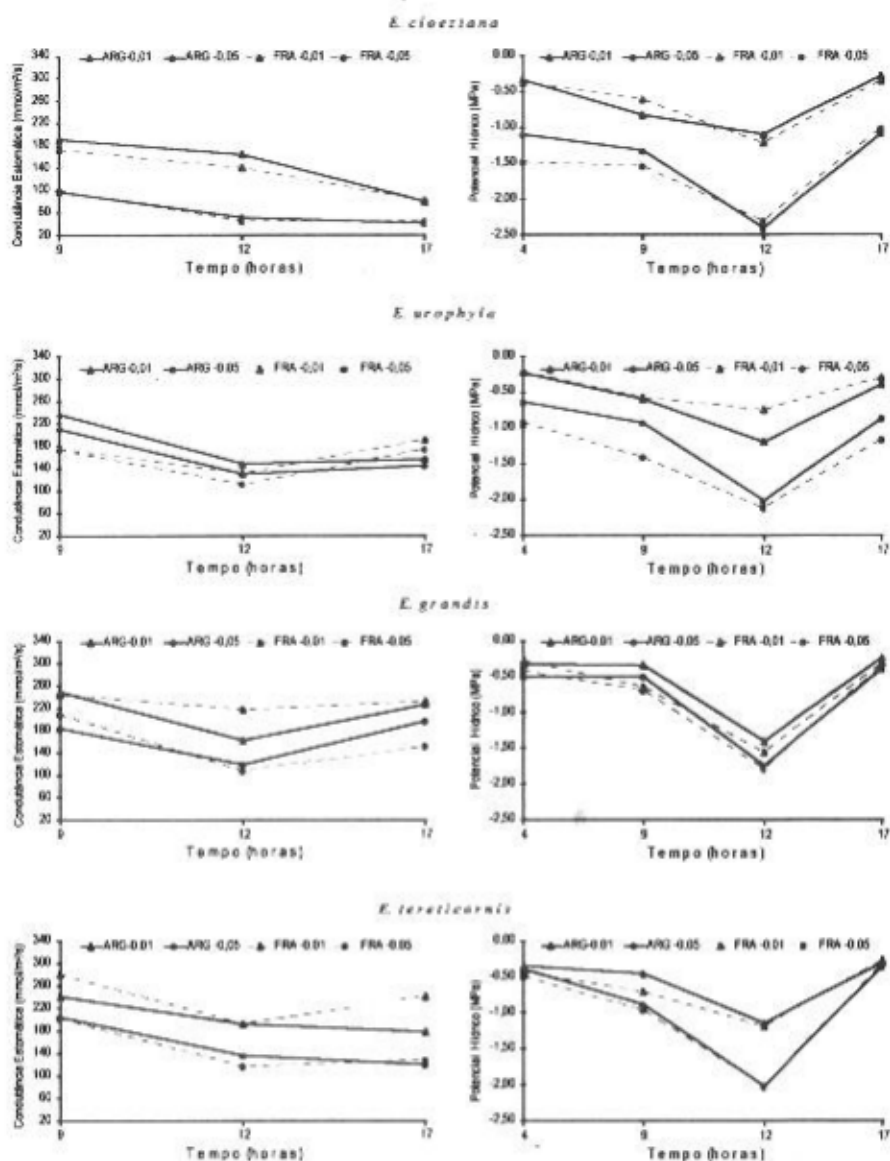


FIGURA 1. Condutância estomática abaxial e potencial hídrico de espécies de *Eucalyptus* spp submetidas (-0,05 MPa) ou não (-0,01 MPa) a estresse hídrico em solo argiloso (ARG) e franco (FRA).

CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA

POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR

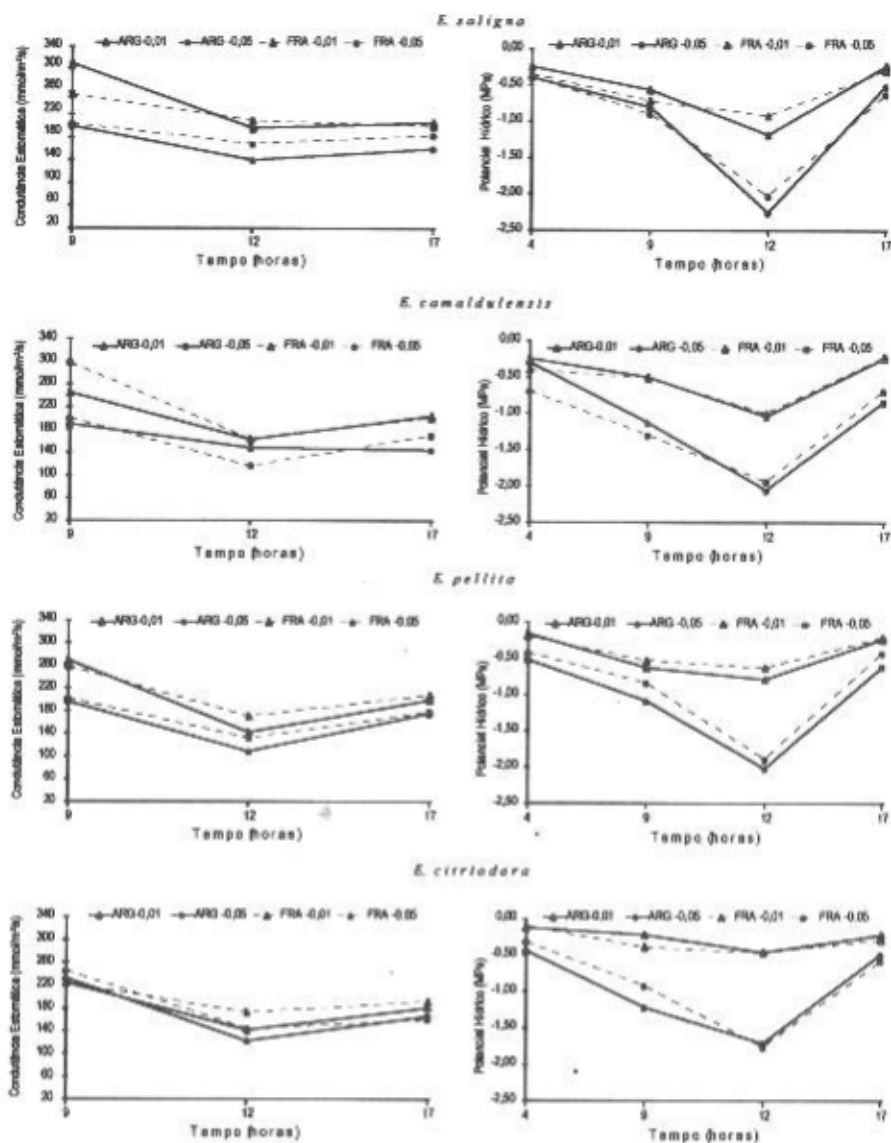


FIGURA 1. continuação.

Condutância estomática abaxial e potencial hídrico de espécies de *Eucalyptus* spp submetidas (-0,05 MPa) ou não (-0,01 MPa) a estresse hídrico em solo argiloso (ARG) e franco (FRA).

QUADRO 1. Área foliar, peso de matéria seca de folha, caule e raiz de plantas de *Eucalyptus* spp crescidas sem (-0,01 MPa) e com estresse hídrico (-0,05 MPa) em solo argiloso e franco

Espécie	Área Foliar				Matéria Seca de Folha			
	Solo Argiloso		Solo Franco		Solo Argiloso		Solo Franco	
	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05
	m ²				g			
<i>E. cloeziana</i>	0,55	0,33	0,52	0,29	22,82	17,53	21,28	15,06
<i>E. urophylla</i>	0,41	0,36	0,36	0,27	28,51	22,40	25,04	17,22
<i>E. grandis</i>	0,40	0,38	0,33	0,29	26,72	24,78	21,75	18,99
<i>E. tereticornis</i>	0,34	0,33	0,32	0,29	25,00	22,09	23,64	19,67
<i>E. saligna</i>	0,51	0,43	0,39	0,26	27,54	22,91	21,27	14,24
<i>E. camaldulensis</i>	0,53	0,18	0,41	0,18	27,69	16,45	21,31	16,82
<i>E. pellita</i>	0,47	0,31	0,42	0,26	27,69	22,83	24,70	18,58
<i>E. citriodora</i>	0,44	0,29	0,33	0,20	31,15	22,90	23,43	18,01

Espécie	Matéria Seca de Caule				Matéria Seca de Raiz			
	Solo Argiloso		Solo Franco		Solo Argiloso		Solo Franco	
	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05
	g				g			
<i>E. cloeziana</i>	21,19	14,93	21,67	17,20	8,81	6,25	7,36	6,66
<i>E. urophylla</i>	28,69	20,88	28,19	21,08	22,47	20,20	23,13	17,02
<i>E. grandis</i>	32,96	21,61	22,34	19,15	16,79	19,84	12,45	15,55
<i>E. tereticornis</i>	28,03	21,33	22,59	22,03	22,14	20,14	26,24	24,43
<i>E. saligna</i>	27,78	21,11	24,74	15,73	14,97	8,69	10,23	6,98
<i>E. camaldulensis</i>	26,13	23,45	22,11	20,60	25,96	15,99	29,15	18,23
<i>E. pellita</i>	28,08	24,80	25,16	20,68	12,96	16,93	15,98	16,73
<i>E. citriodora</i>	31,17	22,90	25,70	22,51	23,13	21,09	20,39	16,73

De modo geral, o estresse hídrico alterou a partição de carbono em favor das raízes (Quadro 3). No solo argiloso, houve menor partição de carbono para o caule, enquanto que no solo franco a menor partição foi para as folhas.

4. CONCLUSÕES

A condutância estomática foi menor no solo franco que no argiloso sob estresse

hídrico, o que foi atribuído à maior redução na condutividade hidráulica do solo franco a $-0,05$ MPa de ψ_w . Como consequência, as plantas crescidas no solo franco mostraram, em razão do estresse, maiores reduções na área foliar e na matéria seca de folhas, com menor aumento na eficiência no uso da água em comparação às plantas do solo argiloso.

Em termos absolutos *E. urophylla*, *E.*

QUADRO 2. Peso de matéria seca da parte aérea e total, relação raiz/parte aérea, relação matéria seca total/área foliar de plantas de *Eucalyptus* spp crescidas sem ($-0,01$ MPa) e com estresse hídrico ($-0,05$ MPa) em solo argiloso e franco

Espécie	Matéria Seca da Parte Aérea				Matéria Seca Total			
	Solo Argiloso		Solo Franco		Solo Argiloso		Solo Franco	
	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05
	g				g			
<i>E. cloeziana</i>	44,01	32,45	42,95	32,25	52,82	38,70	50,31	38,91
<i>E. urophylla</i>	57,20	43,28	53,23	38,30	79,67	63,48	76,36	55,32
<i>E. grandis</i>	59,67	46,38	44,09	38,14	76,46	66,22	56,54	53,69
<i>E. tereticornis</i>	53,03	43,41	46,23	41,70	75,17	63,55	72,47	66,13
<i>E. saligna</i>	55,31	44,02	46,01	29,96	70,28	52,71	56,24	36,94
<i>E. camaldulensis</i>	53,82	39,90	43,42	37,42	79,78	55,89	72,57	55,65
<i>E. pellita</i>	55,76	47,63	49,86	39,26	68,72	64,56	65,84	55,99
<i>E. citriodora</i>	62,32	48,36	49,13	40,52	85,45	69,45	69,52	57,25

Espécie	Relação Raiz/Parte Aérea				Relação Matéria Seca Total/Área Foliar			
	Solo Argiloso		Solo Franco		Solo Argiloso		Solo Franco	
	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05
	g/g				g/cm ²			
<i>E. cloeziana</i>	0,20	0,20	0,17	0,21	95,36	115,82	99,45	136,43
<i>E. urophylla</i>	0,40	0,47	0,44	0,45	194,54	179,04	212,08	203,81
<i>E. grandis</i>	0,28	0,43	0,28	0,41	189,68	173,17	172,17	183,17
<i>E. tereticornis</i>	0,42	0,46	0,57	0,59	223,63	193,75	226,66	226,72
<i>E. saligna</i>	0,28	0,20	0,22	0,23	138,50	123,72	143,12	139,55
<i>E. camaldulensis</i>	0,48	0,40	0,68	0,49	152,35	311,97	179,35	303,00
<i>E. pellita</i>	0,23	0,35	0,32	0,43	146,32	205,25	158,01	219,78
<i>E. citriodora</i>	0,37	0,44	0,41	0,41	196,21	240,63	214,34	280,17

QUADRO 3. Partição de matéria seca em folha (F), caule (C) e raiz (R) em relação a matéria seca total produzida em plantas de *Eucalyptus* spp crescidas sem (-0,01 MPa) e com estresse hídrico (-0,05 MPa) em solo argiloso e franco

Espécies	Solo Argiloso						Solo Franco					
	- 0,01			- 0,05			- 0,01			- 0,05		
	% F	% C	% R	% F	% C	% R	% F	% C	% R	% F	% C	% R
<i>E. cloeziana</i>	43	40	17	45	39	16	42	43	15	39	44	17
<i>E. urophylla</i>	36	36	28	35	33	32	33	37	30	31	38	31
<i>E. grandis</i>	35	43	22	37	33	30	38	40	22	35	36	29
<i>E. tereticornis</i>	34	37	29	34	34	32	33	31	36	30	33	37
<i>E. saligna</i>	39	40	21	44	40	16	38	44	18	39	43	18
<i>E. camaldulensis</i>	34	33	33	29	42	29	30	30	40	30	37	33
<i>E. pellita</i>	40	41	19	35	38	27	38	38	24	33	37	30
<i>E. citriodora</i>	37	36	27	37	33	30	34	37	29	31	39	30

tereticornis, *E. camaldulensis* e *E. citriodora* apresentaram as maiores quantidades de raízes, independentemente de tratamento.

A partição de matéria seca evidenciou, para a maioria das espécies que a raiz foi um dreno preferencial para carbono quando as plantas estavam sob estresse hídrico. Essa partição ocorreu em detrimento da parte aérea de forma distinta com relação ao tipo de solo. No solo argiloso ocorreu em detrimento do caule e no solo franco das folhas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PASSIOURA, J.B. Water transport in and to roots. *Ann. Rev. Plant Mol. Biol.*, **39**:245-65, 1988.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. *Science*, **148**:339-46, 1965.
- SCHULZE, E.D. Whole-plant responses to drought. *Aust. J. Plant Physiol.*, **13**:127-141, 1986.
- TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. *Aust. J. Plant. Physiol.*, **13**:175-190, 1986.

**ALTERAÇÕES NA ABSORÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES
MINERAIS EM PLANTAS DE *Eucalyptus* spp SUBMETIDAS A
DEFICIÊNCIA HÍDRICA NO SOLO**
**ALTERATIONS IN THE ABSORPTION AND DISTRIBUTION OF MINERAL
NUTRIENTS IN PLANTS OF *Eucalypt* spp. SUBJECTED TO SOIL WATER
DEFICIENCIES**

Lima, P.C., Barros, N.F. de², Novais, R.F. de² e Mosquim, P.R.²

¹Engenheiro Agrônomo, EPAMIG, Vila Giannette 46, 36571-000, Viçosa-MG

²Professor da Universidade Federal de Viçosa, 36571-000, Viçosa-MG (031)899-1098,

E-mail fbarros@mail.ufv.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar as alterações na absorção e na distribuição de nutrientes minerais em plantas jovens de oito espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico no solo. Em experimento conduzido em casa de vegetação, foram utilizados dois tipos de solo (argiloso e franco), oito espécies de *Eucalyptus* spp e dois potenciais de água no solo (-0,01 MPa e -0,05 MPa). A absorção de nutrientes foi reduzida devido ao déficit hídrico do solo. Esse efeito foi mais marcante no solo franco. A distribuição dos nutrientes na planta variou com o potencial de água no solo, tipo de solo e espécie de eucalipto. Sob estresse hídrico, a tendência foi de aumentar o acúmulo em raízes, nos dois solos, mas no solo argiloso essa tendência foi compartilhada com a folha.

1. INTRODUÇÃO

A absorção de nutrientes pelas plantas, particularmente os transportados por difusão, é afetada por uma série de fatores, dentre eles a umidade e a textura do solo.

As baixas umidade e fertilidade do solo promovem alterações significativas nas plantas e podem distingui-las com relação à sua adaptabilidade a determinados ambientes. Em solos pobres, a relação raiz/parte aérea é aumentada e a taxa transpiratória é reduzida. Essa menor transpiração seria consequência de menor condutância estomática, o que é comum sob deficiência de nutrientes (CHAPIN, 1988).

Segundo SCHULZE (1986), existem interações importantes ligando os fluxos de carbono, água e nutrientes na planta toda.

Em condições ótimas, um aumento no crescimento da folha e biomassa influencia diretamente a produção da planta, devido ser a assimilação positivamente relacionada à área foliar. Tais condições não se enquadrariam em plantas crescendo em solos com déficit hídrico.

Em eucalipto, pesquisas sobre a absorção e distribuição de nutrientes na planta, relacionadas com a adaptação ao déficit hídrico do solo, poderiam ser úteis em estudos de recomendação de adubação.

O objetivo deste trabalho foi verificar as alterações na absorção e na distribuição de nutrientes em plantas jovens de oito espécies de eucalipto submetidas ao déficit hídrico do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no período de fevereiro a julho de 1993.

Amostras da camada superficial de dois solos - argiloso e franco - foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneiras com abertura de 4 mm. Foram obtidas amostras compostas desses solos para caracterizações químicas e físicas (Quadro 1).

A acidez foi corrigida usando-se uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃, na relação 4:1, em equivalentes. A adubação foi feita fornecendo a cada unidade experimental (vaso de plantio), em mg do elemento/kg de solo, os seguintes nutrientes: P - 200, K - 75, S - 25, N - 50 no plantio e 50 em duas coberturas, B - 0,4, Mn - 3,0, Fe - 1,5, Zn - 2,0, Cu - 0,7 e Mo - 0,1.

QUADRO 1. Características químicas e físicas das amostras de solos utilizados

Característica	Solo Argiloso	Solo Franco
pH em H ₂ O (1:2,5)	5,1	5,2
P (mg/dm ³) ^{1/}	1,5	1,0
K (mg/dm ³) ^{1/}	10	10
Ca ²⁺ (cmolc/dm ³) ^{2/}	0,1	0,0
Mg ²⁺ (cmolc/dm ³) ^{2/}	0,0	0,0
Al ³⁺ (cmolc/dm ³) ^{2/}	0,7	0,3
Classificação Textural ^{3/}	Muito-Argiloso	Franco-Argilo-Arenoso
Retenção de água ^{4/}	----- g/100 g -----	
-0,01 MPa	35,7	15,6
-0,05 MPa	30,9	11,0

1/ Extrator Mehlich-1 (VETTORI, 1969).

2/ Extrator KCl 1 mol/L (VETTORI, 1969).

3/ EMBRAPA, 1979.

4/ Extrator de placa de membrana de pressão (RICHARDS, 1949).

Os vasos foram feitos de tubos de PVC com 1,5 dm de diâmetro e 5 dm de altura, com capacidade de 8,83 dm³, com o fundo de chapa de isopor, sem perfuração. Após preenchimento com os solos, foram realizadas as sementeiras, e, após desbastes, mantiveram-se duas plantas por vaso.

O experimento foi composto de trinta e dois tratamentos, compreendendo oito espécies de eucalipto (*E. cloeziana*, *E. urophylla*, *E. grandis*, *E. tereticornis*, *E. saligna*, *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. citriodora*); dois solos (argiloso e franco); e dois regimes de irrigação, de modo a se manter -0,01 MPa (sem estresse) e -0,05 MPa (com estresse) de potencial hídrico no solo. O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial (2² x 8) x 4 e duas plantas por unidade experimental (U.E.), totalizando 128 U.E.

O ψ_w de cada U.E., monitorado por meio de tensiômetros com colunas de mercúrio, foi mantido a -0,01 MPa por noventa dias. Após esse período, as 128 U.E. foram

divididas em dois grupos de 64, sendo o solo em um deles mantido a -0,01 MPa, enquanto o outro grupo passou por uma fase de cinco ciclos sucessivos de umidecimento (-0,01 MPa) e de secagem (-0,05 MPa) para adaptação das plantas. Por fim, neste último tratamento manteve-se a -0,05 MPa de ψ_w , aqui considerado como estresse hídrico. Essas condições foram mantidas por sessenta dias, quando o experimento foi colhido.

O material vegetal colhido foi separado em folhas, caule, que incluiu ramos, e raízes. Determinado o peso de matéria seca, o material foi moído e amostras foram mineralizadas por mistura nítrico-perclórica, para se determinar, no extrato, o teor de P, por espectrofotometria pelo método de fosfomolibdato adaptado por BRAGA e DEFELIPO (1974); o teor de K, em fotômetro de chama; e os teores de Ca e Mg em espectrofotômetro de absorção atômica. O S foi determinado por turbidimetria de sulfato bário (Blanchar et al., 1965, modificado por ALVAREZ V.*). O N determinado pelo método Kjeldahl (JACKSON,

* Victor Hugo Alvarez V. - Departamento de Solos - UFV, comunicação pessoal.

1976).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância com desdobramento dos graus de liberdade de espécie e de solo dentro dos níveis de água, adotando-se níveis de significância menor ou igual a 10% de probabilidade. Com as médias foram realizadas análises de correlação, adotando-se níveis de significância menor ou igual a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A absorção de todos macronutrientes foi reduzida sob estresse hídrico. Esse efeito foi mais marcante no solo franco que no solo

argiloso (Quadro 2). O efeito de solo deve estar relacionado com a menor absorção de água pelas plantas crescidas no solo franco (LIMA, 1996) e, conseqüentemente, maior redução no transporte de nutrientes nesse solo.

O déficit hídrico no solo promoveu aumentos nos teores da maioria dos nutrientes analisados nas folhas, que pode ser interpretado como efeito de concentração devido o crescimento menos intenso das folhas.

Observam-se também reduções nos teores foliares de P e de Ca devido ao estresse. Com relação ao P essa redução pode ser atribuída à baixa mobilidade do elemento no

QUADRO 2. Concentrações (g/100 g) e conteúdos (mg/vaso) de macronutrientes em folha, raiz e caule de plantas de *Eucalyptus* spp submetidas (-0,05 MPa) ou não (-0,01 MPa) ao estresse hídrico em solo argiloso e franco

Nutrientes	Solo Argiloso				Solo Franco			
	Teor		Conteúdo		Teor		Conteúdo	
	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05
----- Folha -----								
N	1,00	1,18	266,21	254,84	1,09	1,17	247,63	200,76
P	0,10	0,08	24,07	16,50	0,09	0,08	20,68	13,86
K	1,34	1,44	358,55	307,16	1,27	1,40	286,08	237,67
S	0,09	0,10	25,56	22,24	0,10	0,10	22,61	17,28
Ca	1,21	1,06	331,98	231,69	1,24	0,98	286,05	170,81
Mg	0,24	0,24	64,08	52,34	0,22	0,22	51,03	38,10
----- Raiz -----								
N	0,46	0,54	85,07	81,80	0,52	0,57	94,49	82,61
P	0,06	0,06	11,25	9,40	0,06	0,06	11,09	9,38
K	0,57	0,54	103,71	88,54	0,49	0,49	89,69	74,59
S	0,07	0,07	12,85	11,09	0,06	0,07	10,24	10,35
Ca	0,65	0,55	119,54	89,97	0,73	0,60	135,40	91,22
Mg	0,12	0,11	22,38	16,91	0,11	0,09	18,48	12,87

----- Caule -----								
64,27	N	0,34	0,34	96,63	73,02	0,33	0,32	78,24
P	0,09	0,07	25,51	15,74	1,00	0,09	23,36	17,87
K	0,70	0,69	192,33	143,51	0,62	0,61	146,76	116,27
S	0,10	0,10	27,61	21,85	0,10	0,10	24,63	19,22
Ca	0,99	0,80	283,68	171,15	0,91	0,76	218,56	147,09
Mg	0,07	0,06	20,23	12,96	0,05	0,05	12,94	8,93

solo, cuja difusão em solos com menor umidade é acentuadamente reduzida.

Em todos os órgãos das plantas a concentração de Ca foi menor com a indução do estresse hídrico (Quadro 2). Este fato pode ser entendido considerando que a absorção deste nutriente se dá somente próximo às pontas das raízes, região nova, ainda não suberizada e onde as estrias de Caspary, que bloqueiam o transporte apoplástico do Ca do córtex até o estelo, ainda não se formaram (MENGEL e KIRKBY, 1982). O estresse hídrico intensifica o processo de suberização de raízes (BOWEN, 1984). Por outro lado, o transporte de Ca é também bastante afetado em solo com déficit hídrico.

O déficit hídrico no solo alterou a distribuição dos nutrientes na planta (Quadros 3 e 4). Essa alteração também variou com o tipo de solo e espécie.

Nos dois solos houve uma tendência das espécies aumentarem a alocação de nutrientes nas raízes quando submetidas ao

estresse. Entretanto, no solo argiloso esse aumento de alocação em raiz, principalmente de N, P, K e Mg, foi também compartilhado com a folha. Esse efeito pode ser atribuído à tendência de maior redução na condutância estomática nas plantas do solo franco, sob estresse hídrico (LIMA, 1996), resultando em menor transpiração, menor transporte de nutrientes para a parte aérea, o que culminou em menor área e biomassa foliar dessas plantas.

O *E. camaldulensis* foi uma exceção em relação à distribuição de nutrientes sob estresse hídrico, ocorrendo maior acúmulo no caule, semelhante ao constatado com a distribuição de matéria seca (LIMA, 1996). Estes resultados, juntamente com o acúmulo de amido no caule registrado por LIMA (1996), reforçam a hipótese de que este órgão seria um forte dreno da planta sob estresse hídrico, e que, posteriormente, poderia passar a ser fonte de nutrientes minerais e de carboidratos num período pós-estresse.

QUADRO 3. Distribuição de nitrogênio, fósforo e potássio em folha (F), caule (C) e raiz (R) em relação ao total absorvido (mg/vaso) em plantas de *Eucalyptus* spp crescidas sem (-0,01 MPa) e com estresse hídrico (-0,05 MPa) em solo argiloso e franco

Espécies	Solo Argiloso						Solo Franco					
	- 0,01			- 0,05			- 0,01			- 0,05		
	% F	% C	% R	% F	% C	% R	% F	% C	% R	% F	% C	% R
Nitrogênio												
<i>E. cloeziana</i>	72	18	10	70	16	14	72	19	9	59	22	19
<i>E. urophylla</i>	55	21	24	58	17	25	53	18	29	57	19	24
<i>E. grandis</i>	49	34	17	61	15	24	59	22	19	55	18	27
<i>E. tereticornis</i>	52	21	27	63	16	21	55	18	27	52	18	30
<i>E. saligna</i>	68	20	12	70	17	13	67	20	13	67	18	15
<i>E. camaldulensis</i>	59	15	26	56	24	20	51	16	33	55	18	27
<i>E. pellita</i>	61	22	17	63	19	18	62	18	20	62	16	22
<i>E. citriodora</i>	60	23	17	57	19	24	55	21	24	57	20	23
Fósforo												
<i>E. cloeziana</i>	51	39	10	51	38	11	43	46	11	41	49	12
<i>E. urophylla</i>	38	45	17	39	40	21	31	49	20	31	44	25
<i>E. grandis</i>	35	47	18	40	31	29	43	39	18	39	38	23
<i>E. tereticornis</i>	34	47	19	40	34	26	37	37	26	34	35	31
<i>E. saligna</i>	42	40	18	47	40	13	38	49	13	35	51	14
<i>E. camaldulensis</i>	43	28	29	35	38	27	33	36	31	31	39	30
<i>E. pellita</i>	39	49	12	32	44	24	38	43	19	28	46	26
<i>E. citriodora</i>	39	40	21	37	37	26	39	42	19	32	47	21
Potássio												
<i>E. cloeziana</i>	59	34	7	62	32	6	63	32	5	59	36	5
<i>E. urophylla</i>	53	31	16	54	27	19	50	29	21	53	29	18
<i>E. grandis</i>	54	35	11	57	26	17	58	30	12	56	25	19
<i>E. tereticornis</i>	54	26	20	55	22	23	54	20	26	49	22	29
<i>E. saligna</i>	54	29	17	64	27	9	57	31	12	63	28	9
<i>E. camaldulensis</i>	55	24	21	54	28	18	50	26	24	56	25	19
<i>E. pellita</i>	61	29	10	57	28	15	54	32	14	53	28	19
<i>E. citriodora</i>	48	28	24	51	25	24	51	27	22	53	24	23

QUADRO 4. Distribuição de enxofre, cálcio e magnésio em folha (F), caule (C) e raiz (R) em relação ao total absorvido (mg/vaso) em plantas de *Eucalyptus* spp crescidas sem (-0,01 MPa) e com estresse hídrico (-0,05 MPa) em solo argiloso e franco

Espécies	Solo Argiloso						Solo Franco					
	- 0,0			- 0,05			- 0,01			- 0,05		
	% F	% C	% R	% F	% C	% R	% F	% C	% R	% F	% C	% R
Enxofre												
<i>E. cloeziana</i>	50	39	11	49	38	13	46	43	11	45	41	14
<i>E. urophylla</i>	37	41	22	35	39	26	37	47	16	31	43	26
<i>E. grandis</i>	32	48	20	42	37	21	45	42	13	38	45	17
<i>E. terenticornis</i>	38	44	18	43	37	20	34	36	30	38	42	20
<i>E. saligna</i>	41	39	20	48	38	14	38	52	10	46	40	14
<i>E. camaldulensis</i>	37	38	25	32	48	20	35	38	27	30	41	29
<i>E. pellita</i>	41	42	17	38	41	21	43	43	14	40	41	19
<i>E. citriodora</i>	38	43	19	37	39	24	39	44	17	30	36	34
Cálcio												
<i>E. cloeziana</i>	52	37	11	61	31	8	40	48	12	52	38	10
<i>E. urophylla</i>	39	44	17	41	39	20	47	33	20	42	31	27
<i>E. grandis</i>	36	49	15	36	45	19	37	45	18	35	43	22
<i>E. terenticornis</i>	46	37	17	45	32	23	48	25	27	47	22	31
<i>E. saligna</i>	41	43	16	46	44	10	41	47	12	24	63	13
<i>E. camaldulensis</i>	53	24	23	49	27	24	41	25	34	42	35	23
<i>E. pellita</i>	54	34	12	55	27	18	58	26	16	51	28	21
Magnésio												
<i>E. citriodora</i>	46	37	17	46	32	22	41	36	23	38	33	29
<i>E. cloeziana</i>	72	20	8	68	21	11	71	19	10	67	21	12
<i>E. urophylla</i>	57	17	26	59	22	19	56	15	29	57	17	26
<i>E. grandis</i>	53	23	24	57	13	30	57	19	24	53	20	27
<i>E. terenticornis</i>	64	14	22	69	13	18	63	10	27	59	16	25
<i>E. saligna</i>	54	24	22	65	19	16	63	22	15	68	14	18
<i>E. camaldulensis</i>	58	17	25	62	17	21	57	11	32	65	16	19
<i>E. pellita</i>	69	16	15	76	6	18	73	12	15	77	5	18
<i>E. citriodora</i>	59	20	21	58	17	25	60	13	27	63	15	22

As espécies *E. cloeziana* e *E. saligna* não apresentaram um padrão definido com relação a distribuição de nutrientes. Isto poderia também ser indicativo do fraco desempenho demonstrado por essas espécies quando submetidas ao estresse hídrico (LIMA, 1996).

Os conteúdos dos macronutrientes nas raízes mostraram correlações consistentes e elevadas com os conteúdos de açúcares solúveis totais e de amido em folha, caule e, em especial, raiz (Quadro 5). Esta correlação pode ter ocorrido por diferentes razões. A primeira pode ser o acúmulo de solutos orgânicos na raiz, que implicaria em redução do potencial osmótico e, consequentemente, no potencial hídrico da raiz, culminando na absorção de água e no

transporte, especialmente por fluxo de massa, de nutrientes para junto da superfície radicular. A absorção ocorreria porque o amido seria hidrolisado à glicose e esta entraria na via glicolítica, rota inicial da respiração. A respiração forneceria a energia requerida para a absorção ativa de nutrientes.

Por outro lado, o acúmulo de nutrientes na raiz pode também estar relacionado ao aumento na força de dreno desse órgão, implicando em maior translocação de sacarose via floema e, conseqüentemente, de nutrientes, especialmente dos mais móveis na planta, como N, P e K. A alocação preferencial de nutrientes na raiz é essencial para o crescimento deste órgão, o que facilitaria a maior absorção de água.

QUADRO 5. Correlações entre conteúdos de macronutrientes com conteúdos de açúcares solúveis totais (AT) e amido (AM) em folha (F), caule (C) e raiz (R)

	ATF	ATC	ATR	AMF	AMC	AMR
PF	-	-	-	0,43**	-	-0,29*
PC	-	-	-	0,40**	-	-
PR	0,41**	0,48**	0,80**	0,36*	0,53**	0,40**
NF	-	-	-	0,38*	-	-0,29*
NC	-	0,32*	-	0,47**	-	-
NR	0,41**	0,50**	0,74**	-	0,54**	0,47**
KF	-	-	-	-	-	-0,39*
KC	-	-	-	-	-0,33*	-0,40**
KR	0,45**	0,67**	0,89**	0,30*	0,35*	0,44**
SF	-	-	-	-	-0,31*	-0,48**
SC	-	0,34*	0,37*	0,48**	-	-
SR	0,29*	0,54**	0,72**	0,32*	0,44**	0,44**
CaF	0,32*	0,36*	0,43**	-	-	-
CaC	-	-	-	0,66**	-	-
CaR	-	0,51**	0,83**	0,29*	0,32*	0,32*
MgF	-	-	-	0,36*	-	-0,35*
MgC	-	-	-	0,54**	-	-
MgR	-	0,43**	0,57**	0,69**	-	-

* e **: Significativos, pelo teste F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

A absorção dos nutrientes foi reduzida devido ao déficit hídrico no solo. Esse efeito foi mais pronunciado no solo franco.

A distribuição dos nutrientes na planta variou em razão do estresse hídrico, tipo de solo e espécie de eucalipto. A tendência foi de aumentar a alocação nas raízes, nos dois solos, mas no solo argiloso essa tendência foi compartilhada com a folha.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOWEN, G.D. Tree roots and the use of soil nutrient. In: BOWEN, G.D. & NAMBIAR, E.K.S., eds. **Nutrition of plantation forest**. London, Academic Press, 1984. p.147-179.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. *Rev. Ceres*, 21:73-85. 1974.
- CHAPIN, F.S.III. Ecological aspects of plant mineral nutrition. In: TINKER, B. & LÄUCHLI, A., eds. **Advances in plant nutrition**, London, Pagar, 1988. p. 161-179.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA-SNLCS. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- JACKSON, M.L. **Análisis químico de suelos**. 3ª Ed., Barcelona, Omega, 1976. 662p.
- LIMA, P.C. **Acúmulo e distribuição de matéria seca, carboidratos e macronutrientes em mudas de *Eucalyptus* spp em solos com diferentes potenciais hídricos**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 106p. (Tese D.S.)
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern, International potash Institute. 1982. 655p.
- RICHARDS, L.A. Methods of measuring soil moisture tension. *Soil Sci.*, 68:95-112, 1949.
- SCHULZE, E.D. Whole-plant responses to drought. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13:127-141, 1986.
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, EPF. 24p. 1969. (Boletim técnico, 7)

**ALTERAÇÕES NA PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE AÇÚCARES
SOLÚVEIS E DE AMIDO EM PLANTAS DE *Eucalyptus* spp SUBMETIDAS
AO DÉFICE HÍDRICO DO SOLO**

**ALTERATIONS IN THE PRODUCTIVITY AND DISTRIBUTION OF
SOLUBLE SUGARS AND STARCH IN PLANTS OF *Eucalypt* spp.
SUBJECTED TO SOIL WATER DEFICIENCIES**

Lima, P.C.¹, Barros, N.F. de² e Mosquim, P.R.²

¹Engenheiro Agrônomo, EPAMIG, Vila Giannette 46, 36571-000, Viçosa-MG

²Professor da Universidade Federal de Viçosa, 36571-000, Viçosa-MG, (031) 899-1048,

E-mail: nfbarrros@mail.ufv.br

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo verificar as alterações na alocação de carboidratos em plantas jovens de oito espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico. Em experimento conduzido em casa de vegetação, foram utilizados dois tipos de solo (argiloso e franco), oito espécies de *Eucalyptus* spp e dois potenciais de água no solo (-0,01 MPa e -0,05 MPa). De modo geral, ocorreram aumentos nos teores e conteúdos de açúcares solúveis totais e de amido devido ao estresse hídrico. A magnitude desse efeito variou com o tipo de solo (maiores aumentos no solo argiloso) e com a espécie, sendo, com relação às espécies, em diferentes proporções entre os órgãos envolvidos. *E. urophylla*, *E. tereticornis* e *E. calmdulensis*, com os maiores aumentos nos conteúdos de amido no caule e raiz, em conjunto, possuem, possivelmente, as maiores possibilidades de um arranque no crescimento num pós-estresse.

1. INTRODUÇÃO

Os mecanismos de resistência à seca das plantas são classificados em três categorias (Turner, 1979 citado por TURNER, 1986): i) escape - a habilidade de uma planta em completar o seu ciclo de vida antes de um déficit severo de água no solo e na planta; ii) tolerância à seca com alto potencial de água nos tecidos - manutenção da absorção de água ou redução na perda de água; iii) tolerância à seca com baixo potencial de água nos tecidos - manutenção do turgor ou tolerância à dessecação.

Revisões mais recentes têm demonstra-

do a preocupação de se conhecer estes mecanismos de resistência à seca mais integradamente, de forma a relacionar as interações entre os fluxos de água, nutrientes e de carbono nas plantas e a interação entre raízes e parte aérea (SCHULZE, 1986).

Em última análise, o estresse hídrico afeta a força da fonte e do dreno por seus efeitos sobre a fotossíntese, translocação, crescimento e metabolismo geral (KUHNIS e GJERSTAD, 1988).

Em eucalipto pouco ou nada se conhece sobre a alocação de carbono sob estresse hídrico.

Este trabalho teve como objetivo verificar as alterações na alocação de carboidratos em plantas jovens de oito espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no período de fevereiro a julho de 1993.

Amostras da camada superficial de dois solos - argiloso e franco - foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneiras com abertura de 4 mm.

A acidez foi corrigida usando-se uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃, na relação 4:1, em equivalentes. A adubação foi feita fornecendo a cada unidade experimental (vaso de plantio), em mg do elemento/kg de solo, os seguintes nutrientes: P - 200, K - 75, S - 25, N - 50 no plantio e 50 em duas coberturas, B - 0,4, Mn - 3,0, Fe - 1,5, Zn - 2,0, Cu - 0,7 e Mo - 0,1.

Os vasos foram feitos de tubos de PVC com 1,5 dm de diâmetro e 5 dm de altura,

com capacidade de 8,83 dm³, com o fundo de chapa de isopor, sem perfuração. Após preenchimento com os solos, foram realizadas as semeaduras, e, após desbastes, foram mantidas duas plantas por vaso.

O experimento foi composto de trinta e dois tratamentos, compreendendo oito espécies de eucalipto (*E. cloeziana*, *E. urophylla*, *E. grandis*, *E. tereticornis*, *E. saligna*, *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. citriodora*); dois solos (argiloso e franco); e dois regimes de irrigação, de modo a se manter -0,01 MPa (sem estresse) e -0,05 MPa (com estresse) de potencial hídrico no solo. O delineamento adotado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial (2² x 8) x 4 e duas plantas por unidade experimental (U.E.), totalizando 128 U.E.

O ψ_w de cada U.E., monitorado por meio de tensiômetros com colunas de mercúrio, foi mantido a -0,01 MPa por noventa dias. Após esse período, as 128 U.E. foram divididas em dois grupos de 64, sendo o solo em um deles mantido a -0,01 MPa, enquanto o outro grupo passou por uma fase de cinco ciclos sucessivos de umedecimento (-0,01 MPa) e de secagem (-0,05 MPa) para adaptação das plantas. Por fim, neste último tratamento manteve-se a -0,05 MPa de ψ_w , aqui considerado como estresse hídrico. Essas condições foram mantidas por sessenta dias, quando o experimento foi colhido.

A colheita do experimento foi realizada retirando-se uma repetição por dia, entre 11h30 e 12h30. Amostras de cada repetição, com cerca de 500 mg de matéria fresca, foram retiradas de folhas totalmente expandidas, dos caules (partes superior, mediana e inferior) e de raízes jovens. As amostras foram fragmentadas e imediatamente imersas em 4 ml de etanol 80% fervente, e, a seguir, armazenadas em "freezer". Posteriormente, dessas amostras foram determinados os teores de açúcares solúveis totais e de amido (HODGE e HODFREITER, 1962).

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância utilizando-se um esquema fatorial com desdobramento dos graus de liberdade de espécie e de solo dentro dos níveis de água, admitindo-se níveis de

significância menor ou igual a 10% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria das espécies apresentou aumentos nos teores de açúcares solúveis totais quando submetidas ao estresse hídrico. Esse aumento foi significativo ($P \leq 0,10$) para solo, espécie e interação solo x espécie. Os maiores aumentos ocorreram em folha e caule (Quadro 1). Na raiz, as alterações são pequenas, em geral, com tendência de manutenção nos teores.

As espécies podem ser agrupadas quanto à concentração de açúcares: 1) aumentos significativos nos três órgãos ocorreram somente no *E. tereticornis* nos dois solos; 2) mantiveram ou mostraram tendência em aumentar os teores nos três órgãos, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. pellita*, *E. urophylla* e *E. citriodora* no solo argiloso e *E. saligna*, *E. urophylla* e *E. citriodora* no solo franco; 3) ocorreram aumentos apenas em folha e caule em *E. cloeziana*, *E. camaldulensis* no solo argiloso e *E. cloeziana*, *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. pellita* no solo franco.

Os aumentos nos conteúdos de açúcares não ocorreram na mesma proporção que o registrado com os aumentos nos teores, tão pouco, ocorreram necessariamente, nos mesmos órgãos. *E. tereticornis* foi a única espécie que manteve o mesmo padrão de resposta, ou seja, apresentou também aumento no conteúdo de açúcares nos três órgãos analisados. Portanto, esta foi a que mais evidenciou a ocorrência de ajuste osmótico na planta toda e, certamente, este efeito está relacionado com a total recuperação no potencial hídrico, conforme constatado por LIMA (1996). O *E. tereticornis* foi uma das espécies que apresentou menores reduções devido ao estresse na área foliar e no crescimento geral; além disso aumentou significativamente a eficiência no uso da água, sugerindo ter alta condutividade hidráulica.

Além de *E. tereticornis*, as únicas espécies que apresentaram aumentos significativos ($P < 0,01$) nos conteúdos de açúcares na folha foram *E. cloeziana* e *E. camaldulensis*. *E. cloeziana* teve o crescimento reduzido na mesma proporção

QUADRO 1. Teores e conteúdos de açúcares solúveis totais em folha, raiz e caule, em plantas de *Eucalyptus* spp crescidas sem (-0,01 MPa) e com estresse hídrico (-0,05 MPa) em solo argiloso e franco

Espécies	Açúcares Solúveis Totais							
	Solo Argiloso				Solo Franco			
	Teor		Conteúdo		Teor		Conteúdo	
	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05
	mg/g Mat.Seca		mg/parte		mg/g Mat.Seca		mg/Parte	
----- Folha -----								
<i>E. cloeziana</i>	29,41	56,90	669,19	994,33	32,28	53,84	683,21	805,06
<i>E. urophylla</i>	35,96	38,55	1023,05	850,31	42,27	43,17	1058,89	735,59
<i>E. grandis</i>	46,96	46,64	1252,64	1169,05	46,13	46,36	1001,34	879,04
<i>E. tereticornis</i>	67,67	90,94	1700,31	2015,78	58,12	88,27	1380,77	1740,37
<i>E. saligna</i>	38,77	42,67	1064,24	972,54	36,23	49,34	774,66	717,79
<i>E. camaldulensis</i>	70,67	119,44	1945,02	1960,79	58,98	106,37	1260,13	1787,19
<i>E. pellita</i>	62,38	61,49	1772,02	1395,20	53,63	52,30	1327,10	964,08
<i>E. citriodora</i>	39,13	43,45	1223,68	1108,19	34,53	34,07	807,31	611,94
----- Raiz -----								
<i>E. cloeziana</i>	34,01	30,64	301,39	194,96	35,96	34,21	262,23	226,23
<i>E. urophylla</i>	24,13	33,03	540,86	667,73	28,43	36,32	662,81	616,13
<i>E. grandis</i>	24,30	26,41	402,55	530,52	24,33	23,78	302,44	369,34
<i>E. tereticornis</i>	21,49	33,77	472,43	684,93	23,60	27,43	621,43	670,35
<i>E. saligna</i>	31,29	33,40	468,17	264,04	28,84	28,60	295,16	196,72
<i>E. camaldulensis</i>	31,53	29,65	818,37	471,39	27,85	25,80	811,60	471,56
<i>E. pellita</i>	25,86	25,70	334,30	440,05	26,67	24,74	424,62	412,13
<i>E. citriodora</i>	35,32	40,31	819,12	843,92	36,26	39,31	739,71	656,99
----- Caule -----								
<i>E. cloeziana</i>	37,91	65,28	793,60	966,33	35,65	68,90	782,01	1191,68
<i>E. urophylla</i>	51,12	91,00	1469,01	1916,87	60,92	81,42	1740,86	1723,15
<i>E. grandis</i>	47,37	55,02	1571,23	1189,31	51,20	61,97	1155,67	1192,26
<i>E. tereticornis</i>	54,12	105,92	1523,56	2260,57	52,54	70,11	1179,30	1544,87
<i>E. saligna</i>	50,25	62,19	1386,41	1312,53	45,52	56,25	1135,42	869,68
<i>E. camaldulensis</i>	61,79	59,28	1623,33	1405,59	60,44	65,20	1367,98	1345,93
<i>E. pellita</i>	45,49	66,62	1282,45	1650,04	49,96	57,90	1246,95	1212,25
<i>E. citriodora</i>	62,25	98,05	1951,18	2266,41	65,24	81,19	1678,64	1834,79

entre folha, caule e raiz, porém com evidentes murchas temporárias durante o dia.

E. camaldulensis registrou as maiores reduções no crescimento de folha e raiz e manteve o crescimento de caule. Esses resultados evidenciam que o acúmulo de açúcares nas folhas não está associado ao processo de translocação, mas, provavelmente, às alterações na alocação de carbono entre crescimento e manutenção.

O *E. saligna* foi a única espécie que registrou redução geral no conteúdo de açúcares, apesar da tendência de aumento na concentração. Essa tendência ocorreu devido a redução geral no crescimento dessa espécie (LIMA, 1996) e, associando ao fato de ter apresentado evidentes murchas temporárias durante o dia, sugere-se para essa espécie, juntamente com *E. cloeziana*, um fraco desempenho sob estresse hídrico.

As demais espécies mostraram, sob estresse hídrico, uma tendência de acúmulo de açúcares nos caules e, ou, raízes. Dentre elas destacam-se *E. grandis* e *E. pellita*, os quais apresentaram aumentos de matéria seca de raízes quando submetidos ao estresse hídrico (LIMA, 1996). Entretanto, além do carbono utilizado para manutenção, boa parte de fotoassimilados foi utilizada para crescimento, reforçando, portanto, o significativo aumento na força de dreno nas raízes dessas espécies.

O estresse hídrico promoveu aumentos nos teores de amido em caule e raiz para a maioria das espécies. Ocorreram aumentos nos teores em folhas de *E. urophylla*, *E. pellita* e *E. citriodora* no solo argiloso e *E. grandis*, *E. pellita* e *E. citriodora* no solo franco (Quadro 2).

Considerando-se os conteúdos de amido, notam-se aumentos nas folhas apenas para *E. pellita* nos dois solos e para *E. grandis* e *E. citriodora* no solo franco (Quadro 2). Relacionando-se os conteúdos de açúcares e amido existentes nas folhas des-

as espécies, esta relação apresenta marcantes reduções dependendo do solo e do estresse. *E. pellita* no solo argiloso apresenta uma relação açúcares/amido de 3,63 sem estresse e 1,64 com o estresse hídrico. No solo franco, essa relação caiu de 3,09 para 2,19. *E. grandis* e *E. citriodora* tiveram esta relação diminuída de 1,05 para 0,90 e de 2,33 para 0,88, respectivamente, quando submetidos ao estresse hídrico no solo franco.

Reduções na relação açúcares/amido na folha não seriam esperadas em plantas submetidas à deficiência hídrica. Seria esperada uma menor síntese e maior degradação do amido em direção à sacarose, devido a redução na fotossíntese (CHAVES, 1991). Atualmente admite-se que uma redução na síntese de sacarose pode levar a um aumento na síntese de amido cloroplastídico, ou a uma restrição na taxa fotossintética, devido a uma limitação de Pi. Entretanto, isso não tem sido constatado sob deficiência hídrica (CHAVES, 1991), mas é comum sob deficiência de fósforo na planta (PORTIS JR., 1982; PRESS, 1982; RAO et al., 1989).

As outras espécies, semelhante ao constatado com os teores, apresentaram aumentos nos conteúdos de amido em caule e, ou, raiz sob estresse hídrico, que representa uma reserva para arranque de crescimento quando as condições de umidade no solo tornam-se propícias. Esse armazenamento ocorre principalmente nas células do parênquima ao redor do xilema de pequenos brotos, ramos, caule e raiz. As plantas lenhosas, de modo geral, armazenam carbono nos períodos em que a produção de assimilados excede a demanda para o crescimento. Este comportamento é de particular importância para plantas crescendo em regiões com grandes variações sazonais de clima. Os produtos estocados (carboidratos, lipídeos e outros compostos químicos), são utilizados durante a estação de crescimento destas plantas (DICKSON, 1991).

QUADRO 2. Teores e conteúdos de amido, obtidos em folha, raiz e caule, em plantas de *Eucalyptus* spp crescidas sem (-0,01 MPa) e com estresse hídrico (-0,05 MPa) em solo argiloso e franco

Amido								
Espécies	Solo Argiloso				Solo Franco			
	Teor		Conteúdo		Teor		Conteúdo	
	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05	-0,01	-0,05
	mg/g Mat. Seca		--- mg/Parte ---		mg/g Mat. Seca		--- mg/Parte ---	
	Folha							
<i>E. cloeziana</i>	16,00	13,62	360,90	238,82	17,46	13,60	376,44	206,80
<i>E. urophylla</i>	36,45	39,85	1038,95	887,99	34,85	34,72	871,29	599,86
<i>E. grandis</i>	44,23	45,84	1182,62	1143,44	43,88	51,21	955,96	973,41
<i>E. tereticornis</i>	27,17	17,19	663,33	376,46	28,63	24,32	678,95	480,23
<i>E. saligna</i>	41,24	31,30	1122,01	712,34	52,99	35,09	1130,58	489,61
<i>E. camaldulensis</i>	29,26	18,58	783,79	300,19	28,50	25,65	610,40	430,43
<i>E. pellita</i>	17,61	36,99	488,00	846,90	17,28	23,85	429,46	439,46
<i>E. citriodora</i>	23,52	31,52	731,18	799,87	14,98	38,68	345,70	697,12
	Raiz							
<i>E. cloeziana</i>	1,84	4,67	15,04	28,68	1,77	4,35	13,32	29,51
<i>E. urophylla</i>	2,92	7,96	65,28	159,93	2,51	6,45	58,28	109,44
<i>E. grandis</i>	2,52	2,95	41,72	59,83	3,20	2,91	39,48	45,44
<i>E. tereticornis</i>	2,16	3,92	47,79	80,37	2,79	3,07	73,60	75,42
<i>E. saligna</i>	2,28	3,49	34,36	31,21	1,99	3,13	20,57	22,61
<i>E. camaldulensis</i>	2,54	8,05	67,52	128,79	2,76	7,01	81,07	127,12
<i>E. pellita</i>	2,44	2,42	31,36	40,41	2,74	2,40	40,83	40,04
<i>E. citriodora</i>	2,74	2,50	63,60	52,85	3,20	3,08	65,31	51,79
	Caule							
<i>E. cloeziana</i>	1,77	2,11	38,15	31,73	1,68	1,82	35,05	31,49
<i>E. urophylla</i>	6,55	11,89	183,91	250,76	7,51	10,59	206,70	223,39
<i>E. grandis</i>	5,04	7,28	168,90	156,24	5,44	8,12	123,69	154,17
<i>E. tereticornis</i>	5,73	8,53	159,26	180,41	6,26	6,80	142,36	148,89
<i>E. saligna</i>	5,50	9,14	149,57	193,80	4,68	6,21	111,51	102,85
<i>E. camaldulensis</i>	11,58	13,25	305,97	312,53	10,76	14,06	237,68	288,99
<i>E. pellita</i>	5,68	10,78	160,19	269,49	6,84	10,18	171,05	207,29
<i>E. citriodora</i>	2,93	6,44	89,55	148,55	2,90	5,26	73,74	118,89

As espécies que mais aumentaram os conteúdos de amido no caule e raiz, em conjunto, foram *E. urophylla*, *E. tereticornis* e *E. camaldulensis* indicando serem as espécies que apresentariam maior arranque de crescimento num pós-estresse (Quadro 2).

4. CONCLUSÕES

Observaram-se, em geral, aumentos nos teores e conteúdos de açúcares solúveis totais e de amido em razão do estresse hídrico. A magnitude desse efeito variou com o tipo de solo e com a espécie de eucalipto. Os maiores aumentos, tanto em teores como conteúdos, ocorreram no solo argiloso, mas em diferentes proporções com relação às espécies e aos órgãos envolvidos.

As espécies que mais aumentaram os conteúdos de amido no caule e raiz, em conjunto, foram *E. urophylla*, *E. tereticornis* e *E. camaldulensis*, que apresentariam arranque no crescimento mais rápido num pós-estresse.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AWE, J.O.; SHEPHERD, K.R. & FLORENCE, R.G. Root development in provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Denh. *Aust. For.*, 39:201-209, 1976.
- CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. *J. of Exper. Bot.*, 42(234):1-16, 1991.
- DICKSON, R.E. Assimilate distribution and storage. In: RAGHAVENDRA, A.S. (ed.). *Physiology of trees*. John Wiley & Sons, Inc. USA. 1991. p.51-86.
- HODGE, J.E. & HODFREITER, B.R. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WILSTER, R.L. & WOLFROM, M.L. eds. *Methods in carbohydrates chemistry*. New York, Academic Press, 1962. V.1. p.380-94.
- KUHNS, M.R. & GJERSTAD, D.H. Photosynthetic allocation in loblolly pine (*Pinus taeda*) seedlings as affected by moisture stress. *Can. J. For. Res.*, 18:265-291, 1988.
- LIMA, P.C. Acúmulo e distribuição de matéria seca, carboidratos e macronutrientes em mudas de *Eucalyptus* spp em solos com diferentes potenciais hídricos. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 106p. (Tese D.S.)
- PORTIS JR., A.R. Effects of the relative extrachloroplastic concentrations of inorganic phosphate, 3-phosphoglycerate, and dihydroxyacetone phosphate on the rate of starch synthesis in isolated spinach chloroplasts. *Plant Physiol.*, 70:393-396. 1982.
- PRESS, J. Regulation of the biosynthesis and degradation of starch. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 33:431-454. 1982.
- RAO, I.M.; ARULANANTHAM, A.R.; TERRY, N. Leaf phosphate status, photosynthesis, and carbon partitioning in sugar beet. II. Diurnal changes in sugar phosphates, adenylates, and nicotinamide nucleotides. *Plant Physiol.*, 90:820-26. 1989.
- SCHULZE, E.D. Whole-plant responses to drought. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13:127-141, 1986.

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE HIDROMETEOROLÓGICA
INTERANUAL NO CRESCIMENTO DE
PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO**
**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF INTERANNUAL
HYDROMETEOROLOGICAL VARIABILITY ON THE GROWTH OF
EUCALYPT PLANTATIONS**

Almeida, A.C. de¹ e Soares, J.V.²

¹ Aracruz Celulose S.A. - Rodovia Aracruz - Barra do Riacho s/n - Aracruz - ES - CEP 29197-000
e-mail: aca@aracruz.infonet.com

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Av. dos Astronautas, 1758 CEP 12201-970 - São
José dos Campos - SP - e-mail: vianei@itid.inpe.br

RESUMO

Este trabalho objetiva relacionar os dados de incremento corrente anual à variação interanual hidrometeorológica real ocorrida no intervalo entre as medidas de volume de madeira, para as áreas de plantação de eucaliptos da Aracruz Celulose S.A. localizadas no Estado do Espírito. A variação hidrometeorológica interanual foi obtida através de uma adaptação para períodos contínuos do balanço hídrico simplificado de Thornthwaite & Matter (1955). Foram calculados os balanços hídricos históricos (ou médios) para as áreas de estudo. Foram usados dados de inventário florestal do período 1986 a 1995 para os principais clones plantados nas regiões dos municípios de Aracruz e São Mateus, ES, abrangendo 56,5% da área total plantada pela empresa no Estado, para todos os tipos de solos mais importantes, equivalente à 64,3% da área total.

As áreas plantadas apresentam, na média, condições hidrológicas muito favoráveis ao crescimento da plantação de Eucalipto. Na região de Aracruz, chove em média 1.380 mm (29 anos de dados); a evapotranspiração potencial é 1.329 mm, e o déficit hídrico é cerca de 77 mm anuais. Ocorre excedentes hídricos da ordem de 125 mm permitindo manter água disponível no solo e alimentar periodicamente o lençol freático. Em São Mateus (19 anos de dados), a precipitação sobe a 1.427 mm. A evapotranspiração potencial passa a 1.468 mm como resultado de temperaturas médias mensais mais elevadas. Os solos apresentam menores valores da Capacidade de Água Dispo-

nível (CAD) (80 mm contra 100 mm para Aracruz) verifica-se que o déficit hídrico sobe para 105 mm e o excedente cai para 65 mm, com menos recarga do lençol freático. A CAD foi estimada considerando as características físicas dos solos e da profundidade média das raízes dos plantios de eucalipto da empresa.

Na análise de tendência isolando-se as idades, tratando-se os clones em conjunto, foi possível constatar uma tendência consistente de redução no crescimento com o aumento do déficit hídrico para as idades analisadas (3, 4, 5 e 6 anos). Observou-se que aos 6 anos, o déficit de água no solo influencia mais o crescimento das plantações de eucalipto de que aos 5, 4 e 3 anos, nesta ordem, considerando o potencial de crescimento para estas idades. Em termos relativos, para um déficit de água no solo de 600 mm (classe dos valores mais elevados encontrados neste estudo), o Incremento Corrente Anual (ICA), sofre, em média, um decréscimo de 30% aos 3 anos e de 50% aos 6 anos.

A correlação entre ICA e Déficit hídrico no solo mostrou-se melhor que aquela entre ICA e precipitação. É obvio que déficit hídrico e precipitação são correlacionados; quanto maior a precipitação ocorrida num hidroperíodo menor o déficit hídrico correspondente. Entretanto, o déficit hídrico insere o efeito do meio de armazenamento de água, o solo, no seu cálculo. Quando o solo está saturado a precipitação excedente é perdida por deflúvio superficial ou drenagem profunda, não estando portanto disponível para os processos de fotossíntese e de transpiração.

Palavras chave: déficit hídrico, crescimento, balanço hídrico, incremento corrente anual, eucalipto.

ABSTRACT

This paper describes the relationship between rates of *Eucalyptus* plantation growth ($m^3/ha/yr$) and the interannual hydrometeorological variability (integrated water deficit (mm)) observed within two consecutive volume measurements. The hydrometeorological variability here is expressed in terms of the water balance method by Thornthwaite & Matter (1955). Data representing 56,5% of the planted area and covering 64,3% of all soil types were analyzed. Water holding capacity of the soils were also estimated from soil texture and physical properties measurements. Data from the sites of Aracruz and São Mateus, ES were analyzed here.

The hydrological conditions of the plantation areas, were found to be very good for *Eucalyptus* growth. In Aracruz, for which the mean water holding capacity, WHC, is 100 mm, the annual average rainfall is 1.380 mm, the potential evapotranspiration is 1.329 mm, the water deficit is 125 mm and the runoff is 125mm. For São Mateus, (WHC of 80 mm) the rainfall was 1427 mm, the evapotranspiration was 1468 mm, the water deficit rises to 105 mm and runoff falls to 65 mm.

The tendency analysis between volume increase and integrated water deficit was carried out for four development stages separately. It was found that the water deficit produces a reduction in volume increment at all stages, affecting older stages more than younger. For a water deficit of 600 mm (class of the highest), the reduction goes from 30% for stands aged 3 to close to 50% for 6 years-old samples.

We found a better correlation between volume growth and water deficit than the one obtained between precipitation and volume increase, as expected. Although higher precipitation rates imply smaller water deficits, the soil water holding capacity is included in its computation. When the soil is in saturated conditions, precipitation goes to the runoff compartment and will not become

available to the plant growth process.

Key words: water deficit, plant growth, water balance, annual volume increment, *Eucalyptus*.

1. INTRODUÇÃO

Em várias partes do mundo tem surgido controvérsia sobre o efeito ambiental e social dos plantios de eucalipto em larga escala, para utilização industrial. Um ponto chave nesta questão é do ponto de vista hidrológico, com relação ao uso da água pela plantação de eucalipto. Sabe-se que o crescimento das árvores é consequência de vários processos fisiológicos que ocorrem compelidos pelas várias condições ambientais e características genéticas das espécies.

Para discutir o efeito do regime hídrico nos processos fisiológicos em árvores, seria necessário entender como os déficits hídricos atingem um nível suficiente para induzir uma resposta negativa na árvore. O déficit hídrico pode se desenvolver a partir de: a) um decréscimo no potencial hídrico do solo, que estabelece o potencial máximo que a árvore pode alcançar; e b) um aumento na demanda atmosférica e/ou resistência ao fluxo de água do solo para a atmosfera. Portanto, déficit hídrico pode ser formado a partir de um declínio de umidade no solo (resposta longa) e a partir de um esgotamento de água em torno da raiz (resposta curta). No presente trabalho, foi considerado o primeiro caso, onde a profundidade e textura do solo determinam sua capacidade de retenção de água, e a quantidade de entrada de água via precipitação, podem influenciar a frequência, severidade e duração do déficit hídrico.

Em resumo, trata-se, neste trabalho, de avaliar o efeito da variabilidade hidrometeorológica interanual, sintetizada pelo déficit hídrico no solo, sobre o crescimento volumétrico corrente de plantações de eucaliptos.

2. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO

2.1 - Método de Thornthwaite.

O método de Thornthwaite para estimativa de Evapotranspiração Potencial mensal (EP) pode ser descrito como:

$$EP = 16 \left(\frac{l_1}{12} \right) \left(\frac{N}{30} \right) \left(\frac{10T_a}{I} \right)^{a_1} \quad (1)$$

em que:

l_1 é o comprimento médio do dia (h),
 N é o n.º de dias do mês, T_a é a temperatura média mensal do ar (°C) e a_1 é definido como:

$$a_1 = 6.75 \times 10^{-7} P - 7.71 \times 10^{-5} P + 1.79 \times 10^{-2} I + 0.49 \quad (2)$$

onde I é um índice anual de calor, obtidos a partir de:

$$I = \sum_{m=1}^{12} \left(\frac{T_a}{5} \right)^{1.514} \quad (3)$$

As vantagens do método de Thornthwaite advém do fato de que o mesmo é baseado na correlação entre temperatura e radiação e de que requer apenas temperatura média mensal como entrada; a longo termo T e ET são funções similares de radiação líquida (Rn) e são autocorrelacionadas. As desvantagens são inerentes ao método, ou seja, a simplificação assumida de se utilizar temperatura como parâmetro para quantificar a energia disponível para conversão em calor latente. O método pode subestimar ET nos meses de máxima Radiação Líquida, Rn , e para períodos curtos a temperatura média pode não significar uma boa medida da radiação.

2.2. O balanço hídrico de Thornwaite-Matter

Neste estudo faz-se uso do método de Thornwaite-Matter de 1955 para cômputo do balanço de água no solo, haja vista que historicamente apenas dados de temperatura e de precipitação estão disponíveis para as regionais de plantio de eucaliptos da Aracruz Celulose S.A.

Neste método, a capacidade de campo (capacidade máxima de armazenamento de água no solo) e a taxa de utilização de umidade do solo para evapotranspiração dependem da profundidade, do tipo e da estrutura do solo. Existem na natureza consideráveis variações na capacidade de armazenamento d'água pelos solos. Assim, definiu-se a capacidade de água disponível, CAD , do perfil do solo em função da profundidade de exploração das raízes, p_r , e das características físicas do solo: capacidade de campo, θ_{cc} , ponto de murcha θ_{PM} e densidade aparente, d_a . Para cada camada do solo de profundidade z (até o limite para $z = p_r$), θ_{cc} , θ_{PM} são obtidos pela curva de retenção de umidade para os valores de 1/3 atm e 15 atm, nesta ordem, podendo ser expressos em porcentagem em peso, ou volume, da água contida no solo. Para cada camada de solo de profundidade z até o limite da profundidade das raízes, quando os valores de retenção são dados em porcentagem em volume, pode-se assumir a seguinte expressão:

$$CAD = \frac{\theta_{cc} - \theta_{PM}}{100} \cdot z \quad (4)$$

em que CAD é obtido em mm, quando z é também expresso em mm. A CAD total do perfil do solo é a soma das $CADs$ de cada camada até $z = p_r$. Se os valores de retenção forem expressos em porcentagem em peso, os valores obtidos pela equação 13 devem ser multiplicados pela densidade aparente, d_a , em g/cm³.

Quando ocorre um aumento na tensão de água no solo, a evapotranspiração real, ER , sofre declínio. Neste método ER é igual a EP se o armazenamento de água no solo for máximo (igual a CAD) ou se a precipitação no mês for maior que a evapotranspiração potencial, EP . Nos casos em que a água disponível no solo é menor que seu valor máximo e $P-EP$ é negativo, ER é dada pela precipitação do mês somada a alteração no estoque de água no solo. Usa-se a seguinte relação exponencial entre armazenamento d'água no solo, CAD e perda

d'água acumulada:

$$ARM = CAD \cdot e^{\left(\frac{NAC}{CAD} \right)} \quad (5)$$

em que NAC é a perda d'água acumulada, ou Negativo Acumulado, que é a soma dos valores negativos acumulados de P-EP.

Para se computar o balanço, foram desenvolvidas duas versões de código em FORTRAN 77:

1. a primeira realiza os balanços para um período de 1 ano (12 meses) ou mais, com início sempre em Janeiro, considerando os valores médios mensais de temperatura e de precipitação;

2. a segunda versão foi desenvolvida para realizar balanços contínuos ao longo do tempo, de 12 meses ou mais, de maneira que hidropérios completos são computados, ou seja, o que ocorre em termos de saída de água do sistema (ER, alteração no estoque, e excedente, quando for o caso) no mês de janeiro de determinado ano leva em conta o estado do sistema no mês de dezembro anterior.

É importante ressaltar que este método não leva em conta o uso diferenciado de água em função do tipo de vegetação presente. O solo, ao atuar como reservatório de água, regula o processo de evapotranspiração, de forma que, o déficit hídrico (diferença entre EP e ER) relaciona-se melhor aos processos fisiológicos do sistema vegetal presente que a precipitação, que pode escoar para fora do sistema solo-planta por deflúvio superficial ou percolação profunda, quando a água armazenada no solo estiver na sua CAD e a precipitação superar a demanda evaporativa. Para exemplos de balanço hídrico, ver Camargo (1975), Galvão (1966), ICRISAT (1980), Matter (1974). Almeida e Soares (1996), descrevem em detalhes a metodologia de balanço hídrico pelo método de Thortwaite-Matter (1955) e sua adaptação para períodos contínuos.

3. METODOLOGIA

Foram inicialmente computados os ba-

lanços históricos para as regiões de Aracruz e São Mateus, para estabelecimento dos padrões de referência. Foram usados 29 anos de dados para a regional de Aracruz e 21 anos para a regional de São Mateus. Com este procedimento, tem-se a média do que ocorre nestas regionais em termos climáticos, com a consequente estimativa do déficit hídrico médio ou das variações médias dos estoques de água ao longo do ano. Como o que se busca é a relação entre déficit hídrico e crescimento volumétrico, é necessário estabelecer a condição média padrão de déficit hídrico.

Foram computados os balanços hídricos contínuos do período 1986 - 1996 para todas as microregiões de influência dos vários postos meteorológicos das duas regiões capixabas: no total são 9 postos da região de Aracruz e 5 postos da região de São Mateus. Foram considerados os solos mais representativos no cálculo da capacidade de água disponível.

A análise considerou quatro classes de idades separadamente: 2 a 3 anos, 3 a 4 anos, 4 a 5 anos e 5 a 6 anos. A análise foi realizada a partir dos dados de ICA X déficit hídrico acumulado nos doze meses entre duas medidas biométricas para cada parcela amostral associada ao posto meteorológico mais próximo. Por exemplo, a um ICA de abril de 1993 para determinado clone e classe de idade, associou-se o balanço hídrico de abril de 1992 a março de 1993. Para cada parcela é associado o tipo de solo e a CAD correspondente. Os dados de inventário correspondem ao período 1988-1995.

A área ocupada pelos clones aqui analisados representa 59,45% da área total plantada na empresa no ES. Os dados de incremento corrente anual foram obtidos em 484 parcelas permanentes na região de Aracruz (37% do total) e 419 parcelas na região de São Mateus (31% do total).

Nestas mesmas regiões foram considerados os principais tipos de solo na obtenção das CADs que são constituídos basicamente por diferentes tipos de solos Podzólicos Amarelos e Latossolos representando 64,39% da área total de plantio da Aracruz Celulose S.A. no Estado.

A análise da relação entre ICA e déficit

hídrico é feita assumindo-se uma relação linear e negativa (decréscimo de ICA com aumento do déficit hídrico), quantificada pelo cálculo do coeficiente de correlação, r .

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Balanços hídricos históricos para as regiões de Aracruz e São Mateus

A FIGURA 1 apresenta o balanço hídrico histórico para as regiões de Aracruz (esquerda) e São Mateus (direita). Trata-se de um

excelente clima para crescimento de eucalipto.

Verificou-se que choveu em média 1.380 mm em Aracruz; a evapotranspiração potencial é 1.329 mm, e o déficit hídrico foi de cerca de 77 mm anuais, valores muito baixos para provocar declínio no crescimento de plantações de eucalipto. Além disto, os excedentes hídricos da ordem de 125 mm permitem manter água disponível no solo e alimentar periodicamente o lençol freático.

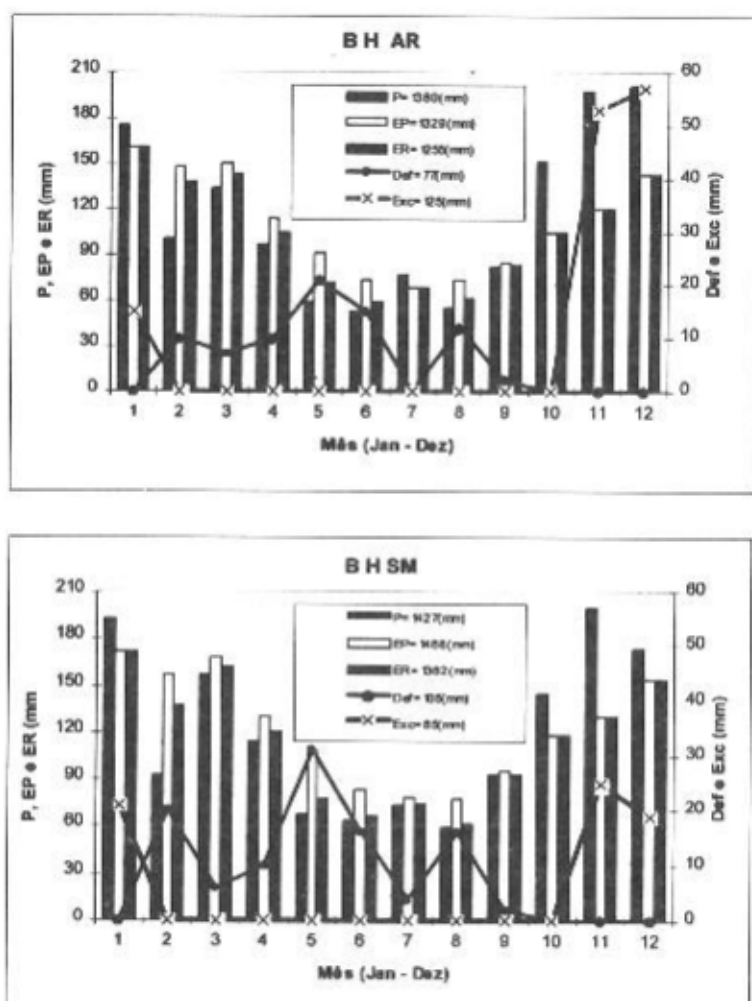


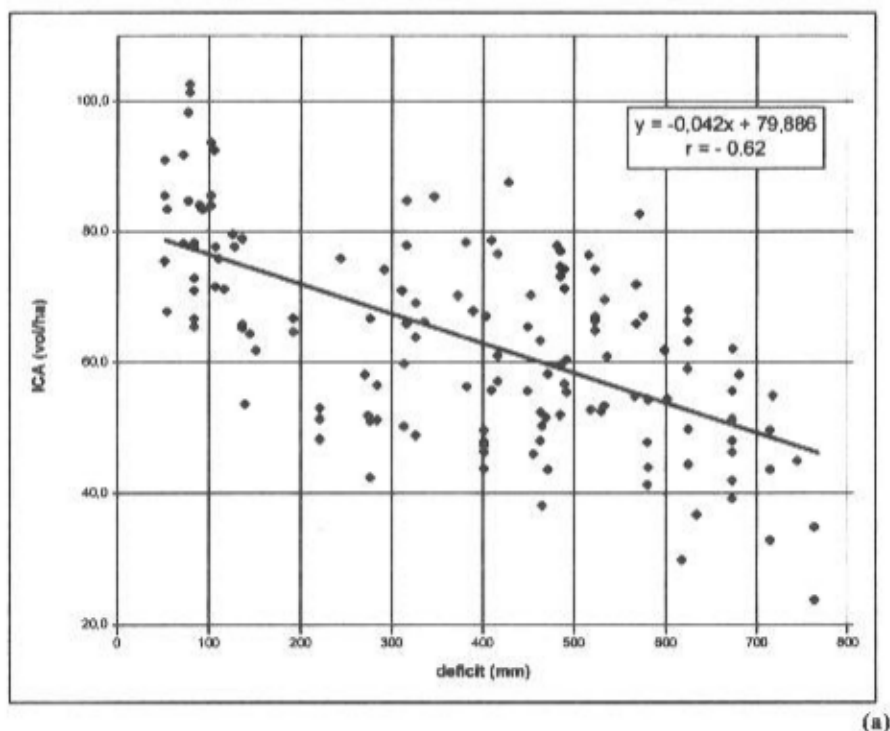
FIGURA 1. Balanço histórico para a Região de Aracruz (esquerda) e São Mateus (direita)

Comparando-se o balanço histórico para a região de São Mateus, ES (21 anos de dados) ao da regional Aracruz, foi verificado que o déficit hídrico sobiu para 105 mm, para uma CAD de 80 mm. Choveu mais, a precipitação média foi de 1.427 mm. A EP passa a 1.468 mm como resultado de temperaturas médias mensais mais elevadas, e o excedente caiu para 65 mm.

Segundo Calder (1992), taxas elevadas de transpiração resultam numa recarga reduzida do aquífero, assim como uma redução também no escoamento superficial. Entretanto, podem ocorrer excedentes em meses nos quais a precipitação ultrapassa a demanda evaporativa com o solo na sua capacidade máxima de retenção de água.

4.2 Relação entre ICA, déficit hídrico e precipitação - fontes de dispersão.

A FIGURA 2 (a e b) apresenta uma comparação para as relações entre ICA x déficit hídrico e ICA x precipitação, para plantios com idade de 3 anos. A correlação entre déficit hídrico e ICA é maior que aquela existente entre precipitação e ICA, o que confirma a teoria, visto que a água usada pelas plantas no processo de transpiração e fotossíntese é aquela armazenada no solo, e não necessariamente a precipitação (entrada de água no sistema), que muitas vezes pode ser escoada por deflúvio lateral ou drenagem profunda, portanto indisponível ao crescimento dos plantios. Os coeficientes de correlação para 3 anos são de 0,62 e 0,54, para ICA X déficit hídrico e ICA X precipitação respectivamente. A dispersão é maior para precipitações superiores a 1.600 mm, como esperado (excedentes não usados nos processos físicos de transpiração/fotossíntese).



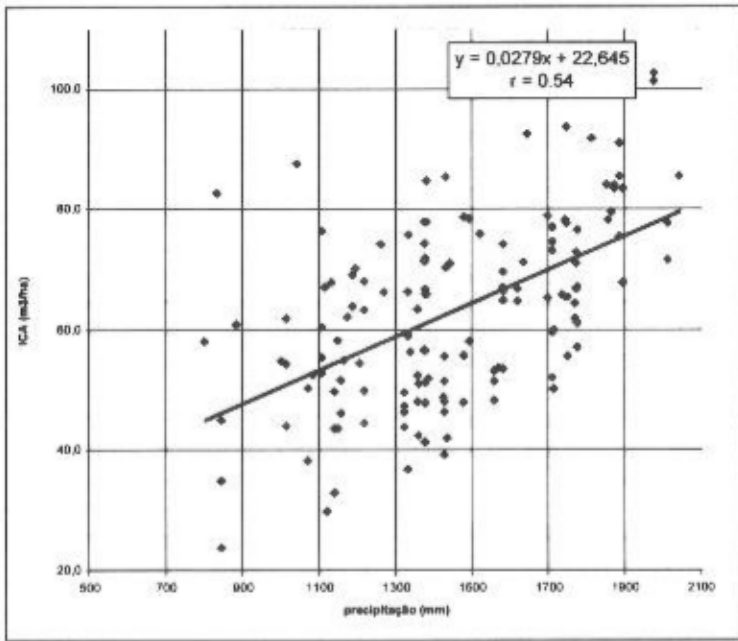


FIGURA 2. Relação entre ICA e déficit hídrico (a) e entre ICA e precipitação (b) de Aracruz e São Mateus, para plantios de eucaliptos com 3 anos de idade.

Embora as curvas de tendência que mostram declínio no crescimento com a elevação do déficit hídrico, sejam consistentes, os valores de coeficiente de correlação refletem uma dispersão elevada dos pontos. As principais fontes de dispersão entendidas como fatores que afetam o crescimento e que não são objetos deste estudo, são descritas na sequência:

- dados de ICA tomados para clones de determinada classe de idade são associados a valores de déficits hídricos obtidos em diferentes anos ao longo do período analisado (1989-1995), portanto submetidos a diferentes condições de desenvolvimento;
- uso de número reduzido de perfis de solo para estabelecimento de suas CADs. Desvios na estimativa de CADs, implicam em fonte de dispersão;
- dados de ICA tomados para todos os clones refletem diferenças inerentes ao material genético;

- diferentes condições a que possam ter sido submetidas as mudas dos diferentes clones/talhões pode influenciar no crescimento;
- algumas áreas são rebrotadas após o corte, enquanto que outras são áreas reformadas (novo plantio).

4.3 Análise de tendência ICA X Déficit hídrico considerando todos os clones por classe de idade

As equações obtidas e os respectivos coeficientes de correlação estão na TABELA 1. Para as classes de idade 3 e 4 anos a declividade é bastante semelhante, variando de - 4,2 m³/ha (de decréscimo de ICA) para cada 100 mm (de incremento) de déficit hídrico para 3 anos a - 4,4 m³/ha/100 mm para 4 anos. Da mesma forma, para as classes de 5 e 6 anos as declividades são equivalentes, de - 5,4 m³/ha/100 mm.

TABELA 1. Análise de tendência linear por idade entre ICA e déficit hídrico para todos os clones em conjunto, com os respectivos coeficientes de correlação.

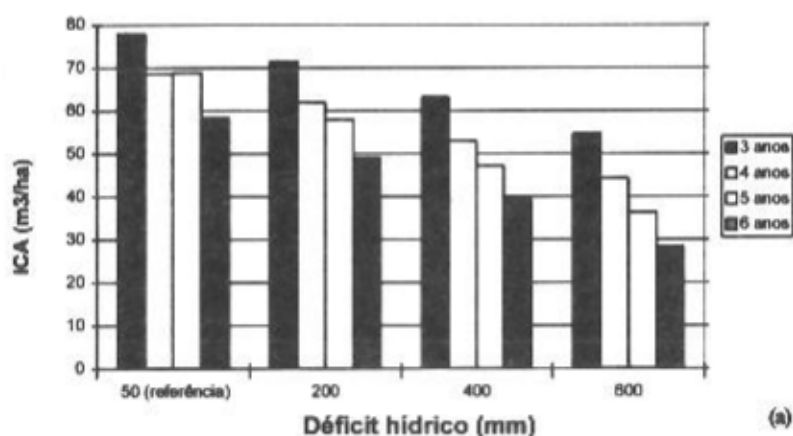
classe de idade	equação ($y = \text{ICA (vol/ha)}$, $x = \text{déficit hídrico (mm)}$)	coeficiente de correlação
3 anos	$y = -0.042x + 79.886$	$r = -0.62$
4 anos	$y = -0.043x + 70.506$	$r = -0.54$
5 anos	$y = -0.054x + 68.712$	$r = -0.57$
6 anos	$y = -0.054x + 60.851$	$r = -0.63$

A FIGURA 3 apresenta valores de declínio na produtividade considerando um déficit de 50 mm como referência padrão e déficits de 200 mm, 400 mm e 600 mm, relacionados às idades de 3 a 6 anos (em termos absolutos, à esquerda, e relativos, à direita). Os desvios relativos mostram que em situações de déficit acentuado (600 mm neste exemplo), pode ocorrer um decréscimo de ICA de 30% em relação a condição ótima (50 mm, referência) para a idade de 3 anos e de até 50% para a idade de 6 anos. Dois fatores são aventados para explicar este resultado:

1. medidas realizadas em Aracruz mostram que o índice de área foliar atinge seu valor máximo aos 3 anos, da ordem de 3.0, caindo aos 6/7 anos para 2.0.

Consequentemente, a partição de radiação e de momentum ocorre de maneira diferenciada, de forma que na idade de 6 anos tem-se mais radiação (da ordem de 50 % a mais) penetrando o dossel, o que implica que a evaporação na superfície do solo passa a ser maior reduzindo o estoque de água.

2. aumento da resistência ao fluxo de água e consequentemente redução de ABA ("Abisinsic Acid", que é formado no solo e levado às folhas com a água) em plantas mais velhas, limitando o controle estomático de transpiração. Assim, o fechamento dos estômatos, em função do déficit hídrico no solo, seria retardado, induzindo alterações no metabolismo, como a limitação não estomática de fotossíntese.



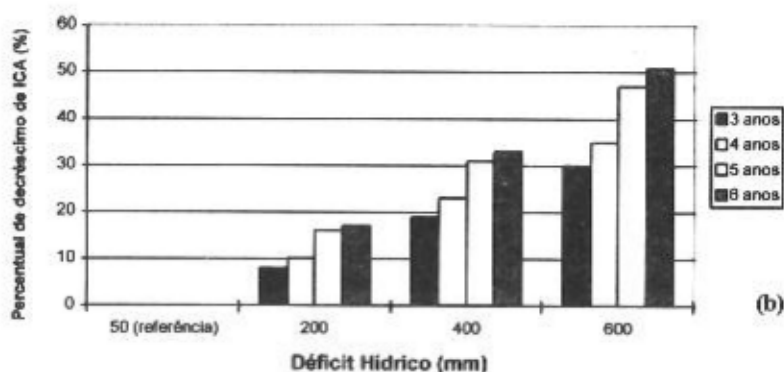


FIGURA 3. Relação de ICA e Déficit Hídrico (a) valores absolutos e (b) valores relativos, para todos os clones analisados para as idades de 3 a 6 anos, para valores de déficit de 50 mm, 200 mm, 400 mm e 600 mm.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Mesmo podendo ocorrer déficits hídricos da ordem de 600 mm por ano, as regiões de Aracruz e São Mateus no ES apresentam condições hidrológicas excelentes para o plantio de eucalipto e outras espécies florestais de crescimento rápido.
- Existe uma tendência consistente de redução no crescimento com o aumento do déficit hídrico para todas as idades (3, 4, 5 e 6 anos). Aos 6 anos, o déficit de água no solo influencia mais o crescimento que aos 5, 4 e 3 anos nesta ordem. Em termos relativos, para um déficit de água no solo de 600 mm, o ICA, sofre, em média, um decréscimo de 30% aos 3 anos e de 50% aos 6 anos, em relação ao potencial de crescimento em condições hidrológicas representadas pela média histórica.
- A correlação entre ICA e déficit hídrico no solo mostrou-se melhor que aquela entre ICA e precipitação pluviométrica. O déficit hídrico insere o efeito do meio de armazenamento de água do solo, no seu cômputo. Para períodos em que a precipitação ultrapassa a capacidade de retenção de água do solo, ocorrem excedentes. Portanto, trabalhar com variáveis de balanço hídrico que levem em conta a quantidade de água no solo (déficit hídrico ou armazenamento) constitui vantagem considerável quando se procura estudar a relação entre água e crescimento de florestas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A.C., J.V. Soares, 1996. Análise da influência da variabilidade hidrometeorológica interanual no crescimento de plantações de eucalipto da Aracruz Celulose S.A. - Relatório final, Revisão 2, Relatório interno da Aracruz Celulose S.A..
- Calder, I.R., 1992. Water use of Eucalypts-a review. In: Calder, I.R., Hall, L.R., P.G. Adlard (Eds). Growth and Water Use of Forest Plantations. John Wiley, West Sussex. 381 pp.
- Camargo, A. Paes de. 1975. Estão plantando um deserto? In: O Eucalipto e a ecologia. Publicação Aracruz Celulose S.A.
- Galvão, M.V., 1966. Atlas Nacional do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE - Conselho Nacional de Geografia.
- ICRISAT - 1980, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Climatic Classification: A consultants' Meeting, 14-16 April, 1980, ICRISAT Center, Patancheru, A.P. 502324, India. 153 p.
- Matter, J.R., 1974. Climatology: fundamentals and applications. New York: McGraw-Hill, 472 p.

Thorntwaite, C.W., J.R. Matter. 1955. The water balance. *Climatology* 8:1-104.

Whitehead, D., P. G. Jarvis. 1981. Coniferous forests and plantations, In: Koslowski, T. T. Ed., *Water deficits and plant growth, Volume VI, Woody Plant Communities*. Academic Press, New York, 582p.

**ANÁLISE ECONÔMICA DE UM PROGRAMA DO PLANTIO DE EUCALIPTO NA
REGIÃO DE WENCESLAU BRAZ, ESTADO DO PARANÁ**
**ECONOMIC ANALYSIS OF AN EUCALIPT PLANTATION PROGRAM IN THE
WENCESLAU BRAZ REGION, PARANA STATE**

Rodigheri, H.R.¹ e Ferreira Pinto, A.²

¹Pesquisador da EMBRAPA - Florestas, C. Postal, 319; CEP 83.411-000, Colombo, PR. Fone (041) 7661313, Fax 766-1276.

²Extensionista da EMATER/PR - PAA, CEP 84.950-000 Wenceslau Braz., Fone (043) 822-1077, Fax (043) 822-1157.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade econômica do programa de expansão da eucaliptocultura na região de Wenceslau Braz, Estado do Paraná. A análise envolveu o cultivo do eucalipto solteiro, eucalipto consorciado com culturas anuais em comparação com a atividade de feijão e milho, que é o principal sistema agrícola da região. Para o eucalipto, considerou-se dois ciclos, ou seja, os períodos de corte aos 7 e 14 anos. A rentabilidade econômica foi medida através da Relação Benefício/Custo (RBC) e do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE). Os resultados mostraram que o custo das mudas e das iscas para o combate das formigas representam 26,9% do custo de implantação da cultura florestal e que o plantio de eucalipto se constitui numa atividade economicamente atrativa aos pequenos produtores. **Palavras-chave:** Sistemas agro-florestais, feijão, milho.

ABSTRACT

This paper reports on the evaluation economic feasibility of an eucalypts plantation program in the Wenceslau Braz region, Parana State, Brazil. The study involved three traits: eucalypt stand, mixed plantation of corn and beans, and a stand mixed with eucalypt, corn and beans. Eucalypts production was based on two rotation (7 and 14 years old). The economic returns were measured through the Benefit/Cost Ratio and Annual Equivalent Value. Results indicated that seedlings and pesticides amounted for 26.9% of the establishment cost and also that eucalypt plantation is an attractive economic option for small landowners in the region.

Key-words: Agroforestry systems, small farming, Brazil.

1. INTRODUÇÃO

A expansão e modernização da agropecuária paranaense, inegavelmente apresentou significativos aumentos da área cultivada e, consequentemente, da produção e produtividade de produtos de origem animal e vegetal. Isto ocasionou uma expressiva diminuição da cobertura florestal e, portanto, tem contribuído para que regiões do Estado não tenham mais condições de atender a demanda de produtos florestais.

Particularmente, essa situação ocorre também na microrregião de Wenceslau Braz, no norte pioneiro do Estado do Paraná, onde, além da pouca cobertura florestal para atender o mercado consumidor de madeira, existem extensões significativas de áreas degradadas e/ou em processo adiantado de degradação. Nessa região, para os próximos anos, prevê-se um panorama crítico na oferta de produtos florestais. Atualmente a demanda regional de madeira está estimada em 414 mil m³/ano, cujo atendimento necessitará reflorestar cerca de 2.000 ha/ano (PINTO, 1995).

Para atender essa necessidade de madeira no curto prazo, o plantio de eucaliptos surge como uma das melhores alternativas (HIGA, 1995). Além da madeira e carvão, o eucalipto pode ser usado para a produção de mel, óleos essenciais, dormentes, celulose e papel, madeira serrada, mourões de cercas, postes, madeira roliça para construções rurais, em plantios para o controle de erosão e quebra-ventos. Nesse contexto, ainda não existem espécies florestais de outros gêneros nativos ou introduzidos que atendam melhor aos objetivos acima citados do que os eucaliptos.

Apesar dos mais de 3 milhões de hectares plantados de eucalipto, no Brasil, estarem concentrados, principalmente, nas regiões sul

e sudeste, existem plantios pulverizados em praticamente todo o território nacional. Particularmente na região de Wenceslau Braz, existem pequenos plantios com mais de 20 anos que os agricultores vêm utilizando a madeira para atender o consumo nas suas propriedades. Visando aumentar a oferta de madeira na região, destaca-se as ações do Projeto Alternativas Agroflorestais - PAA, coordenado e executado pela EMATER e as do Termo de Cooperação Técnica entre a EMATER/PR, Prefeituras Municipais e a Indústria de Papel Arapoti S. A. - INPACEL (PARANÁ, 1995).

Esse programa beneficia os pequenos produtores rurais, com áreas de até 50 hectares. Nos dois últimos anos, já foram implantados 1.020 ha de eucalipto nessas propriedades, correspondendo a 1.700.000 mudas distribuídas.

Nessa parceria, especialmente, a EMATER e a INPACEL têm as seguintes atribuições: a) cadastrar, motivar, prestar assistência técnica aos produtores e, organizar a distribuição das mudas e o combate das formigas (EMATER) e b) fornecer mudas de eucalipto, e fornecidas, sem ônus aos produtores (INPACEL).

O referido programa, além das justificativas apresentadas, vêm de encontro à Portaria do IBAMA n. 441, de 09/08/89, que obriga a reposição florestal na relação de 6 árvores/m³ de madeira consumida.

Dado o panorama apresentado e a necessidade de oferecer alternativas economicamente viáveis aos produtores rurais, este trabalho avaliou a viabilidade econômica do programa de expansão da eucaliptocultura na região de Wenceslau Braz, no Estado do Paraná.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da região

Neste trabalho, a região de Wenceslau Braz, corresponde à área contemplada pelo Programa Alternativas Agroflorestais - PAA da EMATER, situada no norte pioneiro do Estado do Paraná. É formada por 18 municípios, ocupando uma área de 6.605,7 km², com uma população de 173.010 habitantes, representando 3,31% da área e 1,92% da população estadual, respectivamente.

2.2. Os dados

A base de dados utilizada neste trabalho foi obtida através do levantamento realizado junto a proprietários de olarias que plantam eucaliptos, visando o atendimento do consumo próprio e de agricultores que plantam eucaliptos e/ou feijão e milho, culturas essas que formam o principal sistema de uso da terra da maioria dos agricultores da região (EMATER, 1997).

A pesquisa foi realizada no período de janeiro à março de 1997. Através de formulários específicos, foram levantados os coeficientes técnicos sobre o uso de máquinas, insumos, mão-de-obra, preços pagos (insumos, serviços e mão-de-obra) e recebidos (produção), área plantada e produtividade das respectivas culturas. Foram entrevistados 34 produtores, todos assistidos pela EMATER, sendo 15 produtores de feijão e milho usando a tecnologia recomendada pela assistência técnica, 11 de eucalipto e 8 proprietários de olarias que plantam eucalipto.

2.3. Métodos de análise

A relação de preços refere-se à média de preços pagos pelos insumos, serviços, mão-de-obra e recebidos pelos respectivos produtos, no ano de 1996.

Com relação à mão-de-obra, independente da contratação ou não por parte dos agricultores, considerou-se o respectivo custo alternativo ou custo de oportunidade, representado pelo valor médio das diárias pagas na região, no ano de 1996, que foi de R\$ 7,50/dia.homem.

Apesar da remuneração de terra ser um item usual no cálculo de custos de produção, em função de todos os produtores amostrados serem proprietários e não arrendarem terras, esse custo foi desconsiderado para todas as atividades analisadas neste trabalho.

A rentabilidade econômica foi medida através da Relação Benefício/Custo(RBC) ou Índice de lucratividade (IL).

Em função da produção de eucalipto realizar-se aos 7 e 14 anos, utilizou-se um critério alternativo que considera os descontos de valores para esses períodos. O critério é o do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) também chamado de Valor Equivalente Anual, que é igual ao Valor Líquido Presente (VLP)

multiplicado pelo fator de equivalência anual $(i(1+i)^t / (1+i)^t - 1)$.

A RBC e o VAUE foram calculados através das fórmulas:

$$RBC = \Sigma(R_t)(1+i)^t / \Sigma(C_t)(1+i)^t \text{ e}$$

$$VAUE = (VLP) (i(1+i)^t / (1+i)^t - 1,$$

sendo: R: receitas, C custos,

i: taxa de desconto e t: tempo (anos).

Em todos os cálculos, usou-se a taxa de desconto de 6% ao ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Atividade feijão e milho solteiros e consorciados

Na Tabela 1, apresenta-se os custos, a produtividade e a renda das culturas de feijão e milho cultivados solteiros e nas entrelinhas no primeiro ano de plantio do eucalipto. Em função do produtores amostrados usarem a tecnologia recomendada, a produtividade do feijão e do milho solteiros (Tabela 1) supera a produtividade média paranaenses dessas culturas em 49,5% e 46,8%, respectivamente.

Dos produtores pesquisados, 30% cultivam o feijão e o milho nas entrelinhas, no primeiro ano de plantio do eucalipto. O plantio do feijão e do milho é feito manualmente, enquanto que, nas respectivas lavouras solteiras, essa prática é mecanizada. Em função das menores densidades de plantas de feijão e milho, foram usados apenas 60% dos insumos (sementes e defensivos) e mão-de-obra e, portanto, as produtividades das culturas quando consorciadas com o eucalipto são menores que as produtividades dos cultivos solteiros.

Mesmo plantados consorciados com o eucalipto, o feijão e o milho proporcionaram rendas líquidas positivas, contribuindo, assim, para reduzir os custos da implantação da cultura florestal, produção simultânea de alimentos e aumento da renda dos produtores (Tabela 1).

3.2. O cultivo do eucalipto

A área ocupada com eucalipto variou de 0,3 ha a 10,4 ha, com uma média de 4,1 ha/ produtor. Na região, existem proprietários de olarias que, para o atendimento do consumo próprio, necessitam manter áreas médias de

TABELA 1. Custos, produtividade e renda do feijão e milho em cultivos solteiros e consorciados.

(Valores em R\$/ha)

Variáveis	Cultivos solteiro		Cultivos consorciados c/ eucalipto	
	Feijão	Milho	Feijão	Milho
1. Preparo do solo	150,00	125,00	---	---
2. Insumos	321,80	277,04	139,80	100,00
3. Mão-de-obra	112,50	105,00	67,50	63,00
4. Custo total (1+2+3)	584,30	507,04	207,30	163,00
5. Produtividade	1.335	4.770	485	1.723
6. Valor da produção	627,45	527,40	227,95	206,76
7. Renda líquida	43,15	65,36	20,65	43,76

* O feijão e o milho se beneficiam do preparo do solo para o plantio do eucalipto.

25 ha com eucalipto.

Mesmo considerando-se que o eucalipto possa produzir por vários ciclos, na amostra estudada identificou-se produtores que estão no segundo ciclo, ou seja, no segundo corte que corresponde aos 14 anos e, portanto, esse passou a ser o horizonte analisado neste trabalho.

Cerca de 70% dos eucaliptocultores cultivam a espécie solteira e reservam as melhores áreas para o plantio das culturas anuais, plantando a floresta em áreas menos nobres.

Na pesquisa de campo, também foi constatado que: a) a eucaliptocultura, exceto para os proprietários de olarias, ainda é uma atividade complementar na propriedade; b) o calendário comparativo de plantio, tratos culturais e colheita é mais elástico na atividade florestal do que nas culturas anuais e c) em plantios de eucalipto, mesmo em áreas declivosas, ocorre menor grau de erosão que nas áreas com culturas anuais.

Idade de corte - Cerca de 78% dos produtores, cortam os eucaliptos aos sete anos. Essa operação é feita com motosserras, onde dois homens, em média, cortam e empilham 30m³ de madeira/dia. Entretanto, alguns produtores cortam o eucalipto com quatro, cinco e seis anos de idade, enquanto outros, realizam desbastes mantendo as melhores árvores por 15 a 20 ou mais anos para, então, comercializá-las ou utilizá-las como madeira serrada.

Custos - O maior custo da eucaliptocultura ocorre no primeiro ano, por ocasião da sua implantação e manutenção (Tabela 2).

O custo de implantação obtido foi 22% menor que o custo médio do primeiro ano apresentado pelas empresas reflorestadoras da região. Um dos itens de maior contribuição para o maior custo das empresas é a mão-de-obra, cujo custo resulta dos salários mais os respectivos encargos, enquanto que, a nível de produtor, considerou-se apenas seu custo alternativo, ou seja, o valor médio da diária paga na região (R\$ 7,50 homem/dia).

Produtividade - Na Tabela 2, são apresentadas as produtividades do eucalipto de 225m³ e 215m³ aos 7 e 14 anos, respectivamente. Vale ressaltar que a produtividade do eucalipto, aos 7 anos, foi 8,9% inferior à produtividade média das reflorestadoras da região. Possivelmente a justificativa para isso baseia-se no fato das empresas, com técnicos mais especializados, realizarem as operações de forma mais homogênea e eficiente resultando, assim, em maiores ganhos de produção.

Alerta-se que, na Tabela 2, constam apenas os anos um, dois, sete, oito e quatorze, quando ocorrem as operações de cultivo da espécie florestal.

É importante lembrar que plantios de eucaliptos conduzidos em terras boas, em média, apresentam produtividade de 40 m³/ha.ano, resultando no rendimento de 280 m³/ha, aos 7 anos.

TABELA 2. Custos, produtividade e renda do eucalipto, com cortes aos 7 e 14 anos.

Variáveis	Ano 1	Ano 2	Ano 7	Ano 8	Ano 14
1. Mecanização (R\$/ha)	125,00	—	—	—	—
2. Insumos (R\$/ha) ¹	212,96	—	22,00	32,40 ²	—
3. Mão-de-obra (R\$/ha)	82,50	15,00	142,50	30,00	120,00
4. Custo total (R\$/ha)	420,46	15,00	164,50	62,40	120,00
5. Produtividade (m ³ /ha)	—	—	225,00	—	215,00
6. Valor da produção (R\$/ha)	—	—	1.350,00	—	1.290,00

¹ Incluídos os custos das mudas (R\$ 99,96) e do formicida (R\$ 13,00), doados aos produtores.

² Com o custo do formicida (R\$ 10,40).

3.3. Rentabilidade econômica

Analisando-se os custos e as receitas (Tabelas 1 e 2), constata-se que tanto o cultivo do feijão e milho como do eucalipto apresentam rendas líquidas positivas aos produtores.

Na Tabela 3, observa-se que a RBC do sistema feijão e milho é de apenas 1,10, enquanto que, para o eucalipto solteiro, alcançou 1,73, ou seja, 63% maior que as duas culturas anuais juntas. Em geral, a RBC evidencia o menor desembolso monetário do cultivo do eucalipto, puro ou consorciado. O VAUE mostra a superioridade do eucalipto consorciado sobre o solteiro. Analisando-se a receita líquida anual do milho e feijão (R\$108,51), verificou-se que esse valor superou o do eucalipto solteiro em apenas 15% (Tabela 3). No entanto, essa opção se torna desvantajosa quando se considera o eucalipto solteiro ou consorciado, em que os produtores recebem, gratuitamente, as mudas e o formicida, como é o caso dos produtores do norte paranaense. Esse aspecto atesta que o

subsídio às mudas e formicidas constitui-se em fator importante na expansão da eucaliptocultura e aumento de renda dos produtores.

Quando o ciclo de planejamento passa de 7 para 14 anos, o eucalipto solteiro ou consorciado continua apresentando maiores RBC que o cultivo feijão e milho (Tabela 3).

Embora não analisado neste trabalho, vale ressaltar que o plantio de culturas anuais também pode ser realizado no segundo ano de cultivo e na segunda rotação do eucalipto, contribuindo assim para o aumento da produção de alimentos.

No caso dos produtores da região estudada, que recebem as mudas (equivalente a R\$ 99,96/ha) e os formicidas (R\$ 13,00/ha) e que esse valor de R\$ 112,96 representa 26,9% do custo de implantação do eucalipto (Tabela 2), denota-se a importância dessa contribuição à política de expansão florestal bem como no aumento de renda dos produtores contemplados nesse programa.

TABELA 3. Indicadores do eucalipto aos 7 anos e aos 14 anos feijão + milho.

Variáveis	Relação Benefício/custo		Valor Equivalente Anual	
	7 anos	14 anos	7 anos	14 anos
Feijão + milho	1,10	1,10	108,51 *	108,51 *
Eucalipto c/ feijão + milho	1,53	1,95	107,40	117,15
Eucalipto solteiro	1,73	2,40	94,32	109,87
Eucalipto solteiro - (mudas e iscas)	2,16	2,68	117,26	123,42
Eucalipto consorciado - (mudas e iscas)	1,72	2,49	130,33	130,70

* Renda líquida anual.

4. CONCLUSÕES

Tanto a eucaliptocultura como o plantio de feijão e milho são alternativas economicamente viáveis para os agricultores da região de Wenceslau Braz, PR.

Os sistemas agroflorestais, além da racionalização do uso do solo e da mão-de-obra, diminuem os riscos técnicos de produção e aumentam a renda da propriedade.

As mudas e os formicidas representam 26,9% do custo de implantação do eucalipto.

O programa de assistência técnica da EMATER e de doação de mudas e formicidas pela INPACEL, reduz os custos, viabiliza a expansão do cultivo do eucalipto e aumenta a renda dos produtores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMATER (Curitiba, PR). **Projeto alternativas agroflorestais; pré-diagnóstico florestal de Wenceslau Braz**, 1990. 81p.

EMATER (Curitiba, PR). **Projeto alternativas agroflorestais; plano de desenvolvimento florestal e agroflorestal para a microrregião de Wenceslau Braz**, 1997. 211p.(não publicado).

HIGA, A. R. Eucalipto: Sua evolução e contribuição no Brasil. *Silvicultura*, São Paulo, v. 16, n. 63, p. 39-44, 1995.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Projeto de fomento florestal regional na área de influência de INPACEL: Plano de trabalho para 1995**. Curitiba, 1995. 9p.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Estimativa de custos de produção de produtos selecionados no PR, em R\$. Mar/1996**. Curitiba, 1996. 2p.

PINTO, A. F. **Plano regional de desenvolvimento agroflorestal**. Wenceslau Braz: EMATER/PR, 1996. 211p. Não publicado. Projeto Alternativas Agroflorestais - PAA.

ATMOSPHERIC INPUTS COMPARED WITH NUTRIENTS REMOVED BY HARVESTING FROM *Eucalyptus* PLANTATION. IMPLICATIONS FOR SUSTAINABILITY

Poggiani, F.¹ and Schumacher, M.V.²

¹ Depto. de Ciências Florestais ESALQ/USP Piracicaba (SP) - C.P. 09 - CEP 13400-970 - FAX (019) 433-608 - E-mail: fpoggian@carpa.ciagri.usp.br

² Depto. De Ciências Florestais UFSM Santa Maria (RS) - CEP 97119-700 - FAX (055) 226-2116 - E-mail: schuma@creta.ccr.ufsm.br

SUMMARY

In the State of São Paulo and, generally in Brazil, forest plantations are located on very poor soils and, when harvested, several questions must be answered, mainly related to nutrient cycling sustainability. With this purpose, several stands of different species of *Eucalyptus*: *E. camaldulensis* (9-yr-old), *E. grandis* (9 and 2.5 yr-old), *E. torrelliana* (11 yr-old) and *E. saligna* (11 yr-old), were studied, comparing annual nutrient atmospheric inputs with nutrients annually accumulated in the compartments of trees biomass: crown, trunk, and wood. The biomass annually produced by stands of *E. grandis* (9 yr-old) was higher than the produced by the other species with similar age. *E. grandis* was also more efficient in nutrient utilization, mainly for phosphorus. However, young trees of this species (2.5 yr-old) accumulated more nutrients in the leaves and branches than mature trees, and the whole tree utilisation for pulp and energy in shorter rotation could significantly reduce the capacity of many infertile soils to replace nutrient removed during harvesting. In many cases, depending on site, stand age and *Eucalyptus* species, annual atmospheric input would be sufficient to supply annual nutrients accumulation only in the stemwood. However, to maintain site sustainability it is suggested that silvicultural rotation should be longer than they usually are at the present (5-7 years) and only stemwood should be harvested from the stand, conserving the nutrients and increasing the organic matter in the soil.

Key word: *Eucalyptus*, atmospheric inputs, nutrient use efficiency, harvesting, sustainability.

RESUMO

Comparação entre a entrada de nutrientes via atmosfera e sua exportação em plantações de eucaliptos. Implicações para a sustentabilidade. - No Estado de São Paulo e no Brasil, de maneira geral, as plantações florestais se localizam sobre solos de baixa fertilidade e sua exploração, devido à exportação de nutrientes, gera diversas controvérsias principalmente relacionadas com o ciclo dos nutrientes e a sustentabilidade. Com esta finalidade, diversos talhões florestais de espécies diferentes de eucaliptos: *E. camaldulensis* (9 anos), *E. grandis* (9 e 2,5 anos), *E. torrelliana* (11 anos), e *E. saligna* (11 anos), foram estudados, comparando-se a entrada anual de nutrientes via atmosfera com os nutrientes anualmente acumulados nos compartimentos da biomassa arbórea: copa, tronco e apenas o lenho do tronco. A biomassa produzida anualmente pelo talhão de *E. grandis* (11 anos) foi maior do que a produzida pelas outras espécies com idade semelhante. *E. grandis* evidenciou-se mais eficiente na utilização dos nutrientes e principalmente do fósforo. Entretanto, as árvores mais jovens desta espécie, com 2,5 anos de idade, acumularam proporcionalmente uma maior quantidade de nutrientes nas copas do que as árvores maduras e, neste sentido, a exploração total das árvores para celulose e energia em rotações muito curtas reduziria significativamente a capacidade do solo de repor os nutrientes exportados através da exploração da biomassa com conseqüente prejuízo da produtividade futura do sítio. Entretanto, pode-se concluir que, dependendo do local, da idade do talhão e da espécie, a entrada anual de nutrientes através da

precipitação atmosférica poderia ser suficiente para suprir os nutrientes anualmente acumulados apenas no lenho do tronco das árvores. Para manter a sustentabilidade nutricional do sítio, sugere-se que a rotação silvicultural seja mais longa do que o é usualmente (5-7 anos) e que apenas o lenho do tronco seja exportado do talhão, permanecendo as folhas, os ramos e a casca sobre o solo, conservando assim os nutrientes e aumentando a quantidade de matéria orgânica.

Palavras-chave: *Eucalyptus*, nutrientes, entradas atmosféricas, eficiência nutricional, exportação, sustentabilidade.

INTRODUCTION

The States of São Paulo and Mato Grosso do Sul are located in the Southeast and central regions of Brazil and are crossed by the Tropic of Capricorn, including subtropical areas, which one hundred years ago, were covered in 80% by tropical forest along the coast and by semi-evergreen subtropical forest in the central part, including also some areas of Savannah (Campos cerrados).

At the present, only 5% of the land is covered by forest and are located mainly along Serra do Mar and considered areas of permanent preservation by governmental laws. Almost the total area of the State is occupied by annual crops, sugar cane plantation, and pastures. Besides this transformation, the State of São Paulo has become the most industrialised state of Brazil. In 1995, just to supply the manufacture of pulp and paper, 42 million m³ of wood were utilized, coming from *Eucalyptus* and *Pinus* plantations. Just in São Paulo, man-made forest with *Eucalyptus* and *Pinus* species amount to respectively 291,210 hectares (ANFPC, 1995), while natural forests cover approximately 2 million hectares, including almost all the areas of permanent preservation of the State. The wood shortage for industries, the distance of natural forest potential producers of wood material for industry, and the strong heterogeneity of the tropical trees, clearly show the increasing importance of man-made forests. Considering, however, that forest plantations are generally located on very poor soils, several questions must be answered, mainly related to nutrient cycling.

The most notable interruption in the nutrient cycle of managed forests results from routine harvest. (Farrel *et al.*, 1986). This paper presents several data showing atmospheric inputs and nutrient accumulation in the biomass of different species of *Eucalyptus* plantations, located at several places of the States of São Paulo and Mato Grosso do Sul, and discuss the implications of long-term management practices and harvesting on nutrient conservation and forest sites productivity. Also discuss the role of nutrient retranslocation among the different compartments of the trees that varies with species, ages and growing conditions.

METHOD

The amounts of nutrients, coming from the atmosphere and estimated through precipitation, were compared with nutrients accumulated annually in the biomass of *Eucalyptus* plantations, supposing those nutrients will be exported by harvesting at the end of forest rotation. Considering that forest plantations occupy in general heavily weathered infertile soils, the rate of nutrients released as a result of weathering is calculated insignificant. Soil nutrient reservoir is also very low to attend tree requirement of fast growing forest of *Eucalyptus*, and often more than 50% of nutrients cycling among the compartments of the system "tree biomass-soil" are retained in the stand biomass (Poggiani, 1985a).

The atmospheric inputs, showed in Table 1, were drawn from research-papers of that analysed rain-water collected during many years in several sites of the central part of the State of São Paulo (Verdade and Kupper, 1955; Lima, 1985; Coutinho, 1979).

Nutrients accumulated in the tree biomass of 5 forest stands of *Eucalyptus*, located at different places were estimated at different times by Poggiani (1983 and 1985b), and Schumacher and Poggiani (1993). In order to determine tree biomass, 15 - 20 trees of *Eucalyptus* stands were selected from the five DBH classes, felled and limbed. Each component of the trees (leaves, branches, bark and wood) was separated and weighed in the field.

To choose the best model to estimate the

dry biomass components of the trees, a step-wise procedure was performed using as independent variables DBH and total height, and their transformed values. Samples of leaves and small sections of the branches, collected from the median part of the stem, were weighed and sealed in polyethylene bags for laboratory analysis. Moisture contents of the different components was then determined and the dry weight of tree calculated. Weighed values for moisture content in the samples were used to convert green components weight to oven dry weight. After oven-drying, leaves, branches, and stem samples (wood and bark separately) were ground in a Willey mill and passed through a 20 mesh sieve to determine nutrient concentration, according to Sarruge and Haag (1974).

In this paper, nutrient contents in the following five stands of *Eucalyptus* are compared: 1 - *E. camaldulensis*, 2 - *E. grandis*, 3 - *E. torelliana*, respectively 9, 9 and 11 years old, growing at Anhembi Forest Science Experimental Station of ESALQ/USP (Lat. 22° 43' S and long. 48° 10' W, alt. 500 m) on Red Yellow Podzolic soil with low fertility and sandy medium texture. 4 - *E. saligna*, 11 years old growing in Piracicaba (Lat. 22° 42' S and long. 47° 38' W and alt. 540 m) on a Podzolic soil with low/medium fertility. 5 - *E. grandis*, 2.5 years old, growing at Três Lagoas - Mato Grosso do Sul (Lat 20° 47' S and long. 51° 39' W) on a sandy Red Brown Latosol with low fertility). The climate of all the regions belongs to Cwa (Köppen classification), with annual rainfall around 1200 - 1300 mm, mean temperature 21-23 °C, hot and rainy summer and moderate and dry winters.

Nutrient use efficiency was also calculated, mainly for stemwood, considering the amount of harvestable biomass produced per unit of nutrient accumulated.

RESULTS AND DISCUSSION

Empirical studies, about the impact of more traditional forest management regimes suggest that the whole-tree harvesting (e.g., removal of stem, branches, and foliage) increases the rate of loss of nutrients by several-fold relative to a conventional harvest (e.g., stem or wood only) in which, usually,

just a small fraction of the total nutrients of the ecosystem is removed. (Crane and Raison 1980; Rezende, 1983; Poggiani, 1983).

Table 1 shows the biomass annually produced and the amounts of nutrients accumulated in total tree, trunk and only stemwood in stands of different species of *Eucalyptus*. Because nutrient requirement and within-tree allocation patterns differ among species, it should not be surprising that the impact of timber harvesting on nutrient removal is species dependent (Son and Gower, 1992). Taking in account the whole tree utilisation, it is possible to verify that the biomass annually produced by stands of *E. grandis* is higher than the biomass produced by the other species with similar age. However, the harvesting of *E. grandis* will cause an higher nutrient exportation from the site with strong implications for the future site productivity.

Comparing the amounts of nutrients annually accumulated in the whole tree of *Eucalyptus* (9-11 years old, growing at Anhembi and Piracicaba) with the nutrients accumulated in the trunk, it is possible to verify that 15-40% are located in the crowns (leaves + branches), 65-80% in the trunk (wood + bark). However, the stock of nutrients only in the wood are lower than 40% of the amount of nutrients accumulated in the whole tree biomass, except for nitrogen. Leaves present the higher nitrogen concentration. Poggiani (1985) found: 1.23% of nitrogen concentration in the leaves, 0.26% in the bark and just 0.071% in the wood of *E. saligna* growing at Piracicaba. Seems to be, meanwhile, that *Eucalyptus* species accumulate in general heavy amounts of calcium, mainly in the bark. Schumacher and Poggiani (1993), and Vital (1996), found the following concentration: 3.34, 1.87, 1.46, and 2.78% respectively in the barks of *E. saligna*, *E. camaldulensis*, *E. grandis* and *E. torelliana*. Thus, nutrient accumulation in forest plantation biomass, growing in similar soil and climatic conditions, depend on the tree species. Different species accumulates different quantities of nutrients. Also, Rezende *et al.* (1983) found that, apart from nitrogen, *E. saligna* stands contained more nutrients in the biomass than *E. grandis*.

Leaves and branches contributed 20% or less than total biomass, but contained 50-60% of the nutrients.

A major way of nutrient loss from forest ecosystems is through removal of the harvest crop. Estimates of losses have been monitored for many years, specially by European foresters, and they are known for several species and sites (Pritchett, 1979). A forest stand annually absorbs almost as much nutrients from an hectare of soil as some agricultural crops. However, less than one third of the absorbed nutrients are immobilised in commercial stemwood, while the remainder returns to the soil reserve as foliage, branches fruits, and roots.

At the present, several companies in Brazil, who practice a good forest management, peel the bark in the field, leaving the nutrients in the site. The comparison between annual atmospheric input and mineral nutrients accumulation in tree biomass, showed in Table 1, it makes evident that nutrients coming from rain-fall are not enough to balance the annual accumulation, if whole tree is considered, but in many cases they are sufficient to supply the growth of stemwood biomass, that will be exported by harvesting. Nitrogen is an exception, because its high concentration in tissues. However, this nutrient is incorporated in the ecosystem by other way like asymbiotic and symbiotic fixation. Nitrogen fixation rates can reach around 20 Kg/ha/year in tropical forest (Boring *et al.*, 1988). In this sense, the conservation of organic matter in the soil is a very recommendable practice in man-made forest management, because increases the asymbiotic N fixation.

Comparing also the biomass annually built in the whole *Eucalyptus* stands at Anhembi and Piracicaba, crowns represent only 10% of the total, nevertheless in *E. grandis*, 2.5 years old, growing at Três Lagoas, the crowns biomass attains 35% of the total trees, including 81% of N, 63% of P, 58% of K, 86% of Ca, and 73% of Mg. This means that a young tree accumulates more nutrients in the leaves and branches than a mature tree, and the whole utilisation of tree for pulp and energy in shorter rotation could significantly reduce the capacity of many infertile soils to

replace nutrient removed during harvest.

Trees can meet their annual nutrient demands by removing nutrients from aging or senescing tissues to new growing parts of the tree (Cowling and Merrill, 1966). This process is dynamic and varies with age and growing conditions and a particular nutrient (Landsberg and Gower, 1997). On a stand basis, retranslocation of nutrient, especially nitrogen and phosphorus, supplies a significant portion of the annual nutrient requirement. Turner and Lambert (1986) estimated that 50-60% of the annual phosphorus requirement of *Pinus radiata* plantations were met by retranslocations.

A comparison between species and between tissue types within species indicated that nutrient use efficiency for N, P, K, Ca and Mg varied widely among species (ranging up to 10-fold differences) and tissues (up to 15-fold). For the more of the studied nutrients, stemwood and large branches are the most nutrient-efficient tissue, followed by small branches, bark and then leaves (Wang *et al.*, 1991).

Table 2 shows the nutrient use efficiency of the different species of *Eucalyptus*, only considering the built of woodbiomass in the trees of the stands, that will be harvested. To become comparable the results, all the data are presented as weight of biomass (Kg) annually accumulated per weight (g) of nutrient utilised.

E. saligna, 11 years old, is the most efficient for nitrogen, potassium and magnesium. However, *E. grandis* growing at Anhembi is the most efficient for phosphorus utilisation, building 25.60 kilograms of woodbiomass per gram of phosphorus invested. In general, it is possible to verify that *Eucalyptus* species are very efficient in phosphorus utilization. According to Attiwill (1980), the large adaptation of *Eucalyptus* species in Australia, may be attributed to their capacity to survive in infertile soils with very low content of phosphorus. Rezende *et al.* (1983) also found that nutrient utilisation efficiency in *E. grandis* stands was greater in higher density, however the whole tree harvesting would remove a greater proportion of nutrients from the site at higher density.

Comparing the nutrient use efficiency of

TABLE 1. Comparison between annual atmospheric input and mineral nutrients accumulation in tree biomass of different species of *Eucalyptus* planted in several sites of the State of São Paulo and Mato Grosso do Sul. (Kg/ha/year).

Annual Inputs		N 6.5 - 7.3	P 0.9	K 2.6 - 9.8	Ca 5.6 - 16.0	Mg 0.9 - 5.2
Biomass and nutrients annually accumulated in the:						
1.1 <i>E. camaldulensis</i> stand at Anhembi (9 years old, spacing 3 x 3 m)						
	Biomass	N	P	K	Ca	Mg
Total tree	14,000	29.4	1.2	20.3	33.3	4.7
Trunk	12,500	21.3	0.8	13.1	28.3	3.1
Stem-wood	11,340	17.6	0.5	6.4	6.2	1.6
1.2. <i>E. grandis</i> stand at Anhembi (9 year old, spacing 3 x 3 m)						
	Biomass	N	P	K	Ca	Mg
Total tree	30,300	80.3	2.9	41.2	53.9	12.7
Trunk	27,700	63.6	1.9	29.4	42.8	9.4
Stem-wood	25,600	26.9	1.0	14.3	11.3	2.6
1.3. <i>E. grandis</i> stand at Três Lagoas (2.5 years old, spacing 3 x 1.5 m)						
	Biomass	N	P	K	Ca	Mg
Total tree	11,600	56.1	4.3	17.8	64.4	12.4
Trunk	7,500	10.9	1.6	7.5	9.6	3.4
Stem-wood	6,500	7.5	0.6	3.2	3.5	1.3
1.4 <i>E. torelliana</i> stand at Anhembi (11 years old, spacing 3 x 2 m)						
	Biomass	N	P	K	Ca	Mg
Total tree	15,500	30.2	2.0	29.7	48.0	7.4
Trunk	13,900	21.2	1.7	28.4	41.3	5.8
Stem-wood	12,900	17.2	1.5	11.7	12.9	2.5
1.5 <i>E. saligna</i> stand at Piracicaba (11 years old, spacing 3 x 2 m)						
	Biomass	N	P	K	Ca	Mg
Total tree	16,900	19.9	5.5	17.3	86.7	7.4
Trunk	15,270	12.5	3.8	11.0	50.1	4.2
Stem-wood	14,400	10.2	1.1	6.6	9.4	1.4

TABLE 2. Nutrient use efficiency of different species of *Eucalyptus* planted in several sites of the State of São Paulo. Referring to rates of stem-wood biomass accumulation per unit nutrient invested. (Kg of biomass accumulated / g of nutrient).

Eucalyptus Species	N	P	K	Ca	Mg
2.1. <i>E. Camaldulensis</i> , 9 years - Anhembi	0.64	22.60	1.76	1.80	7.00
2.2. <i>E. Grandis</i> , 9 years - Anhembi	0.95	25.60	1.79	2.26	9.80
2.3. <i>E. Grandis</i> , 2.5 years - Três Lagoas	0.87	10.80	2.00	1.80	5.00
2.4. <i>E. torelliana</i> , 11 years - Anhembi	0.75	8.60	1.10	1.00	5.16
2.5. <i>E. saligna</i> , 11 years - Piracicaba	1.40	13.00	2.20	1.50	10.30

E. grandis stand, 11 years old, growing at Anhembi, with *E. grandis* stand, 2.5 years old, growing at Três Lagoas, it is possible to conclude that the older stand is more efficient mainly for P. Also, according to Bangali (1995), the nutrient use efficiency increases with increasing plantation age and Crane and Raison (1980) concluded that shortening rotations increases the amount of P removed per unit of wood harvested in *E. delegatensis*. A similar result was found by Poggiani *et al.* (1983) in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis*. According to Silva *et al.* (1983), *E. grandis* was the most efficient in phosphorus utilization among five species of *Eucalyptus* growing on a very infertile sandy soil in the central part of the State of São Paulo.

Baker and Attiwill (1985) found in *Pinus radiata*, the annual gross demand for N and P averaged 6.1 and 0.61 g/m², and in *Eucalyptus obliqua* 4.9 and 0.28 g/m² respectively. They stand out that in *P. radiata* 34% of the demand for P came from soil reserves, but in *E. obliqua* only 10% of the demand for P came from soil reserves. The annual gross demand for P found by those researchers is very similar to the gross demand observed in *E. grandis* stand, 11 years old, at Anhembi.

Finally, it is possible to conclude that more nutrients are removed when, at the end of rotation, the older *Eucalyptus* plantations are harvested due to the greater amount of biomass harvested. Meanwhile, older stands are more efficient in nutrients utilization than younger stands, mainly for phosphorus. Moreover, the longer rotation of the older forests provide more opportunity for nutrients to be replaced by natural inputs. So, the impact of nutrient removal is site specific, also depending on annual nutrients inputs coming from atmospheric deposition. Just considering stemwood harvest, this study shows that nutrients inputs coming from precipitation may be enough, in many cases, to replace nutrients accumulated in stemwood biomass that will be harvested (Table 2). In this sense, the silvicultural rotation should be similar to ecological rotation or a tree rotation which, at last, should permit the return of the site to the nutritional conditions that existed prior to forest plantation.

To warrant the site nutrient sustenance, silvicultural rotation for *Eucalyptus* plantation in Brazil should be longer than they are at the present (5-7 years), and only the stemwood should be harvested, leaving leaves, branches and bark in the field as source of nutrients and organic matter to the soil.

REFERENCES

- ANFPC - Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose. (1995). *Relatório estatístico*. São Paulo: ANFPC.
- ATTIWILL, P. M. (1980). Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* (L'Herit) forest [in Victoria]. 4- Nutrient uptake and nutrient return. *Australian Journal of Botany*, v.28, n.2, p.199-222.
- BAKER, T. G.; ATTIWILL, P. M. (1985). Above-ground nutrient distribution and cycling in *Pinus radiata* L. Don and *Eucalyptus obliqua* L'Herit forest in southeastern Australia. *Forest Ecology and Management*, v.13, n.1/2, p.41-52.
- BANGALI, S. S. (1995). Efficiency of nutrient utilization in an age series of *Eucalyptus tereticornis* plantations in the Tarai belt of Central Himalaya. *Journal of Tropical Forest Science*, v.7, n.3, p.383-390.
- BORING, I. R.; SWANK, W. T.; WAIDE, J. B.; HENDERSON, G. S. (1988). Sources, fates, and impacts of nitrogen inputs to terrestrial ecosystems: review and synthesis. *Biogeochemistry*, v.6, p.119-159.
- COUTINHO, L. M. (1979). Aspectos ecológicos do fogo no cerrado: 3 - A precipitação atmosférica de nutrientes minerais. *Revista Brasileira de Botânica*, v.2, p.97-101.
- COWLING, E. B.; MERRIL, W. (1966). Nitrogen in wood and its role in wood deterioration. *Canadian Journal of Botany*, v.44, p.1539-1554.
- CRANE, W. J. B.; RAISON, R. J. (1980). Removal of phosphorus in logs when harvesting *Eucalyptus delegatensis* and *Pinus radiata* forests on short and long rotations. *Australian Forestry*, v.43, n.4, p.253-260.
- FARREL, P. W.; FLINN, D. W.; SQUIRE, R.

- O.; CRAIG, F. G. (1986). Maintenance of productivity of *Radiata Pine* monoculture on sandy soils in Southeast Australia. In: GESSEL, S.P. (Ed.) **Forest site and productivity**. Boston: Martinus Nijhoff. p.126-136.
- LANDSBERG, J. J.; GOWER, S. T. (1997). **Applications of physiological ecology to forest management**. London: Academic Press. 349p.
- LIMA, W. P. (1985). Ação das chuvas no ciclo biogeoquímico de nutrientes em plantações de pinheiros tropicais e em cerrado. **IPEF**, n.30, p.13-17.
- POGGIANI, F. (1983). Ciclagem exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos. In: **SIMPÓSIO ENERGIA DE BIOMASSA FLORESTAL**, São Paulo, 1983. São Paulo: CESP. p. 102 - 149.
- POGGIANI, F.; COUTO, H. T. Z.; SUITER FILHO, W. (1983). Biomass and nutrient estimates removal in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis*. **Silvicultura**, v.8, n.29, p.648-51.
- POGGIANI, F. (1985a). **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*: implicações silviculturais**. Piracicaba: ESALQ. 211p. (Tese - Livre-Docência - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / USP).
- POGGIANI, F. (1985b). Nutrient cycling in *Eucalyptus* and *Pinus* plantation ecosystems: silvicultural implications. In: **WORKSHOP ON BIOGEOCHEMISTRY OF TROPICAL RAIN FORESTS PROBLEMS FOR RESEARCH**, Piracicaba, IAEA-WWF CENA/USP, 1985. Proceedings. p. 39-46.
- PRITCHETT, W. L. (1979). **Properties and management of forest soils**. New York: John Wiley. 500p.
- REZENDE, G. C. ; BARROS, N. F.; MORAES, T. S. ; MENDES, C.J. (1983). Produção e macronutrientes em florestas de eucalipto sob duas densidades de plantio. **Revista Árvore**, v.7, n.2, p.165-176.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H.P. (1974). **Análise química de plantas**. Piracicaba: ESALQ. 56 p.
- SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. (1993). Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi-SP. **Ciência Florestal**, v.3, n.1, p.21-34.
- SILVA, H. D.; POGGIANI, F. ; COELHO, L. C. (1983). Eficiência de utilização de nutrientes em cinco espécies de *Eucalyptus*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.6/7, p.1-8.
- SON, Y.; GOWER, S. T. (1992). Nitrogen and phosphorus distribution for five plantations species in southwestern Wisconsin. **Forest Ecology and Management**, v.53, p.175-193.
- TUERNER, J.; LAMBERT, M. J. (1986). Effects of forest harvesting nutrient removals on soil nutrient reserves. **Oecologia**, v. 70, p.140-148.
- VERDADE, F.; KUPPER, A. (1975). Nitrogênio nítrico e amoniacal das águas pluviais. **Bragantia**, v.14, p.11-13.
- VITAL, A. R. T. (1996). **Efeito do corte raso no balanço hídrico e na ciclagem de nutrientes em uma microbacia reflorestada com eucalipto**. Piracicaba: ESALQ. 106p. (Tese - Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / USP)
- WANG, D.; BORMAN, F. H.; LUGO, A. E.; BOWDEN, R.D. (1991). Comparison of nutrient-use- efficiency and biomass production in five tree taxa. **Forest Ecology and Management**, v.46, n.1/2, p.1-21.

AValiação Econômica de Povoamentos de Eucalipto sob Diferentes Espaçamentos na Região de Cerrado de Minas Gerais, Brasil

ECONOMIC EVALUATION OF *Eucalypt* STANDS UNDER VARIOUS SPACINGS IN THE CERRADO REGION OF MINAS GERAIS, BRAZIL

Contreras, C.E.¹, Reis, G.G. dos², Reis, M. das G.F.² e Moraes, E.J. de³

¹Engenheiro Florestal Smurfit Cartón de Venezuela, Apartado Postal 216 Acarigua, Portuguesa, Venezuela.

²Professores do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 Viçosa - MG, Brasil, e-mail: greis@mail.ufv.br,

³ Engenheiro Florestal Mannesmann FI-EL Florestal, CP 152, Curvelo, MG.

RESUMO

A viabilidade econômica de povoamentos de *Eucalyptus pellita* e *E. camaldulensis*, estabelecidos em nove espaçamentos variando de 3x1 a 9x9 m, explorados para a produção de carvão vegetal, foi analisada com o objetivo de identificar espaçamentos e idades de rotação mais adequados para a região de estudo. A produção de madeira em metros estéreos foi obtida por meio de fatores de empilhamento para cada povoamento. A avaliação econômica envolveu três horizontes de planejamento: corte aos 7 anos; cortes aos 7 e 14 anos e, cortes aos 7, 14 e 21 anos. Os preços de venda da madeira analisados foram: US\$7.50; US\$8.50 e US\$9.50/st. O valor presente líquido (VPL), o valor esperado da terra (VET), o custo médio de produção (CMePr), calculados utilizando-se uma taxa de desconto de 6% a.a. e a taxa interna de retorno (TIR) foram utilizados na avaliação econômica. *E. pellita* apresentou maior produção volumétrica média que *E. camaldulensis*, sendo que os povoamentos no espaçamento de 3x2 m foram os mais produtivos. Os custos de produção e exploração de madeira aumentaram com a maior densidade populacional dos povoamentos. De modo geral, níveis crescentes de preço de venda da madeira e prolongação dos horizontes de planejamento viabilizaram economicamente os projetos para as duas espécies estudadas. A melhor alternativa de investimento para *E. pellita* foi o espaçamento de 3x2 m, no horizonte de planejamento de 21 anos, quando o preço de venda da madeira foi de US\$9.50/st. Os povoamentos, nesse espaçamento, apresentaram TIR de 11,72%, VPL de

US\$596.00/ha e VET de US\$844.00/ha. Para *E. camaldulensis*, a maior produção foi obtida em povoamentos de 3x2 m, com 222 st/ha, não obstante os povoamentos no espaçamento de 3x4 m foram os mais viáveis economicamente, com a maior taxa interna de retorno (14,6%), custo de produção de US\$ 8.24/st e com VPL de US\$974.00/ha e VET de US\$ 1379.00/ha.

ABSTRACT

Economic viability were evaluated in seven years old *Eucalyptus camaldulensis* and *E. pellita* established for charcoal production at nine spacings varying from 3 x 1 m to 9 x 9 m. For all spacings, *E. pellita* showed a greater volumetric production (stereo/ha) than *E. camaldulensis*. Both species presented the greatest stem volume per hectare at the spacing of 3 x 2 m. The forest production and exploitation cost increased with stand density. In general, increasing levels of wood sale prices for charcoal and the increasing number of rotations provided economic viability for both species. The best investment for charcoal production for *E. pellita* was obtained in the 3 x 2 m stands, at the planing horizon of 21 years, and the wood sale price of US\$9.50/st. At this spacing the Internal Rate of Return (IRT) was 11.72%, the Present Net Value (PVN) was US\$596.00/ha and Soil Expectation Value (SEV) was US\$844.00/ha. The greatest *E. camaldulensis* production was obtained at 3 x 2 m spacing (199 st/ha), but the stand at 3 x 4 m spacing was economically more viable with the greatest internal rate of return (14.6%), production cost of US\$8.24/st, the present net value was US\$974.00/ha and soil expectation value was US\$1379.00/ha.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda de madeira, a produção florestal deve ser obtida através da adoção de técnicas modernas de manejo florestal, onde se integram aspectos silviculturais, ambientais e econômicos a uma silvicultura intensiva de alta produtividade. Em linhas gerais, a implantação de projetos florestais deve ser baseada em critérios técnicos, orientados por uma análise econômica conjunta da futura produção. A análise e viabilidade econômica de um projeto não estão vinculadas apenas aos retornos do investimento, mas, também, às condições em que esse retorno ocorre ao longo do tempo ou horizonte de planejamento (REZENDE e OLIVEIRA, 1993). A análise econômica dos fatores envolvidos na produção de madeira é um instrumento imprescindível para a sua exploração racional e maximização do retorno através da minimização dos custos (LOPES, 1990).

A avaliação dos aspectos ecológico-econômicos em florestas plantadas deve ser assunto prioritário na definição das estratégias de manejo. Sempre que possível, além do desenvolvimento e a exploração dessas florestas, deve-se preocupar com a manutenção da produção e a conservação do meio ambiente, o que implica em alternativas de manejo florestal mais racionais.

O presente trabalho tem por objetivos: avaliar os aspectos econômicos da produção e exploração florestal para um, dois ou três ciclos de corte de povoamentos de *E. pellita* e *E. camaldulensis*, implantados na região de cerrado, em Minas Gerais e, comparar o investimento na produção de madeira para carvão vegetal de diferentes espécies, espaçamentos, preço de venda da madeira, em três horizontes de planejamento, de modo a identificar densidades populacionais e idades de rotação mais adequados para a região de cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados os aspectos econômicos envolvidos na implantação, manutenção, e exploração dos povoamentos de *E. camaldulensis* e *E. pellita*, implantados nos espaçamentos 3x1, 3x1.5, 3x2, 3x3, 3x4, 3x5, 3x6, 4x6 e 9x9 m, na região de cerrado de

Minas Gerais. No presente estudo, cada espaçamento por espécie representou um projeto específico, resultando na avaliação de 18 projetos não convencionais e mutuamente exclusivos. Na análise econômica, foram considerados três horizontes de planejamento: corte aos 7 anos; cortes aos 7 e 14 anos e, cortes aos 7, 14 e 21 anos. Foram considerados três níveis de preço de venda da madeira: US\$7.50; US\$8.50 e US\$9.50/st. O valor presente líquido (VPL), o valor esperado da terra (VET) e a taxa interna de retorno (TIR) e, o custo médio de produção de cada projeto foram calculados procurando melhorar a análise de sensibilidade da avaliação financeira. As receitas foram obtidas considerando-se a produção volumétrica média de cada povoamento, multiplicada pelos preços atualizados da madeira de eucalipto para a produção de carvão vegetal. Para a análise dos fluxos de caixa dos projetos com diferentes horizontes de planejamento, foram considerados os custos de implantação, manutenção no primeiro e segundo ano, manutenção do terceiro ao sétimo ano, condução da regeneração no primeiro ano, condução da regeneração durante o segundo ano, condução de regeneração entre o segundo e o sétimo ano e, a exploração.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior produção volumétrica aos 7 anos de idade, para as duas espécies, foi obtida no espaçamento de 3x2 m, sendo que nesse espaçamento *E. pellita* produziu 303 st/ha e *E. camaldulensis* produziu 222 st/ha. Para as rotações subsequentes de *E. pellita* manejadas por brotação foi considerada redução de 20% na produção e, para *E. camaldulensis*, 10%.

De modo geral, os custos médios de produção dos povoamentos em espaçamentos extremos (3x1 e 9x9 m) foram mais elevados. Analogamente, os projetos com horizontes de planejamento mais reduzidos apresentaram custos médios de produção altos. O povoamento de *E. camaldulensis*, no espaçamento de 9x9 m e horizonte de 7 anos, apresentou o custo de produção mais elevado, atingindo US\$16.60/st. Para *E. pellita*, o menor custo médio de produção (US\$7.73/st) foi obtido no espaçamento de 3x2 m, no horizonte de planejamento de 21 anos e, para

E. camaldulensis, o menor custo de produção foi obtido com a venda da madeira a US\$8.24/st, em povoamento estabelecido no espaçamento de 3x3 m, no horizonte de planejamento de 21 anos. Os custos médios de produção dos projetos foram mais reduzidos com a prolongação do horizonte de planejamento, sendo considerados viáveis, economicamente, aqueles projetos cujo preço de venda da madeira é superior ao custo de produção.

Os custos totais de implantação, manutenção e exploração aumentaram com a densidade populacional, em decorrência do maior requerimento de insumos (mudas, fertilizantes, mão de obra e outros) nos espaçamentos mais fechados. Foi considerado o custo por metro estérco de madeira explorado em US\$ 4.68, segundo dados fornecidos pelas empresas da região. Para as duas espécies, o espaçamento de 3x2 m apresentou o custo de exploração mais elevado, em razão da produção volumétrica de madeira ter sido superior aquela obtida nos demais espaçamentos.

A exploração de madeira das duas espécies, em todos os horizontes de planejamento, representou, em média, o maior custo, englobando 56,9% do total, seguido dos custos de implantação (22,4%), manutenção (12,6%) e condução da regeneração (8,1%). A proporção dos custos de implantação foi reduzida em decorrência da prolongação do horizonte de planejamento, ao passo que os custos de exploração aumentaram quando se consideraram várias rotações.

Os resultados das produções e receitas obtidas em cada rotação dos projetos avaliados, em função do aumento do preço de venda da madeira, indicam que, embora a produção do *E. pellita* seja superior à de *E. camaldulensis*, na primeira rotação, em alguns casos houve inversão na terceira rotação, em razão da acentuada redução da produção de *E. pellita* nas rotações subsequentes.

Os três critérios utilizados na avaliação econômica apresentaram resultados consistentes em função dos custos e receitas envolvidos no processo de produção florestal. Com a utilização do valor esperado da terra (VET), não foi necessário equiparar o valor presente líquido (VPL), já que, como

demonstrado por RIBEIRO e GRAÇA (1996), a normalização de projetos é equivalente ao uso do VET, que possibilita, de forma inteiramente análoga, comparar opções de investimento que possuam fluxos de caixa e períodos de retorno distintos. De modo geral, os horizontes de planejamento mais prolongados e aumento no preço de venda da madeira repercutiram positivamente viabilizando economicamente os projetos (Quadros 1 e 2). Para as duas espécies, nos três níveis de preço de venda da madeira, os horizontes de planejamento de 7 anos apresentaram os valores presentes líquidos e os valores esperados da terra mais reduzidos.

Comparando-se todas as alternativas, os projetos com horizonte de planejamento de 21 anos foram os mais viáveis do ponto de vista econômico. A melhor alternativa de investimento para *E. pellita* foi obtida no espaçamento de 3x2 m a um preço de venda da madeira de US\$9.50/st; no horizonte de planejamento de 21 anos, resultando no valor presente líquido de US\$596.00/ha; valor esperado da terra de US\$844.00/ha e taxa interna de retorno de 11,72%. Para esta espécie, as alternativas menos viáveis incluem os espaçamentos mais fechados, independentemente do horizonte de planejamento e do preço obtido pela madeira. A melhor alternativa de investimento para *E. camaldulensis* foi obtida no espaçamento de 3 x 4 m com preço de venda da madeira de US\$9.50/st e horizonte de planejamento de 21 anos.

4. CONCLUSÕES

- *Eucalyptus pellita* apresentou maior produção volumétrica média do que *E. camaldulensis*, sendo que, dentre os espaçamentos adotados, os povoamentos no espaçamento de 3 x 2 m, foram os mais produtivos.
- Os custos de produção e exploração de madeira aumentaram na seguinte ordem com a maior densidade populacional dos povoamentos: exploração > implantação > manutenção > condução da regeneração.
- Níveis crescentes de preço de venda da madeira e prolongação dos horizontes de planejamento viabilizaram economicamente os projetos para as duas espécies estudadas.

• A melhor alternativa de investimento para *Eucalyptus pellita* foi o espaçamento 3 x 2 m, no horizonte de planejamento de 21 anos, enquanto para *E. camaldulensis*, o povoamento no espaçamento de 3 x 4 m foi o mais viável economicamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LOPES, H. V. da S. *Análise Econômica dos fatores que Afetam a Rotação Florestal de Povoamentos de Eucaliptos*. Viçosa MG, UFV, 1990, 188 p (Tese M. S).

REZENDE, J. L. P., OLIVEIRA, A. D. *Avaliação de projetos florestais*. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1993.n. 327, 47p.

RIBEIRO, C.A.A.S., GRAÇA, L.R. Manejo de talhadias: Estabelecimento das idades ótimas de corte. *Revista Árvore*, 20 (1): 29-36, 1996.

QUADRO 1. Valor presente líquido(US\$/ha), valor esperado da terra(US\$/ha) e taxa interna de retorno(%), dos povoamentos de *E. camaldulensis* e *E. pellita* com diferentes preços de venda da madeira e horizonte de planejamento de 7 anos, na região de cerrado em Minas Gerais.

Preço da madeira(US\$/st)							
Espaçamento (m)	7,50		8,50		9,50		TIR
	VPL(1)	VEI(1)	VPL(1)	VEI(1)	VPL(1)	VEI(1)	
<i>E. camaldulensis</i>							
9x9	-393	-1173	-350	-1044	-307	-915	-
6x4	-342	-1022	-256	-763	-169	-503	-
3x6	-389	-1162	-210	-628	-99	-295	-
3x5	-347	-1036	-235	-702	-123	-368	-
3x4	-344	-1026	-217	-647	-90	-269	-
3x3	-377	-1124	-239	-712	-101	-300	-
3x2	-479	-1430	-332	-990	-184	-550	-
3x1,5	-693	-2069	-576	-1719	-459	-1369	-
3x1	-900	-2687	-789	-2 356	-678	-2025	-
<i>E. pellita</i>							
9x9	-382	-1141	-335	-1000	-288	-860	-
6x4	-335	-1001	-246	-734	-156	-466	-
3x6	-308	-920	-192	-573	-76	-226	-
3x5	-328	-980	-210	-627	-91	-273	-
3x4	-364	-1088	-245	-731	-126	-375	-
3x3	-340	-1014	-189	-563	-38	-112	-
3x2	-327	-976	-126	-375	76	226	7,37
3x1,5	-597	-1783	-446	-1332	-295	-880	-
3x1	-727	-2171	-555	-1658	-383	-1144	-

T) VPL e VEI calculados a taxa de desconto de 6%.

QUADRO 2. Valor presente líquido (US\$/ha), valor esperado da terra (US\$/ha) e taxa interna de retorno (%) dos povoamentos de *E. camaldulensis* e *E. pellita* com diferentes preços de venda da madeira e horizonte de planejamento de 21 anos, na região de cerrado de Minas Gerais.

Espaçamento (m)	Preço da madeira(US\$/st)								
	7,50			8,50			9,50		
	VPL(1)	VET(1)	TIR	VPL(1)	VET(1)	TIR	VPL(1)	VET(1)	TIR
<i>E. camaldulensis</i>									
9x9	-442	-626		-358	-507		-273	-387	-
6x4	-291	-412		-121	-171		49	69	6,80
3x6	-348	-492		1,65	2,34	6,03	219	310	9,06
3x5	-246	-348		-28	-39		191	270	8,59
3x4	478	678	10,72	726	1029	12,75	974	1379	14,6
3x3	-229	-325		40	57	6,50	310	439	9,50
3x2	-337	-477		-49	-70		238	338	8,38
3x1,5	-623	-883		-394	-558		-165	-234	-
3x1	-893	-1265		-677	-958		-460	-652	-
<i>E. pellita</i>									
	VPL(1)	VET(1)		VPL(1)	VET(1)	TIR	VPL(1)	VET(1)	TIR
9x9	-441	-625		-357	-505	-	-312	-442	-
6x4	-230	-326		-155	-219	-	6,20	8,79	6,11
3x6	-240	-340		-31	-44		178	252	8,69
3x5	-261	-370		-48	-68	-	165	233	8,41
3x4	-304	-431		-90	-127	-	125	177	7,76
3x3	-224	-317		48	68	6,64	320	453	9,84
3x2	-128	-181		234	331	8,49	596	844	11,72
3x1,5	-502	-711		-230	-326	-	41	59	6,43
3x1	-631	-894		-322	-456	-	-13	-18	-

BALANÇO HÍDRICO DE PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO A PARTIR DA ESTIMATIVA DE TRANSPIRAÇÃO PELO MÉTODO DE PENMAN-MONTEITH

HYDROLOGICAL BALANCE OF *Eucalypt* PLANTATIONS THROUGH TRANSPIRATION BY THE METHOD OF PENMAN-MONTEITH

Soares, J.V.¹, Almeida, A.C.de², Penchel, R.M.²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Av. dos Astronautas, 1758 - São José dos Campos - SP
12201-970 - Brasil - e-mail: vianei@tid.inpe.br - fax: 012 345 6460 / fone 012 3456439

²Aracruz Celulose S.A. - Rodovia Aracruz-Barra do Riacho - km25-Aracruz-ES-29197-000 - Brasil
e-mail: aca@aracruz.infonet.com - rp@aracruz.infonet.com-fax 027 270 2290/fone 0272702676

RESUMO

Este trabalho trata da implementação do método de Penman-Monteith para estimar a transpiração e o balanço hídrico de plantações de eucalipto (híbridos de *E. grandis*). Estudo anterior sobre o efeito do déficit hídrico no Incremento Corrente Anual (ICA) das plantações de eucalipto (Almeida & Soares, 1997), mostrou que o déficit de água no solo pode ser considerado um preditor de crescimento. Naquele estudo o déficit hídrico é obtido no balanço hídrico de Thornthwaite adaptado para períodos contínuos. Consequentemente, é extremamente importante melhorar a precisão da estimativa do balanço hídrico a partir da implementação e ajuste de um método mais preciso da estimativa da saída de água do sistema (via transpiração), de forma a reduzir o erro sobre a previsão de ICA com base na transpiração real acumulada no período correspondente. São apresentados os resultados preliminares da implementação do método de Penman-Monteith e balanço hídrico para a região de plantação de eucaliptos em Aracruz, ES. O modelo usado para fazer o balanço hídrico pressupõe fluxos de entrada e de saída e a variação no estoque de água no solo. As premissas do modelo são: 1) A precipitação é a entrada de água no sistema; 2) Parte da precipitação é interceptada no dossel, proporcional ao Índice de Área Foliar, IAF; termo denominado *interceptação*; 3) A água interceptada no dossel é evaporada (desde que haja energia suficiente para o processo), Evaporação do dossel; 4) A diferença entre a Precipitação e a Interceptação, *p-intercp*, é a entrada líquida de água no solo; 5) Se o solo estiver saturado (aqui considerado como

estando na sua Capacidade de Retenção de Água, CAD), haverá *runoff* (escoamento superficial ou drenagem profunda para fora do sistema radicular); 6) A transpiração da vegetação, obtida pelo método de Penman-Monteith, é a principal saída de água do sistema; e 7) Outra saída de água do sistema é a *evaporação do solo*, também estimada pela parametrização de Penman-Monteith. A resistência do dossel à transpiração varia no tempo e depende do controle estomático ao transporte de vapor d'água no dossel. Este controle reflete principalmente a disponibilidade de água no solo e de luz, associados à influência de déficits de pressão de vapor. A transpiração é portanto uma função do estoque de água disponível no solo, da radiação disponível e da umidade do ar. Para o ano de 1996, a precipitação medida foi de 1.274 mm; a transpiração estimada pelo método de Penman-Monteith foi de 920 mm; uma evaporação de água interceptada de 101 mm; uma evaporação à superfície do solo de 28 mm (evapotranspiração total de 1.049 mm) e uma variação no estoque de água no solo de 12 mm. Ocorreu um "runoff" de 237 mm. Ao longo do ano a transpiração diária varia de 8 mm a praticamente nula quando o controle estomático atua em condições de potencial de água na folha próxima de -2 MPa (para uma disponibilidade de água no solo de aproximadamente 10% de seu valor máximo). A radiação líquida é a principal fonte de variação na transpiração diária quando as condições hídricas são semelhantes. Foi utilizado um IAF de 3,0 neste balanço com base nos dados reais medidos. Foram utilizados valores de parâmetros de literatura e medidas de campo dos plantios de Aracruz,

para descrever a relação entre condutância estomática, potencial de água na folha, água disponível no sistema radicular, interceptação e IAF. São apresentados ainda neste trabalho resultados de análise de sensibilidade sobre variáveis e condições iniciais do sistema solo-planta na transpiração e balanço hídrico anual. **Palavras chave:** eucalipto, balanço hídrico, transpiração, Penman-Monteith.

ABSTRACT

This paper describes the implementation of the Penman-Monteith method for estimating Eucalyptus (*E. grandis* hybrids) plantation transpiration within a simple one dimension water balance model. The test area is the site of Aracruz, ES (33.153 hectares). The water balance model takes into consideration the daily precipitation as the main input to the soil compartment. Part of the precipitation is intercepted by the canopy and re-evaporated. The water reaching the soil fulfills the water holding compartment till it is at field capacity. Surplus goes off as runoff. Transpiration is the main output of water, soil evaporation is considered and estimated. The canopy conductance varies with time as a function of the soil water availability, such that the stomata control allows transpiration to fall down. For year 1996, precipitation was 1.274 mm, transpiration was 920 mm, evaporation of intercepted water was 101 mm, soil evaporation was 28 mm, and runoff was 237 mm. Unbalance is explained by variation in stored water. On a daily basis, transpiration ranged from 8 mm to almost 0 when the leaf water potential came close to -2 MPa. Net radiation is the main source of modulation in the transpiration for similar soil water availability conditions. Sensitivity analysis done over the main parameters and state variables of the model, is also discussed.

Key words: *Eucalyptus*, water balance, transpiration, Penman-Monteith,

1. INTRODUÇÃO

Estudos anteriores realizados na cultura do eucalipto (híbrido de *E. grandis*) na região de Aracruz (entre 19°35'S, 40°00'W e 20°08'S, 40°19'W) e São Mateus 18°20'S, 39°41' e 18°41'S, 40°09'W) ES, Brasil, apontam a deficiência hídrica como um dos principais

fatores limitantes à produtividade florestal. O efeito do déficit hídrico no solo sobre o incremento corrente anual (ICA) das plantações de eucalipto mostrou que pode ser considerado um preditor de ICA (Almeida & Soares, 1997). Adicionalmente, foi possível estabelecer diferentes correlações entre parâmetros fisiológicos e físicos do ambiente que demonstraram diferenças significativas no efeito do déficit hídrico sobre vários clones de eucalipto avaliados sendo que alguns destas variáveis (condutância estomática e taxa de fotossíntese líquida) poderão ser empregados no diagnóstico de clones com resistência à seca (Mielke & Penchel, 1997). Consequentemente, é muito importante melhorar a precisão da estimativa do balanço hídrico a partir da implementação e ajuste de um método preciso da estimativa da saída de água do sistema com base na transpiração real acumulada, de forma a reduzir o erro sobre a previsão de ICA.

O objetivo deste trabalho é obter o cálculo final do balanço hídrico de plantações de eucaliptos através do método de Penman-Monteith, para cálculo da transpiração do dossel de eucalipto, de forma detalhada. É também apresentado um modelo de balanço hídrico que acopla a condutância estomática do dossel à disponibilidade de água no solo. Este modelo leva em conta a atenuação de radiação líquida pelo dossel, interceptação de água pelo dossel (e re- evaporação), além de evaporação à superfície do solo. São também realizados testes de sensibilidade sobre parâmetros e condições iniciais do sistema para direcionar esforços de coleta de informações de campo para validar o método, tornando-o operacional.

2. DESCRIÇÃO TEÓRICA

2.1. Método de Penman-Monteith

Monteith (1963,1964), citado por Rosenberg et al. (1983) introduziu termos de resistência no método de Penman para produzir um método que estima evapotranspiração (ET) de superfícies com suprimento ótimo ou limitado de água:

$$LE = \frac{\Delta(R_s + S) + \rho_a C_p (e_s - e_a) / r_a}{\Delta + \gamma(1 + r_c / r_a)} \quad (1)$$

LE é em unidades de densidade de potência (Wm^{-2}), Δ é a declividade da curva de saturação de vapor ($e_s(T)$), à temperatura T , R_n é a radiação líquida, S é o fluxo de calor no solo, ρ_a é a densidade do ar, γ é a constante psicrométrica, C_p é o calor específico do ar, e_s e e_a são as pressões de vapor à saturação e atual, r_a e r_c são as resistências aerodinâmica e estomática, na ordem.

Running and Coughlan (1988), usam a equação de Penman-Monteith para calcular a transpiração de florestas de Coníferas de 7 regiões de climas diferentes dos EUA, assumindo uma aproximação "big leaf", isto é para uma folha de Índice de Área Foliar, IAF, de $1m^2$. Na forma usada por Running and Coughlan (1988) a transpiração em m/dia é dada por:

$$TRANS = \frac{(\Delta R_n + \rho_a C_p (e_s - e_a) / r_a)}{(\Delta + \gamma)(1 + r_c / r_a)} \cdot IAF \cdot DAYL / (LE \cdot 1000) \quad (2)$$

Nesta equação, Δ é em $mbar \text{ } ^\circ C^{-1}$, R_n é a radiação líquida interceptada pelo dossel da vegetação (lei de Beer, estimada em função do IAF e do coeficiente de extinção do dossel, (ver abaixo) em $W m^{-2}$, C_p é em $J kg^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$, r_a é em Kgm^{-1} , γ é em $mbar \text{ } ^\circ C^{-1}$, LE é o calor latente de vaporização (Jkg^{-1}). A fração do lado direito dá a transpiração em $m/IAF.s$. IAF é em m^2m^{-2} e $DAYL$ é o comprimento do dia em segundos, e, portanto, a transpiração é dada em m/dia. O fluxo de calor no solo, S , da equação original, é considerado como nulo na média diária. O termo IAF surge do fato de que a resistência do dossel é dada por

$$r_c \cdot IAF$$

A radiação líquida interceptada pela vegetação pode ser calculada como em Running e Coughlan (1988) usando-se a formulação baseada na Lei de Beer:

$$R_n = R_n(1 - \exp(-\kappa \cdot IAF/22)) / (-\kappa \cdot IAF/22) \quad (3)$$

em que R_n é a radiação líquida medida (ou estimada) acima do dossel, κ é o coeficiente de extinção. Running e Coughlan (1988) usam o valor -0,5 para *Pinus*, enquanto Hatton et al. (1992) usam o valor -0,42 para *Eucalyptus maculata*.

Florestas são superfícies muito rugosas (bem acopladas à atmosfera, ou seja, bem ventiladas), de forma que muitas vezes, a rugosidade aerodinâmica é tratada como pequena e independente da velocidade do vento e da estabilidade atmosférica. Hatton et al. (1992) usando a formulação de Penman-Monteith no modelo Topog-IRM, assumem o valor de $12 m^{-1}$ de resistência aerodinâmica para uma floresta de *Eucalyptus maculata*.

Por outro lado, o termo resistência do dossel, r_c , varia no tempo, e depende do controle estomático ao transporte de vapor d'água no dossel. Este controle reflete a disponibilidade de luz e água, associados à influência de temperatura e déficits de pressão de vapor. Running e Coughlan (1988) usam a seguinte parametrização para cálculo de r_c :

Inicialmente se calcula o potencial máximo de água na folha, parametrizada como:

$$L_{wp} = \frac{0.15}{\theta / CAD} \quad (4)$$

em que L_{wp} é o potencial máximo (em MPa) de água na folha num dado dia (logo antes do nascer do sol, equilíbrio com o solo), θ é a umidade do solo integrada no perfil do solo e CAD é a capacidade de água disponível no solo (valor máximo que pode ser retido no perfil em função das propriedades físicas do solo, capacidade de campo e ponto de murcha permanente).

Então, calcula-se a condutância estomática do dossel em função de L_{wp} e do déficit de umidade absoluta:

$$CC_w = CC_{max} - DCC_w(L_{wp} - L_{wpmín}) \quad (5)$$

em que CC_w é a condutância do dossel, CC_{min} é a condutância máxima do dossel (quando L_{wp} é mínima, antes do nascer do sol e $\theta = CAD$), DCC_w é a declividade da reta de ajuste CC em função de L_{wp} , dada pela relação $CC_{min}/(L_{wpR} - L_{wpmin})$, em que L_{wpR} é o potencial mínimo de água na folha induzindo o fechamento dos estômatos e L_{wpR} é o valor de referência em condições ótimas de suprimento de água (e ao nascer do sol). Hatton *et al.* (1992) usa o valor de 1.8 MPa para o valor mínimo de potencial de água na folha induzindo o fechamento de estômatos para *Eucalyptus maculata*. Running e Coughlan (1988) utilizaram o valor de 1.6 MPa (L_{wpmin}) e 0.5 MPa (L_{wpR}) para Coníferas em geral.

Finalmente, corrige-se o valor de CC_w em função do déficit de umidade absoluta no interior da folha na forma:

$$CC_h = CC_w - (CC_w DCC_h ABSHD) \quad (6)$$

em que CC_h é a condutância do dossel, com redução de umidade, CC_w vem da equação (5), DCC_h é a declividade de CC vs. $ABSHD$ em $ms^{-1} g^{-1} m^{-3}$; e $ABSHD$ é o déficit de umidade absoluta ($g m^{-3}$). Running e Coughlan (1988) usam o valor $0.05 ms^{-1} g^{-1} m^{-3}$ para a DCC_h de coníferas. A redução na condutância devido ao déficit de umidade absoluta é uma compensação quando a umidade relativa do ar cai muito baixo da condição de saturação (próximo de 100% logo antes do nascer do sol) quando $CC = CC_w$. A entrada e saída de água das células guarda mudam sua turgidez e modulam a abertura e fechamento dos estômatos. Como as células-guarda estão expostas à atmosfera, podem perder água diretamente por evaporação. Um processo de fechamento hidropassivo pode ocorrer em condições de baixa umidade do ar, quando a perda de água das células guarda é rápida demais para compensar o movimento de água das células epidérmicas adjacentes para o interior das células guarda.

Assim, obtém-se r_c em $s m^{-1}$ por:

$$r_c = 1/CC_h \quad (7)$$

Pressão de vapor a saturação e_s , pressão atual de vapor, declividade da curva de saturação de vapor e déficit de umidade absoluta do ar, são calculados a partir de princípios climatológicos clássicos (ver, por exemplo, Rosenberg *et al.*, 1993).

2.2. Balanço hídrico

O modelo usado para fazer o balanço hídrico pressupõe fluxos de entrada e de saída e a variação no estoque de água no solo, conforme ilustrado na Figura 1 abaixo. As premissas são:

- A precipitação é a entrada de água no sistema;
- Parte da precipitação é interceptada no dossel, proporcional ao Índice de Área Foliar, termo denominado *interceptação*;
- A água interceptada no dossel é evaporada (desde que haja energia suficiente para o processo), *evaporação do dossel*;
- A diferença entre a Precipitação e a Interceptação, *p-intercp*, é a entrada líquida de água no solo;
- Se o solo estiver saturado (aqui considerado como estando na sua Capacidade de Retenção de Água, CAD), haverá *runoff* (escoamento superficial ou drenagem profunda);
- A transpiração pela vegetação, obtida pelo método de Penman-Monteith, é a principal saída de água do sistema;

Outra saída de água do sistema é a *evaporação do solo*, também estimada pela parametrização de Penman-Monteith, seguindo o procedimento de Choudhury & Monteith (1988), que considera a evaporação ocorrendo no topo de uma camada úmida pela difusão molecular da água através dos poros do solo, na camada seca.

O fluxo de radiação líquida que chega à superfície do solo (usado em Penman-Monteith) é dado pela Lei de Beer na forma:

$$R_s = R_n \exp(\kappa \cdot IAF) \quad (8)$$

A água que chega ao solo "preenche" o reservatório (solo) até que a Capacidade de Retenção de Água seja atingida. O excesso vai para o compartimento de *Runoff*. A água disponível no solo ao final do dia (i) é dada pelo estoque do dia anterior ($i-1$), somada da entrada, *p-intercp*, e diminuída da saída (*transpiração* + *Eintercp* + *Esolo* + *runoff*):

$$A_{solo}(i) = A_{solo}(i-1) + (P - Intercp) - (Trans + E_{int} + E_{solo} + Runoff) \quad (9)$$

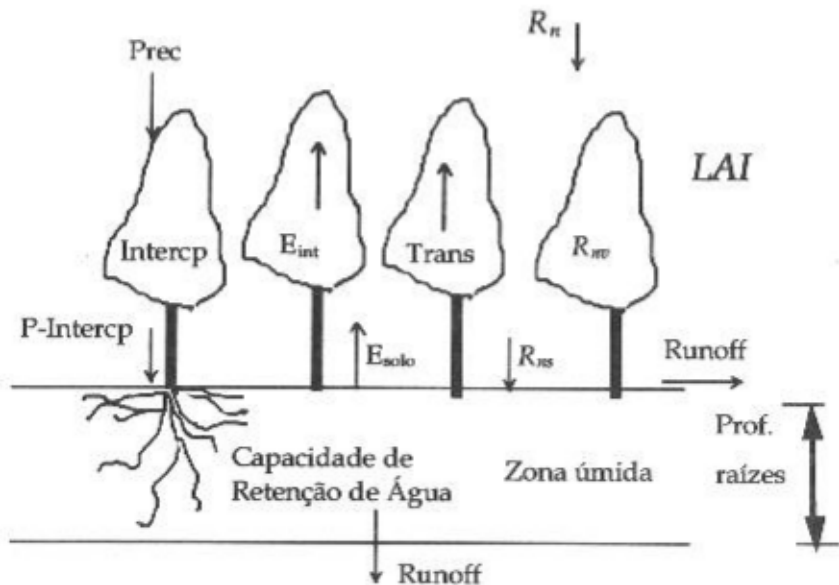


FIGURA 1. Termos modelados do balanço de água para plantações de eucaliptos.

A demanda evaporativa e transpiração do dossel podem ser normatizadas para também expressar o potencial de produtividade da cultura em determinado local e período, através do cálculo indireto da eficiência do uso da água (EUA).

$$D/D_{max} = W/W_{max} \quad (10)$$

Onde a biomassa seca fracionada é D/D_{max} , sendo expressa relativa à produção máxima de biomassa em condição ótima de água no solo D_{max} . A EUA fracionada W/W_{max} é, do mesmo modo, relativa à transpiração máxima do dossel, que pode ocorrer em um determinado sítio com o teor ótimo de água no solo (Kramer & Boyer, 1995).

Esta abordagem tem a vantagem sobre o método direto para cálculo da EUA de, por exemplo, para o uso da água relativo à metade do potencial transpiratório, metade da biomassa máxima poderá ser predita. Isto simplifica o

trabalho de estimar o impacto do déficit hídrico, entretanto, requer a medição da produtividade de biomassa e transpiração da cultura na fase inicial. Desta forma, a transpiração do dossel, calculada rotineiramente e de forma operacional, poderá ser utilizada como um preditor do crescimento da plantação.

3. IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO E SELEÇÃO DE PARÂMETROS

Foi elaborado um código executável, com rotinas para cada um dos termos do balanço hídrico, e uma rotina especial permitindo interação para realização de testes de sensibilidade de parâmetros no modelo associados a função de cálculo da resistência do dossel, r_d , ao IAF, a capacidade de retenção de água no solo (CAD).

Foram realizados testes de validação para as várias rotinas do programa, comparando valores retornados a valores calculados de forma independente, recompilando o programa para testar cada variável crítica de forma independente e criteriosa.

Foi realizada uma ampla pesquisa de literatura para estabelecer o melhor conjunto de valores de parâmetros e condições iniciais do modelo. Foram realizados testes de sensibilidade para parâmetros e condições iniciais do sistema.

A Tabela 1 apresenta o conjunto utilizado de valores de parâmetros e condições iniciais utilizados. Os valores utilizados foram obtidos na literatura especializada citada, à exceção de coeficientes de interceptação de água, IAF, (medidas "in situ" de interceptação e IAF em microbacia experimental da Aracruz Celulose S.A.) e de medidas "in situ" dos valores de condutância estomática e potencial máximo de água na folha, de Mielke & Penchel, 1997. Os demais parâmetros vem de Hatton et al., 1992; Dye, 1987; Landsberg e Hingston, 1996; McMurtrie, 1993; Pacheco e Louzada, 1991; Running e Coughlan, 1988. A Tabela 1 é uma amostra do arquivo de entrada de dados.

As variáveis forçantes atmosféricas são precipitação (mm), temperatura média e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar média e mínima (%), e radiação líquida integrada entre o nascer e o por-do-sol ($\text{Wm}^{-2}\text{dia}^{-1}$). O intervalo de tempo é diário.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Balanço hídrico em 1996

Para o ano de 1996, a precipitação foi de 1.274 mm, a evaporação do dossel foi de 101 mm, a evaporação do solo foi de 28 mm e a transpiração de Penman-Monteith foi de 920

mm (evapotranspiração total de 1049 mm). Houve uma "reposição de água" de 237 mm, neste caso, através do runoff (escoamento superficial ou drenagem profunda para níveis do perfil onde a água não está disponível para as raízes), que ocorre principalmente em função da distribuição de chuvas com concentração maior nos últimos meses do ano e precipitações diárias de até 80 mm; a evaporação do dossel é da ordem de 10% da evapotranspiração real e do solo é da ordem de 3%.

A Figura 2 mostra a comportamento das variáveis água disponível e transpiração. Como esperado, nota-se claramente que a transpiração depende substancialmente da disponibilidade de água, que em última instância controla a condutância estomática visto que o potencial de água na folha reflete uma condição de equilíbrio entre a folha e o solo (ao nascer do sol). Em outras palavras, quando a umidade do solo é reduzida, a condutância estomática e o potencial hídrico foliar diminuem (ψ_f), consequentemente, a transpiração. Por outro lado, em condições de boa disponibilidade de água, a flutuação de alta frequência da transpiração está associada a disponibilidade de energia (radiação líquida), conforme mostra a Figura 3. É notável, sobretudo que quando a disponibilidade de água no solo é elevada aparentemente o controle estomático não é exercido. A flutuação diária do déficit de pressão de vapor (variável intermediária; não consta da saída do modelo) também modula a da transpiração, mas consideravelmente menos que a da radiação líquida.

TABELA 1. Parâmetros/condições iniciais de referência. Alguns parâmetros são adimensionais.

Parâmetro/condição inicial	Valor
1 Coeficiente de atenuação de radiação (lei de Beer)	-0.42
2 Coeficiente de interceptação de água de chuva	0.25 (mm.IAF ⁻¹)
3 Potencial referência de água na folha (ao nascer do sol)	0.4 MPa
4 Condutância estomática média máxima	0.007 ms ⁻¹
5 Potencial fechamento estomático	1.7 MPa
6 Constante função $L_{np} = f(q)$	0.15
7 Radiação de referência para abertura de estômatos	2000 W.m ⁻²
8 Declividade redução CC x déficit de pressão de vapor	0.05
9 Capacidade de Retenção de Água	200 mm
10 Água Disponível inicial	200 mm
11 Índice de Área Foliar	3.0 m ² m ⁻²
12 Resistência aerodinâmica	12.0 s.m ⁻¹

4.2. Testes de sensibilidade

A Tabela 2 sumariza os resultados da análise de sensibilidade realizada considerando os vários parâmetros do modelo individualmente. Os valores de referência da Tabela 1 são alterados para mais ou menos, em valores percentuais, e a sensibilidade aqui apresentada é a alteração relativa (em %) nos valores de transpiração obtidos ao final de um ano, no caso 1996.

Para a transpiração anual, os parâmetros que mais interferem são: umidade inicial, IAF, condutância estomática e CAD associado a umidade inicial do solo, nesta ordem. Assim se for reduzido a umidade inicial em 30% e 50% a transpiração anual será afetada em -5,7% e -10,3% respectivamente; o IAF variando em $\pm 30\%$ afeta a transpiração em -8,0% e 5,1%; alteração da condutância estomática em $\pm 20\%$ altera -5,8% e 5,0% da

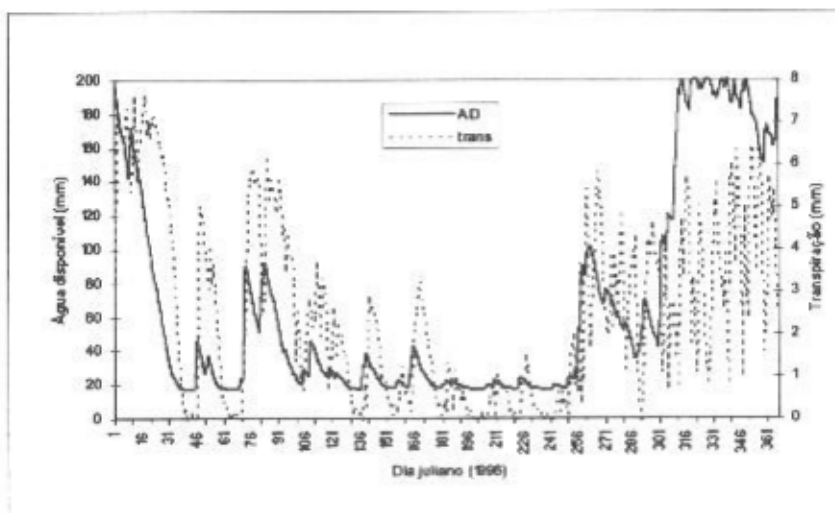


FIGURA 2. Evolução diária da Água Disponível no solo versus Transpiração

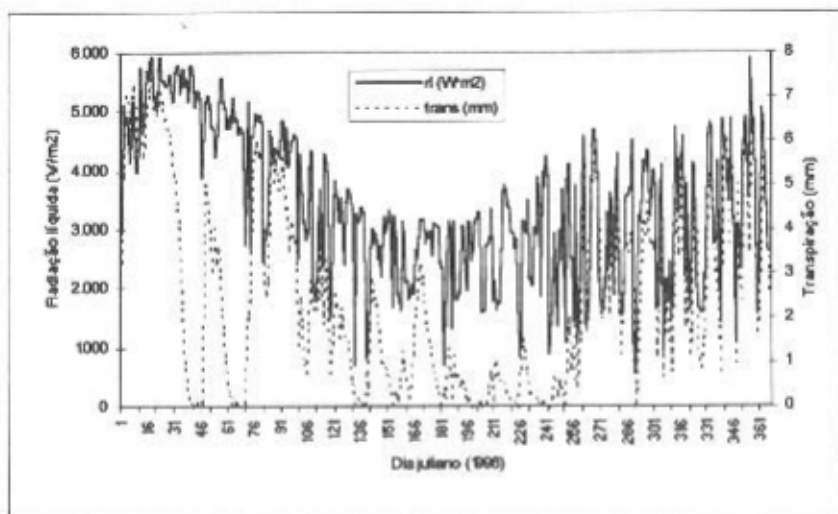


FIGURA 3. Evolução diária da Radiação Líquida versus Transpiração

transpiração, finalmente uma alteração de 30% do CAD associado a umidade inicial do solo implica em taxas de variação na transpiração inicial de -5.0 e 5.3%, ver Tabela 2.

Portanto, mesmo sendo sempre desejável trabalhar com o melhor conjunto possível de valores de parâmetros/variáveis de estado que definam o sistema modelado (vegetação, solo, clima.), é sobretudo necessário focalizar atenção nos parâmetros que mais contribuem na sensibilidade do modelo para a estimativa da transpiração. Assim, é necessário medir a condição inicial de umidade do solo (contra apenas estimar a condição inicial), a profundidade do sistema radicular, as propriedades físicas do solo (textura, capacidade de retenção de água e curva característica), índice de área foliar e

condutância estomática em condições de diferentes tensões de água ao nível do sistema radicular. Como o objetivo final da operacionalização do método de Penman-Monteith e do balanço hídrico da plantação de eucalipto é o estabelecimento da eficiência de uso de água por clone, idade, período e clima. Para tal, se faz necessário quantificar parâmetros adicionais (IAF, condutância estomática) para diferentes genótipos e idades do eucalipto, bem como, em diferentes espaçamentos e profundidades do sistema radicular.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

• O método de cálculo de transpiração por Penman-Monteith foi implementado de forma satisfatória, haja vista a coerência dos

TABELA 2. Sensibilidade da Transpiração, em valores percentuais, às alterações nos parâmetros e condições iniciais de referência. Água Disponível inicial (11) acompanha a variação da Capacidade de Retenção de Água (10). Neste caso único, o teste é realizado sobre as duas ao mesmo tempo. A água disponível inicial não pode superar o valor de CAD.

Parâmetro (% variação)	novo valor	Transp (mm)
	-0.34	0.7
1 Coeficiente de atenuação de radiação (20%)	-0.50	-0.3
2 Coeficiente de interceptação (30%)	0.000325	-2.1
	0.000175	3.1
4 Potencial referência de água na folha (20%)	0.48	1.7
	0.32	-1.3
5 Condutância máxima dossel (20%)	0.0084	5.0
	0.0056	-5.8
6 Potencial fechamento estomático (20%)	2.05	-0.3
	1.37	0.9
7 Constante função $L_{wp} = f(q)$ (20%)	0.18	-1.3
	0.12	1.7
8 Radiação mínima p/ abertura estômatos (50%)	3000	-2.7
	1000	1.3
9 Declividade redução CC x déficit de pressão de vapor (20%)	0.06	-1.3
	0.04	1.5
10 (11) Capacidade de Retenção de Água (30%)	260	5.3
	140	-5.0
11 Água Disponível inicial (30 e 50%)	140	-5.7
	100	-10.3
12 Índice de Área Foliar (30%)	3.9	5.1
	2.1	-8.0
13 Resistência aerodinâmica (20%)	14.4	1.5
	9.6	-1.4

resultados com o que se publica na literatura especializada. Da mesma forma, o balanço hídrico também produz valores que representam um comportamento fiel à realidade. A utilização do método de Penman-Monteith, acoplada a um modelo capaz de estimar a disponibilidade de água no solo, representa um avanço considerável no entendimento de como as relações hídricas solo-planta afetam o desenvolvimento do eucalipto.

• A introdução de algumas medidas críticas tomadas "in situ" como o IAF, interceptação de chuva e condutância estomática para o eucalipto, aumenta a confiança no desempenho do modelo. É necessário reduzir a incerteza sobre parâmetros e variáveis de estado (condições iniciais), para as quais os termos do balanço hídrico são mais sensíveis, como condutância estomática e desenvolvimento do sistema radicular que interfere na capacidade de retenção de água, para diferentes materiais genéticos e idades, umidade do solo inicial, e propriedades físicas do solo.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Luciano Lisboa Junior pela sua análise crítica e sugestões ao texto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Almeida, A.C de, J.V. Soares, 1997. Análise da influência da variabilidade hidrometeorológica interanual no crescimento de plantações de eucalipto. Anais de Conferência Internacional IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento Genético de Eucaliptos.

Choudhury, B.J.; J.L. Monteith. 1988. A four-layer model for heat budget of homogeneous land surfaces. Quarterly Journal of Royal Meteorological Society, 114: 373-398.

Dye, P.J., 1987. Estimating water use by *Eucalyptus grandis* with the Penman-Monteith equation. In: Forest Hydrology and Watershed Management - Proceedings of the Vancouver Symposium, IAHS-AISM Publ. no. 167.

Hatton, T.J.; J. Walker; W.R. Dawes; F.X. Dunin. 1992. Simulations of hydroecological responses to elevated CO₂ at the catchment scale. Aust. J. Bot., 40: 679-696.

Kramer P.J., J. S. Boyer, 1995. Water relations of plants and soils. Academic Press. San Diego. Pp 377 - 390.

Landsberg J. J., F. J. Hingston, 1996. Evaluating a simple radiation/dry matter conversion model using data from *Eucalyptus globulus* plantations in Western Australia.

Mielke, M. S., Penchel, R.M., 1997. Respostas ecofisiológicas do eucalipto ao déficit hídrico. Relatório interno de pesquisa da Aracruz Celulose S.A., nº CPT 003/97. Aracruz Celulose S.A, Centro de Pesquisa & Tecnologia, Aracruz, ES, 06/01/97, 10 p.

McMurtrie, R.E. 1993. Modelling of canopy carbon and water balance. In: Hall, D.O., J.M.O. Scurlock, H.R. Bolhar-Nordenkamp, R.C. Leegood, S.P. Long (Eds.). Photosynthesis and Production in a Changing Environment: a field and laboratory manual. Chapman & Hall, London.

Pacheco, R.M., Louzada, P.T.C., 1991. Development of root systems in *Eucalyptus Grandis* x *Europhylla Hybrids*. In: Proceedings of the International Union Forestry Research Organizations - Symposium on intensive forestry: the role of Eucalypts. Volume 1. Durban, South Africa, 2-6 September.

Rosenberg, N.J., Blad, B.I., Verma, S.B. 1983. Microclimate: the biological environment. John Wiley & Sons, New York, 459 p.

Running, S.W., Coughlan, J.C. 1988. A general model of forest ecosystem processes for regional applications. 1. Hydrologic balance, canopy gas exchange, and primary production processes. Ecological Modelling, 42: 125-154.

BIRD FAUNA AND VEGETATION IN NATURAL WOODLANDS AND EUCALYPTUS PLANTATIONS IN THE HIGH ANDES IN BOLIVIA - IMPLICATIONS FOR DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE AGRO-FORESTRY TECHNIQUES

By Thor Hjarsen*

* Centre for Tropical Biodiversity, Zoological Museum, University of Copenhagen, Universitetsparken 15, 2100 Copenhagen, Denmark. Fax: +45 35 32 10 10. E-mail: THjarsen@zmuc.ku.dk

SUMMARY

Bird species diversity and natural vegetation heterogeneity was assessed in endangered High Andean natural forest and exotic eucalyptus and pine plantation habitats in Northern Central Bolivia. A marked displacement of bird species and abundances was found in exotic plantations. The natural vegetation structure was also affected by exotic plantations. Furthermore signs of erosion and disruption of water balance was seen due to introduction of plantation forestry. It is recommended that forestry programs operating in this ecologically sensitive zone adjust strategies and methods.

1. INTRODUCTION

South America's probably most endangered forest ecosystem is the *Polylepis* forests of the High Andes. The forest cover has diminished mainly due to bad land management practise during the last 4-500 years. Recently Kessler (1995) estimated the Bolivian distribution of *Polylepis* woodlands to 630 km² down from 40.000 km² in potential distribution. In the Eastern Andes of Bolivia only 1-2% of this forest habitat is left and now highly fragmented.

Some of the most endangered birds of the continent are associated with the *Polylepis* forest habitat. One species, the Cochabamba Mountain-finch, is only known from a small area of Northern Central Bolivia and considered threatened by IUCN and BirdLife International (Collar et al. 1994). Other bird species, such as Giant Conebill, are closely adapted to the *Polylepis* habitat and has today a very disjunct distribution due to the fragmentation of the habitat (Fjeldsø and Krabbe 1990).

The research (Hjarsen, in press) presented here was aimed to identify the impact on biodiversity of: 1) farmers present use natural forest resources, and 2) exotic plantation forestry promoted by international aid programs. The results will be used to develop and recommend more sustainable forestry activities and land management in the area.

2. BACKGROUND

In recent years emphasis has been put on identifying areas in the World where there is a high concentration of endangered or potentially threatened species of animals and plants. By this effort high priority areas for conservation can be located and fundings for conservation activities can be directed to the right places with minimum risk of wasting investments.

One such effort was done by BirdLife International (ICBP 1992) by computer calculation to identify areas with concentration of bird species with limited distributions. Such species are commonly known as endemic, when their total distribution area is less than 50.000 km². Such areas, endemic bird areas (EBA's), thus contains species in risk of extinction due to small distribution areas and narrow habitat preferences.

One EBA is located in the High Andes of Bolivia covering the Eastern Andean slopes from La Paz Southeast to Cochabamba. This EBA constitutes of several bird species only occurring in the natural forest vegetation of upper cloud forest zone and *Polylepis* woodlands. This has earlier been documented by Fjeldsø (1992), who also identified areas along the Andes where there is a high concentration of young bird species in evolutionary terms. This indicates that these areas are active species evolution centres,

probably due high predictability of climate and water resources.

The presence of high land forests is by Fjeldsá assumed to be the main stabilising factor (Fjeldsá and Rahbek, in prep.): An important ecological function of the High Andean natural forests is the capability to "comb" humidity out of the air. When humidity clogged air from the Amazonian lowlands rises above the Andes, the air masses cools down and humidity condenses on the surfaces of the trees. Such water is incorporated in the vegetation and slowly released to areas below. (Fjeldsá and Kessler 1996).

Andean farmers are traditionally clearing and using small fields close to or inside the natural forests. By these means, crops gets protected from the harsh mountain climate and benefits from a favourable microclimate. The natural forests also provides fodder to domestic animals and wood and food resources for farmers household use (Hensen 1990; Fjeldsá and Kessler 1996; Hjarsen, in press).

These biological, ecological and sociological factors makes the conservation and regeneration of High Andean natural forests very important. Unfortunately several forestry programs operating in the Bolivian Andes doesn't give high priorities to these areas. Instead the programs rely on exotic species in afforestation, dominated by *Eucalyptus globulus* and *Pinus radiata*.

3. METHODS AND MATERIALS

During 5 months of field work 52 study areas where visited in montane areas, all between 3.000 and 4.000 m.a.s. in the proximity of Cochabamba town, Bolivia (17°25'S 65°43'W). All areas are considered to be in the same ecological and climatical zone. Each study area is placed on a gradient of human disturbance (natural habitats; by landuse pressure) or age (plantations habitats; by tree height/DBH). In each habitat of natural forests or plantation, a survey area of 3 hectares where established. In these areas the bird fauna, vegetation structure, and human landuse pressure where assessed by the following methods:

Bird fauna: 20 Species Lists is a new rapid assessment technique for identifying the

relative diversity and abundances of the bird fauna (Poulsen, in pres.). I though adjusted the method for lower diversity in higher altitudes. In each study area a continuous list where made on all visual or vocal observations of resident birds. When the observer - the same throughout the whole field work - assumed that no new species or individuals where encountered inside the 3 hectare plot, the bird observation ended. This point where visualised by drawing accumulation curves for bird species for each area (Poulsen, in press). For additional identification of difficult species mist-netting and voice recordings where used in some areas.

From the collected data Shannon's Diversity Index was calculated for each area. The Shannon Diversity Index gives weight to the number of species and individuals observed.

All species where also given a Rarity Score to illustrate grade of "endemism" in each study area. Each species is given a score which is the reciprocal of each species' occurrence in 1° geographical grids. This information is compiled at the Zoological Museum in Copenhagen in a WorldMap database on distributions of all South American bird species. The Rarity Score was calculated by summing for each observation in each study area.

Vegetation structure: Various indicators for the complexity and structure of the natural vegetation where used:

- coverage of plants in flower,
- number of plant strata,
- coverage and heights of major plant groups (canopy and emerging trees, bushes, herbs, grasses, bromeliads, mosses, lichens etc.),
- density and species of trees (Point Centred Quarter Method),
- diameter of tree trunks at breast height,
- Index for general plant species richness.

These indicators where also applied to the plantation habitats to asses whether these habitats will be capable of substituting the natural forests' biological richness.

Human landuse pressure: In each study area we also quantified the pressure from human landuse. We gave scores to the major human activities affecting the vegetation: grass burning, grazing by domestic animals, wood

logging, collection of firewood, agriculture, and traffic by humans. It is admitted that our quantification of these factors are subjective and methods for more detailed and objective measurement needs to be developed.

Furthermore factors such as humidity and topography were quantified. Coordinates, altitude and inclination was of course established for each area using appropriate electronic and optical equipment.

4. RESULTS

Table 1 and *Table 2* summarises the effects of plantations on biodiversity indicators assessed in this research. In all biological indicators measured we found the natural forests to be more "valuable" than the plantations.

Average coverages of most vegetation categories were higher in natural vegetation, while coverage of grass were in average highest in the eucalyptus plantations. Characteristic where also the higher complexity of natural vegetation assessed on vegetation strata, overall species richness index and number of occurring vegetation classes.

A clear difference in bird community structure was seen between natural forest vegetation and exotic plantations. The high priority and endangered bird species were never observed in the plantations. Bird species richness, number of occurring bird individuals and number of birds with restricted distribution ranges (endemics) were in all cases highest in the natural vegetation habitats.

Human activities such as collection of firewood and agriculture were also quantified, but no correlation was seen between this and bird species richness. According to the results the rarest and endangered bird species also seems to live well in areas intensively used by farmers.

5. DISCUSSION

This research is the first publicised work on the effects on bird fauna of human land use in natural forests and exotic plantations in the High Andes.

The limited vegetation in the exotic plantations is due to intra-species competition between the exotics and the native flora. When the Pines grows higher, the trees start over-

shadowing and thus inhibiting the growth of ground vegetation. In the Eucalyptus plantations leaves of Eucalyptus after defoliation inhibits growth of ground vegetation due to leaching of phenols. Similar effects have earlier also been documented on germination of tropical crops (Lisaneswork and Michelsen 1993). Our results on the effect on vegetation of plantations are in accordance with Bolivian studies (Crespo C. 1989, Fernandez T. 1996).

When people are walking inside the plantations or the ground vegetation is grazed by domestic animals the ground vegetation is rapidly worn down. Top soils then get exposed and especially on slopes we observed that this caused erosion. This has also been observed in Portugal (Kardell et al. 1986).

The exotic plantations are established to boost village economies according to the forestry projects involved. But the recent development of replacement of natural forests with plantations will very likely limit water resources and thus agricultural output.

Furthermore, the rural populations rely on the natural forests non-wood resources: Plants for traditional medicine and cloth dying, mammals and birds for hunting, branches for fencing of fields and firewood etc. (Hensen 1991, FAO 1994, Ejeldsá and Kessler 1996). If such resources are depleted by insufficiently regeneration of natural forests, the farmers get more dependent on money to purchase similar resources on village markets.

According to our experience plantations did not remove the logging pressure from the natural forests. This was due to high market prices on exotic plantation timber causing the farmers to protect the exotics against logging and instead continuously collect firewood and branches in the natural forests.

Selection of sites is also questionable. Several examples are known of exotic plantations made inside or very close to Polylepis forests causing these to die. In other areas the plantations have been made on grasslands without proper management to prevent erosion.

During the last 12 years one forestry project: "Programa de Repoblamiento Forestal" (PROFOR) has planted of more than 15 million trees in the Andean zone of the Cochabamba Department. About 80% of the trees are

species of *Eucalyptus* or *Pinus*. This and other forestry projects in the Andes has unfortunately neglected the importance of the native forests, and some projects has unclear objects and is directly misinforming the Bolivian public on the subject.

Foresters has argued that my study lack to compare biological richness in the plantations with what was in the areas before the plantations where made. The plantations are made both on pastureland and in degraded natural forest vegetation. The argument is somewhat correct if the plantation are only considered as "cropland". But when the Bolivian forestry projects claim the plantations can substitute several of the natural forests' functions: protection of wildlife, ecosystems and water resources, this should be assessed.

This study has showed that the exotic plantations in the Bolivian High Andes does not provide any protection of the endangered bird fauna. Furthermore, I question the hydrological and long-term socio-economical benefits from these plantations.

More focus should instead be put on plantation of native species and development of more appropriate use of exotics. This is possible without any further investments.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

This research could not have been realised without the kind support of Jon Fjeldsá and Henning Adersen (Univ. of Copenhagen), Elva Villegaz, Saul Arias Cossio, Maritza del Castillo, Erika Fernandez, Maggaly Mercado, and Susanna Arrazola (all: Universidad Mayor de San Simón), Kathrine Gotto (BirdLife International), Daniel Nash and Fransisco Sagot (Asociacion Armonia), Carlos Morales-Landivar (Embassador of Bolivia, UK), Esther M. Ashton and Roberto Lema (Embassy of Bolivia, DK), Alexandra Sanches de Lozada and Eliana Flores de C. (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Sjoerd Mayer and his family, and last but not least: Anette and Cecilie. Financial support was received from: BP Conservation Expedition Programme, University of Copenhagen, the Frimodt-Heincken Foundation, and the Bodil Pedersen Foundation.

7. REFERENCES

- Collar, N.J., M.J. Crosby and A.J. Stattersfield: Birds to Watch 2. The World List of Threatened Birds. BirdLife International. Cambridge, UK. ISBN: 0-946888-30-2.
- Crespo C., W.M. (1989): Influencia de la Reforestación sobre la vegetación native del "Parque Nacional de Tunari". Unpubl. report. Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.
- Ellenberg, H. (1983): Desarrollar sin Destruir. 2. ed. 54 pages. Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrez. La Paz, Bolivia.
- FAO (1994): Practicas Agroforestales en el Departamento de Potosi - Bolivia. Proyecto "Desarrollo Forestal Comunal en el Altiplano Boliviano". Documento de Trabajo No. 1. FAO Holanda CDF. Bolivia.
- Fernandez T., E. (1996): Estudio Fitosociologico de los bosques de Kewiña (*Polylepis* spp., Roseceae) en la Cordelliera de Cochabamba. Unpubl. report. Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.
- Fjeldsá, J. (1992): Biogeographic patterns and evolution of the avifauna of relict high-altitude woodlands of the Andes. *Steenstrupia*, 18(2): 2-62.
- Fjeldsá, J., and M. Kessler (1996): Conserving the Biological Diversity of *Polylepis* Woodlands of the Highlands of Peru and Bolivia. A contribution to Sustainable Natural Resource Management in the Andes. NORDECO, Copenhagen, Denmark. ISBN 87-986168-0-3.
- Fjeldsá, J., and N. Krabbe (1990): Birds of the High Andes. Apollo Books. Svendborg, Denmark. ISBN: 87-88757-16-1.
- Fjeldsá, J., and C. Rahbek (in prep.): Priorities for Conservation in Bolivia, Illustrated by a Continent-wide Analysis of Bird

Distributions.

- Hensen, I. (1991): El bosque de Kewiña de Chorojo. Ejemplo de un sistema agroforestal Andina sostenible? Unpubl. report. Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.
- Hjarsen, T. (in press): Bird Fauna and Vegetation in Natural Woodlands and Plantations og the High Andes of Bolivia. Implications for the Development of a more Sustainable Landuse. Zoological Museum, University of Copenhagen. Copenhagen, Denmark.
- ICBP (1992): Putting Biodiversity on the map: priority areas for global conservation. International Council for Bird Preservaion. Cambridge, UK. ISBN: 0-946888-24-8.
- Kardell, L., E. Steen and A. Fabião (1986): Eucalyptus in Portugal. Ambio, 15(1): 6-13.
- Kessler, M. (1995): Present and Potential Distribution of *Polylepis* (Rosaceae) Forests in Bolivia. Pp. 281-294 in: S.P. Churchill. et al.: Biodiversity and Conservation of Neotropical Montaine Forests. The New York Botanical Garden, Bronx.
- Poulsen, B.O. (in press): A rapid assesment of Bolivian and Ecuadorian montane avifaunas using 20 species lists: efficiency, biases and data gathering. Bird Conservation International.

TABLE 1: Indicators for impact on bird fauna of exotic plantations compared with natural forests habitats in the High Andes of Bolivia.

BIRD FAUNA INDICATORS	Eucalyptus plantations	Pinus plantations	Polylepis forest habitats	Other natural forest habitats
Average bird species number	6,2	6,7	18,0	20,4
Average number of bird individuals	14,8	14,9	56,1	65,0
Diversity Index for birds (Shannon)	1,48	1,66	2,65	2,87
Bird Rarity Score *)	0,27	0,26	1,23	1,52

*) The Bird Rarity Score is calculated as the inverse distribution area of all occurring birds in study areas of each habitat category. Distribution areas is defined by occurrence in 1° geographical grids. Areas with many birds of small species distributions thus gets a higher score.

TABLE 2: Indicators for impact on natural vegetation structure of exotic plantations compared with natural forests habitats in the High Andes of Bolivia.

VEGETATION INDICATORS	Eucalyptus plantations	Pinus plantations	Polylepis forest habitats	Other natural forest habitats
Average number of plant strata	2,9	3,0	3,8	3,4
Average coverage of bushes	10,5%	4,6%	14,5%	26,3%
Average coverage of epiphytas ^{*)}	5,3%	7,8%	10,5%	10,4%
Average Species Richness Score	1,2	1,5	2,5	2,8
Average humidity index (1-5, 5 highest)	2,0	2,1	2,7	2,7

*) Epiphytas assessed: Bromeliads, mosses, lichens and lianas.

**CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA PARA REFLORESTAMENTO, DO
TERRITÓRIO BRASILEIRO SITUADO AO SUL DO PARALELO 24°S - UMA
ABORDAGEM CLIMÁTICA**
**ECOLOGICAL CLASSIFICATION FOR THE REFORESTATION OF
BRAZILLIAN TERRITORY SOUTH OF LATITUDE 24°S - A CLIMATIC BORDER**

ACOSTA, V.H.¹, REIS, M.G.F.² e REIS, G.G. dos²

¹Universidad Nacional de Santiago del Estero. FCF(4200) Santiago del Estero. Argentina

²Universidade Federal de Viçosa. DEF (36571.000) Viçosa-MG-Brasil

RESUMO

O presente trabalho consiste na classificação ecológica do território brasileiro situado ao sul do paralelo 24°S, utilizando-se dados de altitude e 30 variáveis climáticas, provenientes de 82 estações meteorológicas e 72 postos pluviométricos; a altitude foi obtida, também, para outras 58 localidades. Foram determinadas equações de regressão que permitiram estimar temperaturas mínimas, médias e máximas das localidades desprovidas de estação meteorológica, com o objetivo de adensar os dados de temperatura. Inicialmente, os dados pertencentes às diferentes variáveis foram interpolados, visando homogeneizar a distribuição dos mesmos sobre a área de estudo, que foi dividida em quatro blocos e, por sua vez, subdivididos em células de 13,92 x 13,92 km. Posteriormente, os dados interpolados por blocos, foram submetidos a uma análise fatorial, que gerou quatro fatores, os quais explicaram 88,09% da variância das variáveis iniciais. Utilizando-se as cargas fatoriais com valores iguais ou superiores a 0,7, formaram-se quatro índices, permitindo o cálculo de novos valores para cada célula. Estes novos valores foram submetidos à análise de agrupamento e, posteriormente, à análise discriminante, resultando na identificação das células pertencentes a cada grupo. Estes resultados foram utilizados para produzir um mapa com a delimitação e caracterização das regiões ecológicas e na posterior caracterização das mesmas.

1. INTRODUÇÃO

O avanço desmedido do homem sobre os ecossistemas com o objetivo de obter produ-

tos florestais e agrícolas, bem como construir infra-estrutura para o seu bem-estar, levou ao desmatamento de amplas áreas na América do Sul, com a conseqüente redução da disponibilidade de produtos da madeira. Ao final da década de 60, o governo brasileiro incentivou os reflorestamentos comerciais mediante a utilização de espécies exóticas de rápido crescimento. A maioria destes reflorestamentos apresentaram baixa produtividade em razão de diversas causas, entre as quais o uso de materiais genéticos e de técnicas silviculturais inadequadas (REIS e REIS, 1990, 1993).

Para subsidiar a escolha adequada de espécies florestais para o estabelecimento de plantios comerciais foram desenvolvidos, no Brasil, trabalhos de delimitação de regiões bioclimáticas (GOLFARI, 1967, 1975; GOLFARI e CASER, 1977, e GOLFARI *et alii*, 1978). O desenvolvimento destes zoneamentos ecológicos permitiram a obtenção de ganhos significativos na produção florestal.

Considerando a maior disponibilidade de dados climáticos, edáficos, geológicos, fisiográficos e da vegetação nativa, desde a década de oitenta, vem sendo desenvolvida na Universidade Federal de Viçosa uma metodologia de classificação que interrelaciona essas variáveis, para diferenciar, numa primeira etapa, regiões e, numa segunda etapa, sub-regiões ecológicas, que são áreas com diferentes capacidades produtivas, para fins de reflorestamento (MARTINS 1991, TRISTÃO 1992, REIS *et alii*, 1993, ANDRADE 1995).

O presente trabalho tem como objetivo a delimitação de regiões ecológicas para o terri-

tório brasileiro compreendido ao sul do paralelo 24°S, mediante a utilização de variáveis climáticas e de altitude de modo a facilitar a indicação de espécies e procedências florestais para reflorestamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho refere-se à primeira etapa deste sistema de classificação ecológica, que envolve a divisão do território brasileiro localizado ao sul do paralelo 24° S, totalizando uma área de aproximadamente 556.000 km², em regiões ecológicas, com base nas variáveis climáticas e de altitude. A área de estudo foi subdividida em quatro blocos para facilitar a interpolação de dados.

As variáveis utilizadas neste trabalho foram: ALT (Altitude), TMINJAN (Temperatura Mínima de Janeiro), TMINABR (Temperatura Mínima de Abril), TMINJUL (Temperatura Mínima de Julho), TMINOUT (Temperatura Mínima de Outubro), TMEDJAN (Temperatura Média de Janeiro), TMEDABR (Temperatura Média de Abril), TMEDJUL (Temperatura Média de Julho), TMEDOUT (Temperatura Média de Outubro), TMAXJAN (Temperatura Máxima de Janeiro), TMAXABR (Temperatura Máxima de Abril), TMAXJUL (Temperatura Máxima de Julho), TMAXOUT (Temperatura Máxima de Outubro), PTMJAN (Precipitação Total Média de Janeiro), PTMABR (Precipitação Total Média de Abril), PTMJUL (Precipitação Total Média de Julho), PTMOUT (Precipitação Total Média de Outubro), PTMAN (Precipitação Total Média Anual), URMEDJAN (Umidade Relativa Média de Janeiro), URMEDABR (Umidade Relativa Média de Abril), URMEDJUL (Umidade Relativa Média de Julho), URMEDOUT (Umidade Relativa Média de Outubro), URMEDAN (Umidade Relativa Média Anual), PCT1 (Percent. Média de Chuvas no 1° Trimestre), PCT2 (Percent. Média de Chuvas no 2° Trimestre), PCT3 (Percent. Média de Chuvas no 3° Trimestre), PCT4 (Percent. Média de Chuvas no 4° Trimestre), IETPAN (Índice de Evapotranspiração Potencial Anual), NMDH (Número de Meses com Déficit Hídrico), VDH (Valor do Déficit Hídrico), TMEDAN (Temperatura Média Anual). As três últimas variáveis foram utilizadas somente na descrição das

regiões ecológicas.

Foram calculadas as equações para estimar as temperaturas mínimas, médias e máximas do ar, mensais e anuais em função da altitude, longitude e latitude, por meio de regressões, empregando-se o modelo linear geral.

A seguir foi realizada a interpolação das variáveis com base nos dados disponíveis para cada variável, individualmente em cada bloco. Adotou-se o processo de interpolação numérica para calcular todos os valores para uma rede de quadriculas de tamanho correspondente a 13,92 x 13,92km aproximadamente, para todas as variáveis climáticas e de altitude, utilizando-se o módulo INTERPOL do *software* IDRISI for WINDOWS 1.0. Como resultado deste processo de interpolação foram obtidos os arquivos para cada bloco, correspondentes a cada uma das variáveis climáticas e de altitude, para serem, posteriormente, submetidos às técnicas de análise multivariada correspondentes.

A análise fatorial das variáveis climáticas e de altitude foi realizada utilizando-se como entrada uma matriz onde as linhas foram constituídas pelos valores das células e as colunas corresponderam aos valores respectivos de cada uma das variáveis utilizadas neste trabalho de classificação. Foram utilizadas as cargas fatoriais com valores de coeficiente de correlação superior a 70% para se obter combinações lineares entre as cargas fatoriais e as respectivas variáveis, constituindo, assim, os índices. Mediante esses índices foram calculados os valores para cada célula, cujos valores foram posteriormente utilizados como dados de entrada para a aplicação da análise de agrupamento.

Para a realização da análise de agrupamento, os dados de entrada foram constituídos por uma matriz onde as linhas foram formadas pelas células que contém o território brasileiro, e as colunas, pelos valores correspondentes a cada um dos índices constituídos a partir dos fatores retidos na análise fatorial. Em função do grande número de dados, foi utilizado um agrupamento não-hierárquico, e o método foi o convergente, resultando na distribuição das células que correspondem a cada uma das regiões ecológicas em que foi classificada a área em estudo, para cada um dos

agrupamentos testados.

Os resultados das análises de agrupamento foram submetidos à análise discriminante que segundo KLECKA (1975), visando avaliar a qualidade do esquema classificatório, verificando se os grupos estabelecidos são efetivamente distintos entre si, a coesão interna dos grupos estabelecidos e se os indivíduos estão incorretamente classificados, e também a decisão do número de grupos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram desenvolvidas equações que permitiram estimar as temperaturas médias, mínimas e máximas, em função dos valores de Latitude, Longitude e Altitude de cada localidade com alta precisão.

3.1. Interpolação dos dados

O processo de interpolação numérica permitiu determinar valores relativos às 31 variáveis para as 4.912 células em que foi subdividida a região em estudo.

Após processada a interpolação, as células fora da área de estudo (países vizinhos ou oceano) foram excluídas do arquivo, restando um total de 2.870 células para toda a área de estudo, das quais 518 pertencem ao bloco 1, 886 ao bloco 2, 1.014 ao bloco 3 e, 452 ao bloco 4.

3.2. Análise Fatorial

Como entrada para a análise fatorial, utilizou-se a matriz constituída por 2.870 linhas (células) e 28 colunas correspondentes aos valores respectivos de cada uma das variáveis utilizadas totalizando 80.360 dados. O resultado da análise fatorial constituiu-se de quatro fatores retidos, com uma percentagem de explicação acumulada de 88,09% da variância contida nas variáveis originais.

Foram formadas composições lineares (ou índices), no modelo de regressão linear múltipla, que serviram de dados de entrada para a análise de agrupamento. As equações que constituem os índices são:

Índice Térmico de Altitude e Evapotranspiração (ITAE) = $-0,78ALT + 0,98TMINJAN + 0,90TMINABR + 0,86TMINJUL + 0,90TMINOUT + 0,88TMEDJAN + 0,98TMEDABR +$

$0,90TMEDJUL + 0,91TMEDOUT + 0,86TMAXJAN + 0,90TMAXABR + 0,72TMAXOUT + 0,94IETPAN.$

Índice da Umidade Relativa (IUR) = $0,747URMEDJAN + 0,850URMEDABR + 0,799URMEDJUL + 0,944URMEDOUT + 0,949URMEDAN$

Índice da Distribuição da Precipitação (IDP) = $-0,766PTMJUL - 0,778PCT3 + 0,860PCT4$

Índice da Precipitação (IPT) = $-0,844PTMOUT - 0,953PTMAN$

3.3. Análise de Agrupamento

A matriz constituída por 2.870 linhas (células) e 4 colunas correspondentes aos valores respectivos de cada um dos índices resultou em 11.480 dados. Foram testados distintos agrupamentos, com números de grupos variando de 4 a 10. Na decisão sobre o número de grupos procurou-se não dividir a região em número excessivamente grande de grupos com muitos sub-grupos constituídos por uma ou poucas células; a generalização em demasia; encontrar analogias com outros trabalhos realizados para a região e o seu grau de acerto.

3.4. Análise Discriminante

Os resultados obtidos na análise de agrupamento foram testados por meio da análise discriminante, que demonstrou que a percentagem de acerto do agrupamento que contém 6 grupos (regiões ecológicas) foi de 96,79%, que foi o que apresentou um maior grau de acerto no que se refere à alocação das células nos grupos aos quais elas têm maior probabilidade de pertencer. Além de considerar-se o grau de acerto dos diferentes agrupamentos estudados, procurou-se, na escolha do número de grupos, evitar uma generalização ou uma divisão excessiva da área, assim como encontrar analogias com trabalhos similares realizados na região estudada.

Foram realocadas 92 células que apresentaram uma maior probabilidade de pertencer a uma região ecológica diferente da classificação original e, além dessas, também, foram realocadas 15 células que ficaram isoladas

dentro de outra região. E com o objetivo de diminuir a amplitude entre os valores extremos de cada variável em cada grupo, foram realocadas 18 células.

3.5. Delimitação e Descrição das Regiões Ecológicas

Pela filosofia desta metodologia, são detectadas e classificadas como pertencentes a uma mesma região ecológica, células que se encontram distantes geograficamente, mas que são "equivalentes" entre si, a partir das características determinadas pela interação das variáveis utilizadas no processo de classificação. Esta interação permitiu a obtenção de seis regiões ecológicamente homogêneas (Figura 2), que são posteriormente descritas com base nos valores mínimos, médios e máximos das variáveis utilizadas no presente estudo.

Como exemplo, são apresentados no Qua-

dro 2, valores interpolados médios mínimos e máximos de 5 das 31 variáveis utilizadas no presente trabalho.

4. CONCLUSÕES

Tomados em conjunto os resultados do presente trabalho permitiram:

- desenvolver as equações de regressão para estimar as temperaturas mínimas, médias e máximas para os locais onde não existem estações meteorológicas, aumentando a densidade de dados disponíveis;

- a interpolação de dados climáticos e altitude permitiu distribuir os dados de forma homogênea na área de estudo;

- delimitar as regiões ecológicas para o território brasileiro situado ao sul do paralelo de 24°S, com elevado grau de especificidade e coerência.

As informações geradas no presente tra-

QUADRO 2. Valores interpolados mínimos, médios e máximos, de 5 das 31 variáveis climáticas e de altitude, para cada uma das seis Regiões Ecológicas do território brasileiro localizado ao sul do paralelo 24° S

Variáveis		Número das Regiões Ecológicas					
		1	2	3	4	5	6
ALT	Mínimo	2,5	2,1	184,5	2,0	484,1	626,6
	Médio	293,3	112,3	398,7	73,2	755,0	884,1
	Máximo	560,4	395,6	683,3	365,6	1099,9	1401,8
TMINJUL	Mínimo	8,8	8,8	7,6	8,2	5,8	5,6
	Médio	10,7	10,5	9,1	9,4	9,0	7,9
	Máximo	15,0	13,7	12,8	12,3	12,4	10,4
TMAXJAN	Mínimo	26,7	26,0	25,7	26,0	25,2	23,1
	Médio	30,3	30,5	29,2	29,9	27,6	26,5
	Máximo	32,7	32,7	31,7	32,5	30,2	29,3
TMEDAN	Mínimo	17,6	17,3	16,9	16,6	15,5	13,2
	Médio	20,2	20,2	18,6	19,1	17,9	16,9
	Máximo	21,8	22,8	21,7	21,2	20,6	20,1
PTMAN	Mínimo	1686,6	1445,4	1311,8	1176,9	1649,4	1252,9
	Médio	1885,6	1633,4	1587,0	1400,4	1870,0	1569,1
	Máximo	2360,8	1901,1	1808,9	1559,8	2230,6	1913,4

balho, referentes aos valores médios, mínimos e máximos para cada uma das 31 variáveis originais, podem ser utilizados, dentre outros, para suportar à indicação de espécies florestais para fins de reflorestamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L.A. de. **Classificação ecológica do Estado da Paraíba**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 157p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, 1995.

GOLFARI, L. Coníferas aptas para repoblaciones forestales en el Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, v. 6, p. 7-62, 1967.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1975. 65 p. (Série técnica, 3).

GOLFARI, L., CASER, R.L. **Zoneamento ecológico da região Nordeste para experimentação florestal**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1977. 116 p. (Série técnica, 10).

GOLFARI, L., CASER, R.L., MOURA, V.G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66 p. (Série técnica, 11).

KLECKA, W.R. Discriminant analysis. In: NIE, N.H. (Ed.). **Statistical package for the social sciences**. 2.ed. New York, MacGraw-Hill, 1975. v.5, p. 434-467.

MARTINS, S.V. **Classificação ecológica do Estado do Espírito Santo: um método climático**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, 1991.

REIS, M.G.F., REIS, G.G. Estudos ecológicos visando a seleção de espécies para reflorestamentos. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA NA UFV, 2, 1990, Viçosa, MG. **Linhas de pesquisa e resumos...** Viçosa, MG: UFV, 1990. p.4-6

REIS, M.G.F., REIS, G.G. Impactos ambientais dos reflorestamentos. In: ENCONTRO TÉCNICO FLORESTAL - ENTEC, 6, [1993, Belo Horizonte]. [Anais...] [Belo Horizonte: ABRACAVE, 1993.] n.p.

TRISTÃO, R.A. **Classificação ecológica de uma área do Estado de Minas Gerais: um método biopedológico**. Viçosa, MG: UFV, 1992. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, 1992.

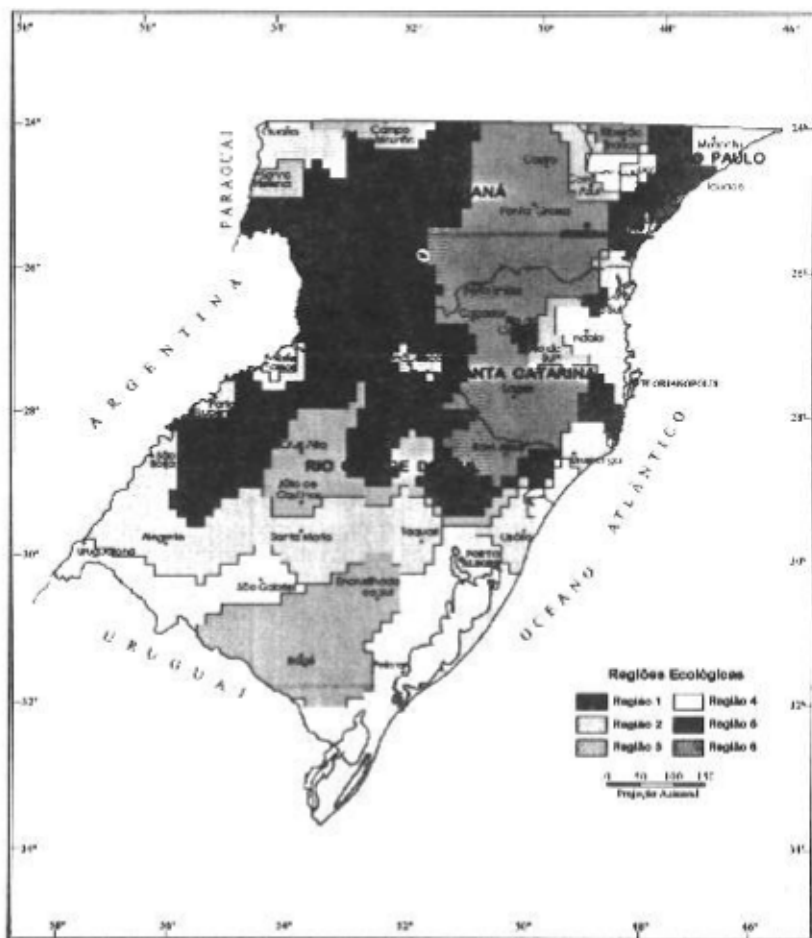


FIGURA 2. Regiões ecológicas do território brasileiro situado ao sul do paralelo 24°S, delimitadas com base nas variáveis climáticas e de altitude.

ECONOMICS OF *Eucalyptus* PLANTATIONS : A CASE STUDY IN A TRIBAL AREA IN WESTERN INDIA¹

Balooni, K.

Research Associate - Natural Resource Management Project - Institute of Rural Management
Post Box No. 60, Anand - 388 001 - INDIA - (email: kbb@stdn.irm.ernet.in)

SUMMARY

Farm forestry is an important component of social forestry programmes that are now underway in India. Economics of farm forestry varies from region to region and from farm to farm within a region depending upon a number of factors. This paper explores the economics of *Eucalyptus* plantations grown under a farm forestry programme in a tribal village of Shankerpura in Western Indian State of Gujarat. Net Present Value, Benefit-Cost Ratio, and Financial Internal Rate of Return are used as indicators of financial viability of *Eucalyptus* plantations. *Eucalyptus* plantation was found to be financially viable and ecologically sound use of marginal (degraded) land. It transformed the entire village economy from a backward one to a prosperous one and the landscape from desolate to green.

1. INTRODUCTION

The practice of planting trees is as old as cultivation of other crops, the need for government intervention to promote farm forestry in India was articulated in mid seventies by the National Commission on Agriculture (NCA 1976). The Government of India (GOI) accepted the NCA's recommendations and subsequently farm forestry programmes were initiated in some states in the late seventies. According to mid-term appraisal of social forestry programmes by USAID/World Bank (1988), success of farm forestry component in many regions of India has been remarkable.

Profitability of farm forestry varies from region to region and from farm to farm within a region. It may not be economically desirable

for a farmer to plant trees on good lands which have very high opportunity cost in terms of value of agricultural production foregone. However, tree planting may be profitable for a farmer in a region prone to recurring droughts and having unproductive soil which is not fit for growing agricultural crops. In India, there is still vast scope for implementing farm forestry programmes in regions which are not yet brought within the fold of tree plantation schemes and in which there is acute shortage of fuelwood, timber and other forest produce. The area available for growing trees on cultivated land (including degraded cultivated land) is difficult to estimate but all, or almost all cultivated area is fit for growing trees (Chambers *et al.* 1989).

Many researchers and social scientists have found that farm forestry plantations on privately owned lands in various regions in India are financially feasible. This paper examines the economics of *Eucalyptus* plantations promoted by a non-governmental organisation (NGO) under its farm forestry programme. The NGO involved NM Sadguru Water and Development Foundation, hereafter referred to as Sadguru. It is involved, *inter alia*, in implementing programmes of tree plantation in privately owned lands of tribal people in Western Indian State of Gujarat in India.

2. RESEARCH METHODOLOGY

Shankerpura village in Panchmahal district of Gujarat state in India was selected purposively for the case study. It is the village where Sadguru launched its farm forestry programme first. A sample of 20 tree growers from the village was selected using the

¹This paper was prepared for presentation at the Symposium on 'Silviculture and Genetic Improvement of *Eucalyptus*' to be held at EMBRAPA-CNPQ, Colombo, Brazil on August 24-29, 1997. This paper forms part of the research work being carried out by the author for his Ph.D. (Economics) thesis entitled, "Financing of Afforestation of Wastelands in India". The thesis is to be submitted to the Sardar Patel University, Vallabh Vidyanagar, India.

systematic random sampling design. A sample of 20 households (approximately 10% of the total number of households) was selected for the purpose of in-depth interviews. Both primary and secondary data for the study were collected. Collection of data was accomplished using both the case study and the interview method. The information so collected pertained to the reference year 1993-94.

To determine the financial feasibility of farm forestry plantations in village Shankerpura, Net Present Value (NPV), Benefit Cost Ratio (BCR) and Financial Internal Rate of Return (FIRR) methods were used (Gittinger, 1982).

To compute these values cashflows were compounded at 10 per cent rate of interest, using market prices for costs and benefits prevailing in the respective years of occurrence for a period of 11 years (July 1982 to October 1993). All the figures of costs and benefits have been expressed at 1993 prices.

For determining financial feasibility of farm forestry, the sample respondents were grouped into the following three categories according to the size of their land holdings:

Category	Land holding (acres)
Small	2.47 to 4.94
Medium	4.95 to 9.88
Large	9.89 and above

There were no sample respondents in the marginal category (having landholding less than 2.47 acres).

3. A RESUME OF SADGURU

Sadguru, a non-political, non-profit making, secular, non-governmental organisation was established in the year 1969. Its head office is located at Dahod in Panchmahal district of Gujarat in India. The main objective of Sadguru is to improve the living conditions and rural and tribal people and to remove their poverty, mainly by implementing environment-friendly programmes, which may in turn improve the natural resources base of the area. Though social and farm forestry is a part of the broad watershed development programme, it is given special attention by Sadguru in view of its tremendous potential in the area.

3.1. Farm Forestry Programme of Sadguru

Farm forestry programme of Sadguru was started in the year 1982 on an experimental basis in village Shankerpura in Panchmahal district. After witnessing the encouraging results of the first farm forestry plantations in Shankerpura and nearby villages, and on the request of the tribals from other villages, Sadguru adopted farm forestry as a major activity along with its various other activities. Tree plantation is done mostly on private waste/inferior lands, field bunds, field strips, etc. Sadguru has deliberately chosen to concentrate its afforestation activities on private wastelands for the reason that there is substantial extent of private wastelands available in its area of operation.

4. A PROFILE OF VILLAGE SHANKERPURA

Village Shankerpura is wholly inhabited by tribal population. All the inhabitants are cultivators and there is no landless family in the village. There are 212 families with a total population of 1,596 in the village according to 1991 census. The total geographical area of the village is 588 hectares (ha) and almost all of the land is used for one or the other purpose. The most valuable asset owned by the villagers is some 10 lakh trees mostly *Eucalyptus* growing on their private lands. The situation was different before 1982, the year when Sadguru started its farm forestry programme in the village. According to a survey conducted by Sadguru in 1976, there were only 100 trees existing on private farm land in the village.

5. LAND UTILIZATION PATTERN OF SAMPLE TREE GROWERS

Out of 20 tree growers selected for our sample, 4 belonged to small farmers' category, 11 belonged to medium farmers' category and 5 belonged to large farmers' category. On an average the sample tree growers were having 7.17 acres of land holding. Out of a total of 143.5 acres of land holding owned by sample tree growers, 96, 39.75 and 7.75 acres of land was under cultivation, tree plantation and pasture/grazing respectively. A sizable chunk (27.7%) of the sample tree growers land was under *Eucalyptus* plantation as they have

brought their pasture/grazing land under plantation during the last 11 years and this has been increasing year after year due to higher profits accruing from *Eucalyptus* plantation.

6. PATTERN OF *Eucalyptus* PLANTATIONS IN DIFFERENT YEARS

A total of over two lakh saplings of *Eucalyptus* were planted by the sample tree growers between the year 1982 to 1993. The sample tree growers have planted trees on marginal land (uncultivated land, pasture land, and barren land), cultivated land and field bunds. On an average, 1.99 acres of private land was planted under block plantation during 11 years. This excludes the plantation on field bunds by the sample tree growers. Eighty five per cent of the total plantation excluding plantation on bunds have been carried out in marginal land whereas the rest of it was carried out on cultivated land. This explains that only a meagre proportion of cultivated land was put under plantation by the sample tree growers and so *Eucalyptus* plantations did not affect agricultural production adversely.

On an average, 10,221 saplings of *Eucalyptus* were planted by sample tree growers whereas the number of surviving trees after one year was 7,973. Likewise, almost all the households of village Shankerpura have a good asset in the form of *Eucalyptus* plantations which they harvest and sell whenever they need cash to meet their multifarious needs.

7. FINANCIAL ANALYSIS OF *Eucalyptus* PLANTATIONS

Financial analysis was done for the *Eucalyptus* plantations carried out by the sample tree growers in the year 1982. Only the block plantations were considered for the financial analysis. In the year 1982, small, medium and large category of sample tree growers have planted 5 acres, 12 acres and 9.5 acres respectively under block plantation.

Sadguru provided assistance to the tree growers of village Shankerpura in the form production inputs like fertilisers, irrigation and saplings free of cost. In addition, it also provided

cash incentives in the form of Indian Rupees (INR) 0.50 per plant for planting trees in their private lands. Financial analysis was carried out both with subsidy and without subsidy.

In the following sections cost of plantation; benefits from plantation; financial analysis with and without subsidy; and employment generation have been described. All the figures of costs, benefits and financial feasibility indicators have been presented at 1993 prices.

7.1. Cost of Plantation

7.1.1. Establishment Cost

The establishment cost includes the imputed value of family labour and free services provided by the volunteers organised by Sadguru. The cost of using agricultural machinery and equipment has been computed using the straight line method of calculating depreciation. The annualised capital cost of fencing around plantation has also been included. The variable cost of establishment on per acre basis has been calculated by both including and excluding the subsidy provided by Sadguru. The overall average establishment cost of plantation excluding subsidy provided by the Sadguru was estimated to be INR 3,305 for all the sample tree growers'.

Likewise, on average, establishment cost was found to be INR 7,894 per acre. This included the subsidy provided by Sadguru which accounted for almost 48 per cent of the total establishment cost. One of the reasons for the success of farm forestry in Shankerpura can be attributed to the subsidy provided in the form of necessary inputs to the farmers.

7.1.2. Recurring Cost

The recurring cost includes all expenditures incurred by tree growers after establishment of plantation. Here, in this analysis, it includes all the variable costs incurred on replacement of dead saplings, watch and ward, irrigation, cleaning, pruning, weeding, soil working, etc., in different years. The recurring cost per acre was found to be INR 4,147, INR 4,315 and INR 4,560 for small, medium and large tree growers whereas the overall average cost for the sample tree growers was found to be INR 4,371.

7.1.3. Harvesting Cost

The harvesting cost includes all the costs incurred in cutting grasses, thinning of plantations and the cost of final harvesting. Almost all the beneficiaries harvested grass during the first two to three years after plantation whereas those having large plantations, harvested grass for the first five to six years after plantation. Treating the gestation period of *Eucalyptus* as 6 years, the tree growers have harvested their tree crops at least twice during the period of eleven years. This was possible because of coppicing nature of *Eucalyptus*. The harvesting cost includes all the imputed cost of family labour used for cutting fuelwood for their own use. The overall harvesting cost per acre for sample tree growers was found to be INR 2,123 only.

The overall average cost including establishment, recurring and harvesting costs was found to be INR 9,800 acre excluding subsidy and INR 14,388 acre including subsidy provided by Sadguru.

7.2. Benefits from Plantation

The sample tree growers told us during the course of our interviews with them that returns from *Eucalyptus* plantations accrue to them in the form of timber, fuelwood, grass. The overall average income per acre was INR 18,996, INR 30,698, INR 32,833 and INR 4,242 from grass, fuelwood, timber and miscellaneous produce respectively. On an average, grasses, fuelwood, timber and miscellaneous produce contributed 23.64 per cent, 35.21 per cent, 36.33 per cent and 4.82 per cent respectively to the total income of the sample tree growers from the plantations.

All the tree growers have become totally self-sufficient in fuelwood. Most of them have been meeting their full requirements of fuelwood from their plantations for the last 7 to 8 years. Now they do not go to nearby forests for collection of fuelwood as all of them use fuelwood from *Eucalyptus* plantations and agricultural by-products. They use as fuelwood all the lops and tops left after converting *Eucalyptus* trees into poles, planks or beams.

Wood in the form of poles, beams, planks and pillar is also harvested by the tree growers

at different stages of the life cycle of *Eucalyptus* according to their needs. They use *Eucalyptus* for house construction in the form of poles, beams, side beams, planks for making roofs, window frames, doors, etc. Earlier, the villagers of Shankerpura used to live in small huts thatched with grasses and locally available materials. But now they have built houses using *Eucalyptus* timber. The tribals of Shankerpura and other nearby villages classify *Eucalyptus* timber into different categories according to size, viz., poles (INR 15-75), side beams (INR 75-300), main beam (INR 300-500), pillars (INR 500-1,000), and price each of them differently. *Eucalyptus* timber has become synonymous with their improved standard of living.

An analysis of the sample tree growers revealed that on an average received a total income of INR 32,838 per acre from *Eucalyptus* timber. If converted into annuity², this figure works to be INR 5,055 during 1982 to 1993. The sample tree growers they also use *Eucalyptus* wood for a number of other purposes, viz., making agricultural implements, furniture, using small woodsticks for giving support to agricultural crops and for fencing the agricultural fields.

On the whole, over a span of 11 years, on an average, the sample tree growers received the total income (on per acre basis) of INR 86,769 with an annuity of INR 13,359. The respondents revealed that the farm forestry plantations are the only assets they are owning which help them to meet their contingency needs during drought years which are a common feature of the tribal belt of Panchmahal district.

The officials of Sadguru revealed that village Shankerpura has become a model of farm forestry plantations for the people of the tribal belt in Panchmahal district and now nearby villages are also trying and vying with one another to emulate the same course to boost their economy.

7.3. Financial Analysis with Subsidy

The *Eucalyptus* plantations owned by all the three categories of sample tree growers are all financially feasible in terms of both NPV

² An annuity is a series of periodic cash flows (payments or receipts) of equal amounts (Chandra, 1987:216).

and BCR criteria. The NPV was found to be INR 53,572, INR 68,489 and INR 99,996 for small, medium and large categories of tree growers respectively and the overall BCR was found to be 8.85. Both these measures indicate that *Eucalyptus* plantations are a profit earning adventure for the tree growers.

The overall average FIRR for all the sample tree growers was found to be 105 percent. It was highest (159.94%) for the large farmers' category. It implies that it would be financially desirable to invest money in *Eucalyptus* plantations so long as the rate of interest on *Eucalyptus* plantation loans is equal to or less than 105 percent. In India there is a large proportion of rural population living in areas where large chunks of lands are lying unutilised and productivity of land which is in use is low. Planting *Eucalyptus* on such lands will help the rural poor rise above the poverty line as has been clearly demonstrated by Sadguru in village Shankerpura.

7.4. Financial Analysis without Subsidy

The financial feasibility measures, NPV, BCR and FIRR, calculated by excluding the amount of provided by Sadguru during the establishment of *Eucalyptus* plantations in 1982 also showed that *Eucalyptus* plantations were financially viable. The overall estimates for NPV, BCR, and annuity were found to be INR 72,391, 6.03 and INR 11,144 respectively. The overall average FIRR for all the sample tree growers' was 51.78 percent.

The financial feasibility analysis done here clearly shows the role of subsidy as an instrument of improving the financial desirability of *Eucalyptus* plantations.

7.5. Employment Generation

The *Eucalyptus* plantations have generated quite a significant amount of gainful self-employment to tree growers since its inception. On an average, 41 man days of employment per acre per annum were generated in various plantation activities for 11 years. The effect of *Eucalyptus* plantations on employment can also be judged on the basis of seasonal migration which was 75 percent in the year 1976 and has been reduced to 3.5 percent in 1993.

8. MARKETING OF TREE PRODUCE

The marketing strategy adopted by the sample tree growers of village Shankerpura is unique in the region. The tree growers have complete control over the pricing of the produce and as mentioned earlier they classify the *Eucalyptus* wood according to its size and quality. There is no role of middlemen in the marketing and thus no exploitation of the tree growers. This system of direct sale helps them fetch higher prices for their tree produce. The villagers of the nearby villages come over to the village Shankerpura for buying *Eucalyptus* wood which they get at lower prices as compared to the prices prevailing in the nearby markets. When a buyer approaches a tree grower of Shankerpura, the latter earmarks the trees according to the choice of the buyer in the plantation area. However, the felling of trees, debarking, and their conversion into timber is done by the buyer himself/herself and that way the tree growers. There is no tree growers co-operatives or any government intervention for marketing of tree produce in the area. But the tree growers on their own have evolved this unique marketing strategy which is mutually beneficial to themselves as well as the buyers.

9. CONCLUSIONS

The case study revealed that the sample tree growers have done most of the *Eucalyptus* plantations (80%) in various years on their privately owned marginal lands other than the cultivated lands. The financial feasibility analysis of *Eucalyptus* showed that they are financially viable. *Eucalyptus* plantation programmes as initiated by Sadguru can be taken up in the other parts of the India and in other parts of the World where waste/marginal lands privately owned by the rural poor are in abundance and the opportunity cost of using such lands for tree plantations is almost zero. The study revealed that the tribal villagers of Shankerpura who were once deficient in fuelwood and timber are now not only self-sufficient but also sell quite a high proportion of their tree produce to nearby villagers. To sum up, we can say that tree growers of village Shankerpura have tremendously benefited from the *Eucalyptus* plantations. This is

reflected in their higher standard of living and in the attention that the villagers have received from foresters, environmentalists and government officials. The three basic necessities of life, i.e., food, shelter and clothing, have all been provided in plenty by *Eucalyptus* plantations to the people of village Shankerpura.

10. REFERENCES

- Chambers, Robert; N.C. Saxena and Tushaar Shah (1989), **To the Hands of the Poor : Water and Trees** (New Delhi: Oxford and IBH).
- Chandra, Prasanna (1987), **Project Preparation Appraisal Budgeting and Implementation** (New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing Company Limited).
- Gittinger, J. Price (1982), **Economic Analysis of Agricultural Projects**, (Baltimore and London: The John Hopkins University Press).
- NCA (1976), 'Report of the National Commission on Agriculture, Part IX, Forestry, Ministry of Agriculture and Co-operation, Government of India, New Delhi.
- USAID/World Bank (1988), 'National Social Forestry Project, Mid-term Review, USAID office, New Delhi.

**ESTUDIO DE IMPACTO SOCIO - ECONÓMICO DEL DESARROLLO
DEL SUB - SECTOR FORESTAL EN URUGUAY
A SOCIO-ECONOMIC STUDY OF THE DEVELOPMENT OF THE FORESTRY
SUBSECTOR IN URUGUAY**

**Basso L.; Carrión J.; Echeverría R.; García H.P.; Juan E.; Puppo J.; Sancho L.;
San Román D. y Tamosiunas, M.**

Ingenieros Agrónomos. Staff técnico de la División Planeamiento de la Dirección Forestal -
Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca de la República Oriental del Uruguay

1. ANTECEDENTES

La República Oriental del Uruguay, localizada en América del Sur entre los 33 y 35° de Latitud Sur y 53 y 58° de Longitud Oeste, tiene una superficie de 18 millones de hectáreas, la actividad económica que sustenta los saldos exportables es la agropecuaria, que hoy ocupa el 88% del área productiva.

Hace mas de 25 años se trata de promover la forestación por medio de diferentes instrumentos, en una primer etapa con el objetivo de sustituir importaciones, y actualmente para lanzarlo como rubro con potencial exportador. Para este desarrollo se cuenta con 3,6 millones de ha de aptitud forestal y condiciones climáticas y socio - económicas favorables.

La cubierta forestal del país es de aproximadamente 980 mil ha entre bosques nativos y bosques cultivados.

Los tipos vegetales dominantes en Uruguay son la pradera y la vegetación subarborescente, con arbustos y árboles de mayor porte concentrados a lo largo de cursos de agua, o en los cerros. El bosque nativo ocupa 620 mil ha, compuestas por mas de 100 especies arbóreas y otras tantas arbustivas. Tiene escaso valor comercial, salvo como madera para combustible, y presenta en general lentos crecimientos y mala conformación.

Se destaca su alto valor para la conservación del suelo y cursos de agua, como fuente de diversidad genética y como protector de la fauna silvestre. Está expresamente protegido por la actual Ley Forestal, que prohíbe su tala con fines comerciales.

Los bosques implantados, 260.00 ha, se caracterizan en tres grandes grupos :

- Bosques de servicio a la actividad

agropecuaria (abrigo, cortaviento, sombra), de pequeña extensión y alta dispersión en el territorio.

- Bosques de protección costera, básicamente de *Pinus pinaster* para la fijación de dunas arenosas .

- Bosques con objetivo industrial, base del desarrollo económico del rubro , implantados desde 1970.

Dichos bosques son del género *Eucalyptus* (75%) predominando las especies *E. grandis* y *E. globulus*, del género *Pinus* (20%), mayoritariamente *P. elliotti* y *P. taeda*, y las Salicáceas (5%), limitándose a algunos suelos aluviales y como complemento de los dos géneros principales.

Los crecimientos medios anuales son elevados, de acuerdo al tipo de suelo se pueden alcanzar incrementos medios anuales (IMA) de 35 M3 en eucaliptos y 30 M3 en pinos, tomándose como promedio para las previsiones de producción 25 M3 para eucaliptos y 20 M3 para pinos.

La distribución por tamaño y tenencia de los bosques industrializables indican que los emprendimientos pequeños y medianos (hasta 500 ha) representan un 88% del total del área forestada. En esta franja encontramos productores agropecuarios, inversores de otros sectores de la economía, asociaciones de profesionales, casi en un 100% del ámbito nacional.

Los bosques de más de 501 ha ocupan el 12 % del área y además de los emprendimientos nacionales cabe destacar la presencia de inversiones de empresas madereras de Finlandia, Holanda, España y Chile. Si bien en una primera etapa predominaron los emprendimientos de inversores nacionales, es a partir del año 1992 que las empresas extranjeras comienzan un

proceso de inversión en el Sector Forestal que se ha ido acentuando en los últimos años.

La extracción anual de madera rolliza se ubica entre los 2.5 y 2.8 millones de m³ por año. Tomando como base el año 1993 del total de madera rolliza extraída el 67% (1.860.000 M³) fue utilizada como combustible. La leña representa el 18.6% de toda la energía que consume el país, en casi todos los casos provenientes de bosques de eucaliptos, con gran incidencia del consumo industrial.

2. POLÍTICAS DE PROMOCIÓN DEL SECTOR FORESTAL

La normativa legal de promoción forestal tiene su origen en la Ley 13723 sancionada el 28 de diciembre del año 1968. Consideró tres mecanismos de promoción pero sólo a partir de 1974 se pusieron en práctica dos de los tres previstos, la exoneración impositiva y la reinversión de impuestos en plantación y mantenimiento.

Si bien los resultados obtenidos no alcanzaron las metas esperadas, permitieron pasar de 950 Has. anuales que se venían forestando, a 2.500 ha de promedio anual; la distribución de géneros en ese período fue de 54% eucaliptos y 36% pinos.

Como consecuencia de cambios en la política tributaria (Ley Nro. 14.948/79) fue eliminada la posibilidad de deducir, por concepto de inversión impositiva, los costos de forestación, disminuyendo el ritmo de implantación de bosques, a un promedio anual de 2.000 Has.

En 1987 se sancionó la Ley Nro. 15.939, y de acuerdo a lo establecido en los Art. 1^{er}, 2^{do}, y 6^o, se declara de interés nacional la defensa, el mejoramiento, la ampliación, la creación de los recursos forestales, el desarrollo de las industrias forestales, y en general, de la economía forestal.

La política forestal instrumentada a partir de la promulgación de la Ley Nro. 15939 ha tenido como objetivos centrales:

- uso racional del recurso bosque nativo
- protección de los principales cursos de agua y embalses hidroeléctricos
- incremento de la base forestal con especies introducidas de rápido crecimiento en suelos de baja productividad para los usos alternativos de los mismos por parte del resto de las actividades agropecuarias

d. desarrollo sustentable del sector forestal
e. desarrollo industrial en zonas donde el mismo es inexistente o tiene un desarrollo reducido

f) debido a las características del mercado interno y de las posibilidades del mercado externo, desarrollo de un modelo exportador de productos con un alto valor agregado.

Los instrumentos de la actual política para el desarrollo de las forestaciones ya existentes, la creación de nuevas plantaciones y la protección del bosque nativo radican en:

- exoneraciones de todas las cargas impositivas a quien posee bosques y a las industrias que procesan madera se las exonera de impuestos a la importación de bienes e insumos.

- mecanismos de reintegro parcial de los costos de plantación

- líneas de crédito para la actividad forestal.

Para acceder a estos beneficios se deben cumplir algunos requisitos, como ser el forestar en las áreas de aptitud forestal con especies predeterminadas y con una superficie mínima de 10 ha. Las especies fueron seleccionadas en función de las condiciones edafoclimáticas del Uruguay y la posibilidad de obtener materia prima no excesivamente diversificada y que presente buenas perspectivas de colocación. Con ese objetivo se han elegido: *Eucalyptus grandis*, *E. globulus* ssp *globulus*, *E. globulus* ssp *maidenii*, *E. saligna*; *Pinus elliotii*, *P. taeda*, *P. pinaster*; *Populus deltoides* e híbrido 63/51; *Salix alba* var *coerulea* e híbridos 131/25 y 131/27.

Todos los emprendimientos deben presentar un Plan de Gestión que es sometido a evaluación previa a su ejecución por parte de la Dirección Forestal.

Las plantaciones que superen la 100 ha y que se realicen en suelos no declarados de Prioridad Forestal deberán tener aprobado no solo un Plan de Forestación, Manejo y Protección por parte de la Dirección Forestal, sino que también deberán presentar ante el Ministerio de Vivienda y Medio Ambiente un informe técnico de Impacto Ecológico el que será evaluado por la Dirección de Medio Ambiente.

3. RESULTADOS

Los resultados de la política de promoción han sido ampliamente satisfactorios; el

numero de proyectos presentados en el periodo 1989-1995 representa el 85% del total registrado desde 1975, correspondiendo a una superficie de mas de 170.000 ha, alcanzando en el trienio 1993 - 1995 las 40.000 ha plantadas por año. La tendencia en cuanto a géneros utilizados, fue marcada en favor del Eucalipto (90%).

En forma creciente con la mayor tasa de forestación se produjo un significativo incremento en las solicitudes de importación de insumos y bienes de capital relacionados con la forestación. Se destaca un importante aumento de la inversión en equipos para el aserrado de madera.

Las proyecciones de producción, en base a las superficies plantadas y la estabilidad que se espera en el ritmo anual de las mismas hasta fin del siglo, muestran que partir del año 1998 comenzara rápidamente a incrementarse dicha oferta, que superara los 8.000.000 de metros cúbicos en los primeros años de la próxima década, esperándose, de acuerdo a la tendencia en la plantación de bosques, que continúe aumentando en los años subsiguientes. La composición de esta oferta será fundamentalmente de madera con fines industriales y con destino a la exportación, cumpliendo con los objetivos marcados por la política de incentivos.

4. ESTUDIO DEL IMPACTO SOCIO - ECONÓMICO DEL PLAN NACIONAL FORESTAL

El Plan Nacional de Forestación incluye un monitoreo continuo del mismo.

En esta línea de trabajo es que han sido llevados a cabo estudios de Impacto Socio-económico y de Impacto Fiscal del actual marco de Legislación y Política Forestal. Los mismos han sido llevados a cabo con la participación de técnicos externos a la Dirección Forestal y la evaluación por parte de los especialistas del servicio forestal.

Cabe mencionar que en la actualidad se están instrumentando acciones para la evaluación de los Impactos Ecológicos de la actividad forestal.

En lo que refiere al Estudio del Impacto Socio - Económico, el mismo se propone contribuir a la mejor estimación cuantitativa de los impactos objetivos obtenidos por el

Programa de Desarrollo Forestal, en términos de empleo, ingresos y otros resultados económicos y sociales, agregados a nivel local, regional y nacional.

4.a. Enfoque del trabajo

El estudio se basó en un enfoque que implicó la combinación de un análisis detallado de áreas locales con estudios de nivel regional y nacional. A partir de una perspectiva de tipo interdisciplinario que incluye componentes técnicos, económicos y sociales, el estudio buscó, adicionalmente, formular una metodología susceptible de ser replicada en el futuro, de forma de facilitar el monitoreo de los impactos del desarrollo forestal.

La evaluación implicó un análisis del impacto del Proyecto de Desarrollo Forestal en tres niveles geográficos diferentes y en tres horizontes de tiempo distintos:

- a. En primer lugar, a nivel de **área local**, donde se procuran identificar los principales impactos **demográficos, económicos, sociales y culturales** de la implantación de proyectos forestales en varias zonas diferentes.
- b. En segundo lugar, a nivel del país en su conjunto, donde se procuran identificar los principales impactos económicos y sociales, con énfasis en los aspectos de **empleo, inversiones, balanza comercial y resultados fiscales**.
- c. En tercer lugar, una vez identificado el impacto a nivel de cada área y a nivel del país en su conjunto, se especifican los impactos **económicos y sociales** a nivel de **regiones**

4.b. Metodología

Los objetivos señalados anteriormente fueron alcanzados a partir de la combinación de distintas técnicas de investigación.

- Encuestas y entrevistas a los agentes

Los distintos agentes del sector fueron estudiados a partir de técnicas de encuestas, utilizando muestreos aleatorios, y entrevistas en profundidad en los casos que no existían marcos muestrales de referencia.

- Entrevistas en profundidad

Adicionalmente fueron mantenidas entrevistas con informantes claves a nivel local y departamental. Se realizaron un promedio de treinta entrevistas por región, entre las que se incluyeron autoridades departamentales, responsables locales de empresas y servicios

públicos, maestros, médicos, y otros profesionales, comisarios, gerentes de empresas, capataces, obreros y responsables de instituciones públicas.

- Información secundaria

Finalmente, se utilizó una amplia gama de fuentes de información secundaria, de tipo cuantitativo o cualitativo:

- Estadísticas generadas por la Dirección Forestal
- Censos Agropecuarios
- Censo de Población y Viviendas 1985.
- Instituto Nacional de Estadística, Encuesta de Hogares y Censo Económico Nacional, 1988.
- Metodología utilizada por la Oficina Nacional
- Información de área local

En casi todas las áreas estudiadas se seleccionó un centro urbano y se replicó la ficha diseñada por la Oficina Nacional de Acción Comunitaria y Regional (ACOR). Los resultados si bien son válidos exclusivamente para esa localidad, procuran dar una medida objetiva de la evolución que, al menos en ese lugar, se observó. Sin embargo es importante puntualizar, que esta evolución no tiene porqué haberse debido exclusivamente a la forestación, pudiendo haber otros elementos en juego quizás más importantes que la actividad en análisis.

4.c. Principales conclusiones

El análisis de los resultados permitió extraer una serie de conclusiones de las cuales se presentan a continuación las principales :

- La actividad forestal implica un uso particularmente intensivo de la mano de obra en áreas que anteriormente se dedicaban a la actividad ganadera. De acuerdo a las estimaciones, sin considerar el empleo indirecto, el coeficiente de empleo por hectárea dedicada a la actividad ganadera alcanza a 0.0047 mientras el dedicado a la actividad forestal alcanza a 0.0125 si se contabilizan solamente los empleos permanentes y a 0.0255 si se contabilizan los zafrales. Consiguientemente, en la hipótesis de que se llegara a forestar la totalidad de la superficie forestal del país se requerirían aproximadamente 90.000 personas, de las cuáles aproximadamente 44.000 serían permanentes. Estas cifras no incluyen el

empleo que se agregaría como consecuencia del ingreso de volúmenes crecientes de plantaciones en fase de cosecha.

- Como consecuencia de lo anterior, desde ya puede advertirse que el Plan Nacional de Forestación ha tenido un considerable impacto en términos de empleo directo e indirecto y en términos del desarrollo social de las áreas directamente afectadas por el mismo. Razonablemente, ese impacto crecerá significativamente en los próximos años.

• En términos de empleo directo en viveros, plantaciones y aserraderos, estimamos que hasta 1995 los proyectos financiados por el Programa generaron aproximadamente 7.200 empleos directos en viveros, plantaciones y aserraderos. De estos empleos algo más de la mitad son empleos estables y reclutan mano de obra femenina y juvenil en proporciones apreciables -significativamente mayores que la ganadería, que era la ocupación anterior más frecuente de la mayor parte de los ocupados. Los operadores estiman que estos empleos crecerán aproximadamente un 75 % en los próximos cinco años, llegando aproximadamente a los 12.500. Adicionalmente, el número de empleos se ampliarán considerablemente a poco que se ingrese en la fase de cosecha.

- En términos de empleo indirecto en actividades de cosecha y transporte, cabe estimar que el programa contribuyó a generar al menos otros 1.000 empleos de carácter indirecto, que seguramente también tendrán una expansión muy importante cuando las plantaciones ingresen en las fases de cosecha. Aunque no existen estimaciones precisas sobre el potencial de crecimiento, razonablemente debiera pensarse que crecería al menos en igual medida que el empleo directo, si no bastante más.

• En términos de remuneraciones el desarrollo forestal implicó un aumento significativo respecto a las remuneraciones generadas por la ganadería. Las comparaciones cualitativas de sueldos tanto a nivel de peones como de capataces permiten pensar en salarios que son sustancialmente superiores en el rubro forestal, entre peones por lo general se registraron valores superiores al 20 % de los salarios pagados por la ganadería. Si todos los contratos laborales se atuvieran a las leyes -lo que es muy difícil de evaluar en este estudio,

la actividad forestal generaría actualmente más de U\$S 2.000.000.- anuales para el B.P.S. suponiendo siempre que se aporte sobre la base de salarios mínimos.

- En términos de resultados fiscales, conviene marcar que las exoneraciones fiscales han sido numerosas, pero para analizar el retorno de la inversión realizada a partir de este conjunto de exoneraciones habría que incluir como ingresos las externalidades positivas que el desarrollo de las plantaciones forestales han provocado y provocarán sobre sectores vinculados directa e indirectamente. La presente investigación permite concluir que en todos los sectores considerados la aprobación de la ley ha tenido un efecto positivo, efectos que en algunos casos -viveros y empresas que prestan servicios de plantación ya se han notado, mientras que en otros -aserraderos, empresas cosechadoras y transportistas- recién se empiezan a observar. No cabe dudas que la mayoría de los agentes, en todos los sectores analizados, tienen expectativas de crecimiento e inversión, previendo un desarrollo importante para los próximos años.

- En términos de balanza comercial, razonablemente, no se han producido impactos importantes en la medida en que no se han iniciado las cosechas. Consiguientemente, el nivel de exportaciones del sector es todavía bajo: estas representaron durante el año 1994 solo el 1,4 % de todo lo que el país exportó. Efectivamente, durante ese año el sector exportó U\$S 26.600.000, en tanto que las exportaciones totales del país, se ubicaron en los U\$S 1.913.400.000. De cualquier manera, debe tenerse presente que la mayor parte de las hectáreas forestadas fueron plantadas durante la presente década, por lo que las presentes cifras variarán en forma importante en los próximos años.

- En términos de áreas locales los resultados indican que en todos aquellos casos en que se pueden obtener resultados comparables con situaciones anteriores al comienzo de los proyectos se han verificado impactos significativos en términos de población, empleo, ingresos y localización de servicios. En algunos casos estos desarrollos implican cambios de tal nivel que las áreas deben ser recategorizadas en términos de la metodología utilizada por ACOR en función de su dotación

de servicios.

- En términos regionales los impactos del desarrollo forestal se han distribuido en diferentes zonas del país, alcanzando niveles de desarrollado bastante diferenciales. Si se analizan los agentes directamente vinculados al sector a partir del análisis de variables como producción, empleo, inversiones y nivel tecnológico, se observan situaciones claramente diferentes entre la región Este del país, y las otras dos analizadas -Litoral y Norte/Centro-. Por lo general, y si bien existen matices, la región Este es la que presenta menores niveles de desarrollo. Estos matices se vinculan fundamentalmente a los viveros, donde se registraron empresas con desarrollos tecnológicos destacables. Por lo general, la región del Litoral y la Norte/Centro del país, se alternan en el primer puesto en los aspectos anteriormente señalados.

EVALUATION OF 2,3,5 - TRIPHENYLTETRAZOLIUM CHLORIDE REDUCTION AS A MEASURE OF DROUGHT - AND HEAT TOLERANCE IN *Eucalyptus grandis*

Merwe, T. van der, Staden, L. van, Mescht, A. van der and Laurie, R.
Vegetable and Ornamental Plant Institute, Private Bag X293, PRETORIA, 0001

The 2,3,5 - triphenyltetrazolium chloride viability assay has been modified to predict drought - and heat tolerance in 20 *Eucalyptus grandis* clones. After a drought acclimation treatment, the leaf discs were subjected to simulated drought by exposure to osmotic potentials. A lower absorbance value in the control treatment compared to the stress treatment, indicated a tolerant reaction. This is in contrast with a sensitive reaction where the absorbance value in the stress treatment will be lower than in the control treatment. The clones were ranked according to the difference between the mean absorbances of the control treatment and the stress treatment. The clones were listed with 1 as the most drought tolerant and 20 as the most drought sensitive. Drought simulation in the laboratory can differ from field conditions as heat stress cannot be eliminated in field trials. Thus the clones were also tested for heat tolerance. The clones were ranked with 13 as the most heat tolerant and 16 as the most heat sensitive. A stress index can be established which will enable breeders to distinguish between plant responses to heat and drought.

INTRODUCTION

Stress, in some form or another, is a highly probable occurrence for almost any plant growing under either natural or cultivated conditions. Temperature is among the major variables that effect the growth and development of plants¹. Several physiological processes begin to break down when plant temperature rises 8-10° C above the normal growing temperature. Exposure of plants to a near lethal temperature often leads to a degree of adaption so that the plant can withstand an otherwise lethal heat treatment. Since there is an interaction between heat and drought, both were tested².

OBJECTIVES

Moderate and lethal heat or drought stress treatments were measured for accumulation of formazan - the reduced form of 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride (TTC). This method is proved to be very reliable measuring heat tolerance in plants³. Inhibition of TTC reduction is an indication of enzyme inactivation. The aim of this study is to evaluate the variation in drought and/or heat tolerance in *Eucalyptus grandis* cultivars.

MATERIALS AND METHODS

Twenty cultivars were growth in a glasshouse at 26/16°C (day/night temperatures) and watered twice a week. Mannitol was used as an osmoticum for simulation of drought. There were four treatments applied. Each sample consisted of five leaf discs (4 mm in diameter) thus five repeats over six time intervals.

Drought was induced by subjecting the leaf discs too firstly a moderate stress of three hours in 3.0 ml of 0.5 M mannitol for acclimation. A control treatment was subjected to three hours in 3.0 ml of 0.2 M sodium phosphate buffer. Thereafter both stress and control leaf treatments were placed in 3.0 ml of 1.0 M mannitol solution at 29°C¹.

When the reaction to heat was tested, the control treatment was placed at 29°C in sodium phosphate buffer and the stress treatment at 40°C. After three hours the heat stress and control leaf discs were incubated at 50°C⁴.

Samples of each treatment were taken at 30 minute intervals, resulting in six different time periods. The discs were vacuum-infiltrated with TTC for five minutes and then left overnight at 29° C in the dark. The discs were washed with distilled water followed by the addition of 3 ml of 95% ethanol. The ethanol was boiled till dry and the discs resuspended

agrupamentos testados.

Os resultados das análises de agrupamento foram submetidos à análise discriminante que segundo KLECKA (1975), visando avaliar a qualidade do esquema classificatório, verificando se os grupos estabelecidos são efetivamente distintos entre si, a coesão interna dos grupos estabelecidos e se os indivíduos estão incorretamente classificados, e também a decisão do número de grupos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram desenvolvidas equações que permitiram estimar as temperaturas médias, mínimas e máximas, em função dos valores de Latitude, Longitude e Altitude de cada localidade com alta precisão.

3.1. Interpolação dos dados

O processo de interpolação numérica permitiu determinar valores relativos às 31 variáveis para as 4.912 células em que foi subdividida a região em estudo.

Após processada a interpolação, as células fora da área de estudo (países vizinhos ou oceano) foram excluídas do arquivo, restando um total de 2.870 células para toda a área de estudo, das quais 518 pertencem ao bloco 1, 886 ao bloco 2, 1.014 ao bloco 3 e, 452 ao bloco 4.

3.2. Análise Fatorial

Como entrada para a análise fatorial, utilizou-se a matriz constituída por 2.870 linhas (células) e 28 colunas correspondentes aos valores respectivos de cada uma das variáveis utilizadas totalizando 80.360 dados. O resultado da análise fatorial constituiu-se de quatro fatores retidos, com uma percentagem de explicação acumulada de 88,09% da variância contida nas variáveis originais.

Foram formadas composições lineares (ou índices), no modelo de regressão linear múltipla, que serviram de dados de entrada para a análise de agrupamento. As equações que constituem os índices são:

Índice Térmico de Altitude e Evapotranspiração (ITAE) = $-0,78ALT + 0,98TMINJAN + 0,90TMINABR + 0,86TMINJUL + 0,90TMINOUT + 0,88TMEDJAN + 0,98TMEDABR +$

$0,90TMEDJUL + 0,91TMEDOUT + 0,86TMAXJAN + 0,90TMAXABR + 0,72TMAXOUT + 0,94IETPAN.$

Índice da Umidade Relativa (IUR) = $0,747URMEDJAN + 0,850URMEDABR + 0,799URMEDJUL + 0,944URMEDOUT + 0,949URMEDAN$

Índice da Distribuição da Precipitação (IDP) = $-0,766PTMJUL - 0,778PCT3 + 0,860PCT4$

Índice da Precipitação (IPT) = $-0,844PTMOUT - 0,953PTMAN$

3.3. Análise de Agrupamento

A matriz constituída por 2.870 linhas (células) e 4 colunas correspondentes aos valores respectivos de cada um dos índices resultou em 11.480 dados. Foram testados distintos agrupamentos, com números de grupos variando de 4 a 10. Na decisão sobre o número de grupos procurou-se não dividir a região em número excessivamente grande de grupos com muitos sub-grupos constituídos por uma ou poucas células; a generalização em demasia; encontrar analogias com outros trabalhos realizados para a região e o seu grau de acerto.

3.4. Análise Discriminante

Os resultados obtidos na análise de agrupamento foram testados por meio da análise discriminante, que demonstrou que a percentagem de acerto do agrupamento que contém 6 grupos (regiões ecológicas) foi de 96,79%, que foi o que apresentou um maior grau de acerto no que se refere à alocação das células nos grupos aos quais elas têm maior probabilidade de pertencer. Além de considerar-se o grau de acerto dos diferentes agrupamentos estudados, procurou-se, na escolha do número de grupos, evitar uma generalização ou uma divisão excessiva da área, assim como encontrar analogias com trabalhos similares realizados na região estudada.

Foram realocadas 92 células que apresentaram uma maior probabilidade de pertencer a uma região ecológica diferente da classificação original e, além dessas, também, foram realocadas 15 células que ficaram isoladas

dentro de outra região. E com o objetivo de diminuir a amplitude entre os valores extremos de cada variável em cada grupo, foram realocadas 18 células.

3.5. Delimitação e Descrição das Regiões Ecológicas

Pela filosofia desta metodologia, são detectadas e classificadas como pertencentes a uma mesma região ecológica, células que se encontram distantes geograficamente, mas que são "equivalentes" entre si, a partir das características determinadas pela interação das variáveis utilizadas no processo de classificação. Esta interação permitiu a obtenção de seis regiões ecológicamente homogêneas (Figura 2), que são posteriormente descritas com base nos valores mínimos, médios e máximos das variáveis utilizadas no presente estudo.

Como exemplo, são apresentados no Qua-

dro 2, valores interpolados médios mínimos e máximos de 5 das 31 variáveis utilizadas no presente trabalho.

4. CONCLUSÕES

Tomados em conjunto os resultados do presente trabalho permitiram:

- desenvolver as equações de regressão para estimar as temperaturas mínimas, médias e máximas para os locais onde não existem estações meteorológicas, aumentando a densidade de dados disponíveis;

- a interpolação de dados climáticos e altitude permitiu distribuir os dados de forma homogênea na área de estudo;

- delimitar as regiões ecológicas para o território brasileiro situado ao sul do paralelo de 24°S, com elevado grau de especificidade e coerência.

As informações geradas no presente tra-

QUADRO 2. Valores interpolados mínimos, médios e máximos, de 5 das 31 variáveis climáticas e de altitude, para cada uma das seis Regiões Ecológicas do território brasileiro localizado ao sul do paralelo 24° S

Variáveis		Número das Regiões Ecológicas					
		1	2	3	4	5	6
ALT	Mínimo	2,5	2,1	184,5	2,0	484,1	626,6
	Médio	293,3	112,3	398,7	73,2	755,0	884,1
	Máximo	560,4	395,6	683,3	365,6	1099,9	1401,8
TMINJUL	Mínimo	8,8	8,8	7,6	8,2	5,8	5,6
	Médio	10,7	10,5	9,1	9,4	9,0	7,9
	Máximo	15,0	13,7	12,8	12,3	12,4	10,4
TMAXJAN	Mínimo	26,7	26,0	25,7	26,0	25,2	23,1
	Médio	30,3	30,5	29,2	29,9	27,6	26,5
	Máximo	32,7	32,7	31,7	32,5	30,2	29,3
TMEDAN	Mínimo	17,6	17,3	16,9	16,6	15,5	13,2
	Médio	20,2	20,2	18,6	19,1	17,9	16,9
	Máximo	21,8	22,8	21,7	21,2	20,6	20,1
PTMAN	Mínimo	1686,6	1445,4	1311,8	1176,9	1649,4	1252,9
	Médio	1885,6	1633,4	1587,0	1400,4	1870,0	1569,1
	Máximo	2360,8	1901,1	1808,9	1559,8	2230,6	1913,4

balho, referentes aos valores médios, mínimos e máximos para cada uma das 31 variáveis originais, podem ser utilizados, dentre outros, para suportar a indicação de espécies florestais para fins de reflorestamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, L.A. de. **Classificação ecológica do Estado da Paraíba**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 157p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- GOLFARI, L. Coníferas aptas para repoblaciones forestales en el Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, v. 6, p. 7-62, 1967.
- GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1975. 65 p. (Série técnica, 3).
- GOLFARI, L., CASER, R.L. **Zoneamento ecológico da região Nordeste para experimentação florestal**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1977. 116 p. (Série técnica, 10).
- GOLFARI, L., CASER, R.L., MOURA, V.G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66 p. (Série técnica, 11).
- KLECKA, W.R. Discriminant analysis. In: NIE, N.H. (Ed.). **Statistical package for the social sciences**. 2.ed. New York, MacGraw-Hill, 1975. v.5, p. 434-467.
- MARTINS, S.V. **Classificação ecológica do Estado do Espírito Santo: um método climático**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- REIS, M.G.F., REIS, G.G. Estudos ecológicos visando a seleção de espécies para reflorestamentos. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA NA UFV, 2, 1990, Viçosa, MG. **Linhas de pesquisa e resumos...** Viçosa, MG: UFV, 1990. p.4-6
- REIS, M.G.F., REIS, G.G. Impactos ambientais dos reflorestamentos. In: ENCONTRO TÉCNICO FLORESTAL - ENTEC, 6, [1993, Belo Horizonte]. [Anais...] [Belo Horizonte:ABRACAVE, 1993.] n.p.
- TRISTÃO, R.A. **Classificação ecológica de uma área do Estado de Minas Gerais: um método biopedológico**. Viçosa, MG: UFV, 1992. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1992.

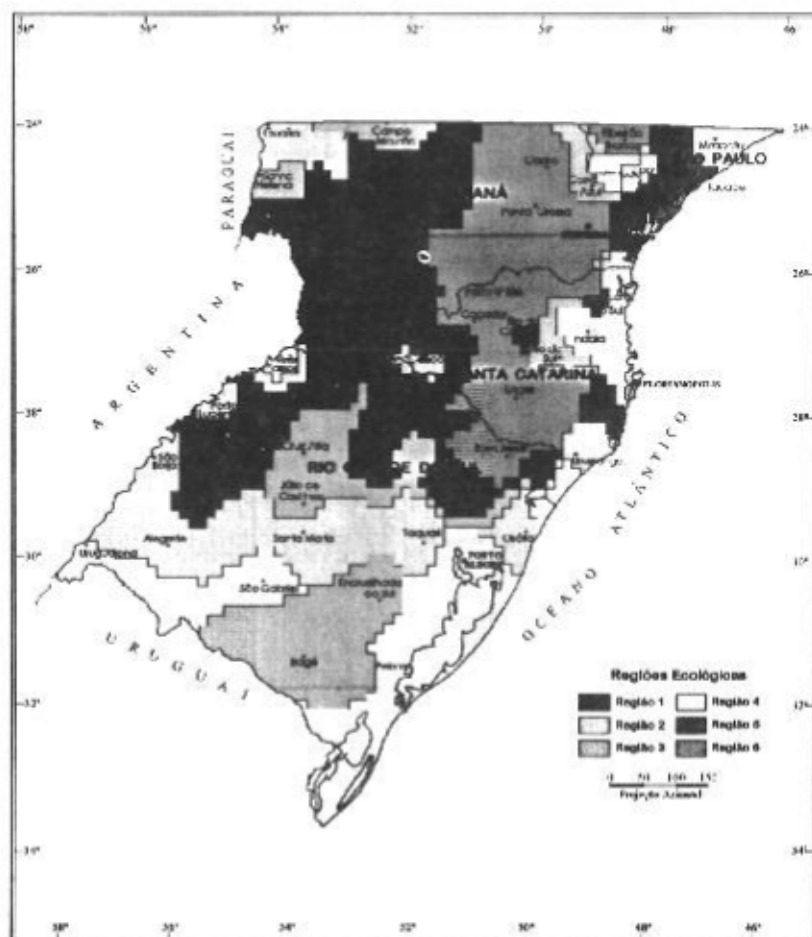


FIGURA 2. Regiões ecológicas do território brasileiro situado ao sul do paralelo 24°S, delimitadas com base nas variáveis climáticas e de altitude.

ECONOMICS OF *Eucalyptus* PLANTATIONS : A CASE STUDY IN A TRIBAL AREA IN WESTERN INDIA¹

Balooni, K.

Research Associate - Natural Resource Management Project - Institute of Rural Management
Post Box No. 60, Anand - 388 001 - INDIA - (email: kbb@stdn.irm.ernet.in)

SUMMARY

Farm forestry is an important component of social forestry programmes that are now underway in India. Economics of farm forestry varies from region to region and from farm to farm within a region depending upon a number of factors. This paper explores the economics of *Eucalyptus* plantations grown under a farm forestry programme in a tribal village of Shankerpura in Western Indian State of Gujarat. Net Present Value, Benefit-Cost Ratio, and Financial Internal Rate of Return are used as indicators of financial viability of *Eucalyptus* plantations. *Eucalyptus* plantation was found to be financially viable and ecologically sound use of marginal (degraded) land. It transformed the entire village economy from a backward one to a prosperous one and the landscape from desolate to green.

1. INTRODUCTION

The practice of planting trees is as old as cultivation of other crops, the need for government intervention to promote farm forestry in India was articulated in mid seventies by the National Commission on Agriculture (NCA 1976). The Government of India (GOI) accepted the NCA's recommendations and subsequently farm forestry programmes were initiated in some states in the late seventies. According to mid-term appraisal of social forestry programmes by USAID/World Bank (1988), success of farm forestry component in many regions of India has been remarkable.

Profitability of farm forestry varies from region to region and from farm to farm within a region. It may not be economically desirable

for a farmer to plant trees on good lands which have very high opportunity cost in terms of value of agricultural production foregone. However, tree planting may be profitable for a farmer in a region prone to recurring droughts and having unproductive soil which is not fit for growing agricultural crops. In India, there is still vast scope for implementing farm forestry programmes in regions which are not yet brought within the fold of tree plantation schemes and in which there is acute shortage of fuelwood, timber and other forest produce. The area available for growing trees on cultivated land (including degraded cultivated land) is difficult to estimate but all, or almost all cultivated area is fit for growing trees (Chambers *et al.* 1989).

Many researchers and social scientists have found that farm forestry plantations on privately owned lands in various regions in India are financially feasible. This paper examines the economics of *Eucalyptus* plantations promoted by a non-governmental organisation (NGO) under its farm forestry programme. The NGO involved NM Sadguru Water and Development Foundation, hereafter referred to as Sadguru. It is involved, *inter alia*, in implementing programmes of tree plantation in privately owned lands of tribal people in Western Indian State of Gujarat in India.

2. RESEARCH METHODOLOGY

Shankerpura village in Panchmahal district of Gujarat state in India was selected purposively for the case study. It is the village where Sadguru launched its farm forestry programme first. A sample of 20 tree growers from the village was selected using the

¹This paper was prepared for presentation at the Symposium on 'Silviculture and Genetic Improvement of *Eucalyptus*' to be held at EMBRAPA-CNPq, Colombo, Brazil on August 24-29, 1997. This paper forms part of the research work being carried out by the author for his Ph.D. (Economics) thesis entitled, "Financing of Afforestation of Wastelands in India". The thesis is to be submitted to the Sardar Patel University, Vallabh Vidyanagar, India.

systematic random sampling design. A sample of 20 households (approximately 10% of the total number of households) was selected for the purpose of in-depth interviews. Both primary and secondary data for the study were collected. Collection of data was accomplished using both the case study and the interview method. The information so collected pertained to the reference year 1993-94.

To determine the financial feasibility of farm forestry plantations in village Shankerpura, Net Present Value (NPV), Benefit Cost Ratio (BCR) and Financial Internal Rate of Return (FIRR) methods were used (Gittinger, 1982).

To compute these values cashflows were compounded at 10 per cent rate of interest, using market prices for costs and benefits prevailing in the respective years of occurrence for a period of 11 years (July 1982 to October 1993). All the figures of costs and benefits have been expressed at 1993 prices.

For determining financial feasibility of farm forestry, the sample respondents were grouped into the following three categories according to the size of their land holdings:

Category	Land holding (acres)
Small	2.47 to 4.94
Medium	4.95 to 9.88
Large	9.89 and above

There were no sample respondents in the marginal category (having landholding less than 2.47 acres).

3. A RESUME OF SADGURU

Sadguru, a non-political, non-profit making, secular, non-governmental organisation was established in the year 1969. Its head office is located at Dahod in Panchmahal district of Gujarat in India. The main objective of Sadguru is to improve the living conditions and rural and tribal people and to remove their poverty, mainly by implementing environment-friendly programmes, which may in turn improve the natural resources base of the area. Though social and farm forestry is a part of the broad watershed development programme, it is given special attention by Sadguru in view of its tremendous potential in the area.

3.1. Farm Forestry Programme of Sadguru

Farm forestry programme of Sadguru was started in the year 1982 on an experimental basis in village Shankerpura in Panchmahal district. After witnessing the encouraging results of the first farm forestry plantations in Shankerpura and nearby villages, and on the request of the tribals from other villages, Sadguru adopted farm forestry as a major activity along with its various other activities. Tree plantation is done mostly on private waste/inferior lands, field bunds, field strips, etc. Sadguru has deliberately chosen to concentrate its afforestation activities on private wastelands for the reason that there is substantial extent of private wastelands available in its area of operation.

4. A PROFILE OF VILLAGE SHANKERPURA

Village Shankerpura is wholly inhabited by tribal population. All the inhabitants are cultivators and there is no landless family in the village. There are 212 families with a total population of 1,596 in the village according to 1991 census. The total geographical area of the village is 588 hectares (ha) and almost all of the land is used for one or the other purpose. The most valuable asset owned by the villagers is some 10 lakh trees mostly *Eucalyptus* growing on their private lands. The situation was different before 1982, the year when Sadguru started its farm forestry programme in the village. According to a survey conducted by Sadguru in 1976, there were only 100 trees existing on private farm land in the village.

5. LAND UTILIZATION PATTERN OF SAMPLE TREE GROWERS

Out of 20 tree growers selected for our sample, 4 belonged to small farmers' category, 11 belonged to medium farmers' category and 5 belonged to large farmers' category. On an average the sample tree growers were having 7.17 acres of land holding. Out of a total of 143.5 acres of land holding owned by sample tree growers, 96, 39.75 and 7.75 acres of land was under cultivation, tree plantation and pasture/grazing respectively. A sizable chunk (27.7%) of the sample tree growers land was under *Eucalyptus* plantation as they have

brought their pasture/grazing land under plantation during the last 11 years and this has been increasing year after year due to higher profits accruing from *Eucalyptus* plantation.

6. PATTERN OF *Eucalyptus* PLANTATIONS IN DIFFERENT YEARS

A total of over two lakh saplings of *Eucalyptus* were planted by the sample tree growers between the year 1982 to 1993. The sample tree growers have planted trees on marginal land (uncultivated land, pasture land, and barren land), cultivated land and field bunds. On an average, 1.99 acres of private land was planted under block plantation during 11 years. This excludes the plantation on field bunds by the sample tree growers. Eighty five per cent of the total plantation excluding plantation on bunds have been carried out in marginal land whereas the rest of it was carried out on cultivated land. This explains that only a meagre proportion of cultivated land was put under plantation by the sample tree growers and so *Eucalyptus* plantations did not affect agricultural production adversely.

On an average, 10,221 saplings of *Eucalyptus* were planted by sample tree growers whereas the number of surviving trees after one year was 7,973. Likewise, almost all the households of village Shankerpura have a good asset in the form of *Eucalyptus* plantations which they harvest and sell whenever they need cash to meet their multifarious needs.

7. FINANCIAL ANALYSIS OF *Eucalyptus* PLANTATIONS

Financial analysis was done for the *Eucalyptus* plantations carried out by the sample tree growers in the year 1982. Only the block plantations were considered for the financial analysis. In the year 1982, small, medium and large category of sample tree growers have planted 5 acres, 12 acres and 9.5 acres respectively under block plantation.

Sadguru provided assistance to the tree growers of village Shankerpura in the form production inputs like fertilisers, irrigation and saplings free of cost. In addition, it also provided

cash incentives in the form of Indian Rupees (INR) 0.50 per plant for planting trees in their private lands. Financial analysis was carried out both with subsidy and without subsidy.

In the following sections cost of plantation; benefits from plantation; financial analysis with and without subsidy; and employment generation have been described. All the figures of costs, benefits and financial feasibility indicators have been presented at 1993 prices.

7.1. Cost of Plantation

7.1.1. Establishment Cost

The establishment cost includes the imputed value of family labour and free services provided by the volunteers organised by Sadguru. The cost of using agricultural machinery and equipment has been computed using the straight line method of calculating depreciation. The annualised capital cost of fencing around plantation has also been included. The variable cost of establishment on per acre basis has been calculated by both including and excluding the subsidy provided by Sadguru. The overall average establishment cost of plantation excluding subsidy provided by the Sadguru was estimated to be INR 3,305 for all the sample tree growers¹.

Likewise, on average, establishment cost was found to be INR 7,894 per acre. This included the subsidy provided by Sadguru which accounted for almost 48 per cent of the total establishment cost. One of the reasons for the success of farm forestry in Shankerpura can be attributed to the subsidy provided in the form of necessary inputs to the farmers.

7.1.2. Recurring Cost

The recurring cost includes all expenditures incurred by tree growers after establishment of plantation. Here, in this analysis, it includes all the variable costs incurred on replacement of dead saplings, watch and ward, irrigation, cleaning, pruning, weeding, soil working, etc., in different years. The recurring cost per acre was found to be INR 4,147, INR 4,315 and INR 4,560 for small, medium and large tree growers whereas the overall average cost for the sample tree growers was found to be INR 4,371.

7.1.3. Harvesting Cost

The harvesting cost includes all the costs incurred in cutting grasses, thinning of plantations and the cost of final harvesting. Almost all the beneficiaries harvested grass during the first two to three years after plantation whereas those having large plantations, harvested grass for the first five to six years after plantation. Treating the gestation period of *Eucalyptus* as 6 years, the tree growers have harvested their tree crops at least twice during the period of eleven years. This was possible because of coppicing nature of *Eucalyptus*. The harvesting cost includes all the imputed cost of family labour used for cutting fuelwood for their own use. The overall harvesting cost per acre for sample tree growers was found to be INR 2,123 only.

The overall average cost including establishment, recurring and harvesting costs was found to be INR 9,800 acre excluding subsidy and INR 14,388 acre including subsidy provided by Sadguru.

7.2. Benefits from Plantation

The sample tree growers told us during the course of our interviews with them that returns from *Eucalyptus* plantations accrue to them in the form of timber, fuelwood, grass. The overall average income per acre was INR 18,996, INR 30,698, INR 32,833 and INR 4,242 from grass, fuelwood, timber and miscellaneous produce respectively. On an average, grasses, fuelwood, timber and miscellaneous produce contributed 23.64 per cent, 35.21 per cent, 36.33 per cent and 4.82 per cent respectively to the total income of the sample tree growers from the plantations.

All the tree growers have become totally self-sufficient in fuelwood. Most of them have been meeting their full requirements of fuelwood from their plantations for the last 7 to 8 years. Now they do not go to nearby forests for collection of fuelwood as all of them use fuelwood from *Eucalyptus* plantations and agricultural by-products. They use as fuelwood all the lops and tops left after converting *Eucalyptus* trees into poles, planks or beams.

Wood in the form of poles, beams, planks and pillar is also harvested by the tree growers

at different stages of the life cycle of *Eucalyptus* according to their needs. They use *Eucalyptus* for house construction in the form of poles, beams, side beams, planks for making roofs, window frames, doors, etc. Earlier, the villagers of Shankerpura used to live in small huts thatched with grasses and locally available materials. But now they have built houses using *Eucalyptus* timber. The tribals of Shankerpura and other nearby villages classify *Eucalyptus* timber into different categories according to size, viz., poles (INR 15-75), side beams (INR 75-300), main beam (INR 300-500), pillars (INR 500-1,000), and price each of them differently. *Eucalyptus* timber has become synonymous with their improved standard of living.

An analysis of the sample tree growers revealed that on an average received a total income of INR 32,838 per acre from *Eucalyptus* timber. If converted into annuity², this figure works to be INR 5,055 during 1982 to 1993. The sample tree growers they also use *Eucalyptus* wood for a number of other purposes, viz., making agricultural implements, furniture, using small woodsticks for giving support to agricultural crops and for fencing the agricultural fields.

On the whole, over a span of 11 years, on an average, the sample tree growers received the total income (on per acre basis) of INR 86,769 with an annuity of INR 13,359. The respondents revealed that the farm forestry plantations are the only assets they are owning which help them to meet their contingency needs during drought years which are a common feature of the tribal belt of Panchmahal district.

The officials of Sadguru revealed that village Shankerpura has become a model of farm forestry plantations for the people of the tribal belt in Panchmahal district and now nearby villages are also trying and vying with one another to emulate the same course to boost their economy.

7.3. Financial Analysis with Subsidy

The *Eucalyptus* plantations owned by all the three categories of sample tree growers are all financially feasible in terms of both NPV

² An annuity is a series of periodic cash flows (payments or receipts) of equal amounts (Chandra, 1987:216).

and BCR criteria. The NPV was found to be INR 53,572, INR 68,489 and INR 99,996 for small, medium and large categories of tree growers respectively and the overall BCR was found to be 8.85. Both these measures indicate that *Eucalyptus* plantations are a profit earning adventure for the tree growers.

The overall average FIRR for all the sample tree growers was found to be 105 percent. It was highest (159.94%) for the large farmers' category. It implies that it would be financially desirable to invest money in *Eucalyptus* plantations so long as the rate of interest on *Eucalyptus* plantation loans is equal to or less than 105 percent. In India there is a large proportion of rural population living in areas where large chunks of lands are lying unutilised and productivity of land which is in use is low. Planting *Eucalyptus* on such lands will help the rural poor rise above the poverty line as has been clearly demonstrated by Sadguru in village Shankerpura.

7.4. Financial Analysis without Subsidy

The financial feasibility measures, NPV, BCR and FIRR, calculated by excluding the amount of provided by Sadguru during the establishment of *Eucalyptus* plantations in 1982 also showed that *Eucalyptus* plantations were financially viable. The overall estimates for NPV, BCR, and annuity were found to be INR 72,391, 6.03 and INR 11,144 respectively. The overall average FIRR for all the sample tree growers' was 51.78 percent.

The financial feasibility analysis done here clearly shows the role of subsidy as an instrument of improving the financial desirability of *Eucalyptus* plantations.

7.5. Employment Generation

The *Eucalyptus* plantations have generated quite a significant amount of gainful self-employment to tree growers since its inception. On an average, 41 man days of employment per acre per annum were generated in various plantation activities for 11 years. The effect of *Eucalyptus* plantations on employment can also be judged on the basis of seasonal migration which was 75 percent in the year 1976 and has been reduced to 3.5 percent in 1993.

8. MARKETING OF TREE PRODUCE

The marketing strategy adopted by the sample tree growers of village Shankerpura is unique in the region. The tree growers have complete control over the pricing of the produce and as mentioned earlier they classify the *Eucalyptus* wood according to its size and quality. There is no role of middlemen in the marketing and thus no exploitation of the tree growers. This system of direct sale helps them fetch higher prices for their tree produce. The villagers of the nearby villages come over to the village Shankerpura for buying *Eucalyptus* wood which they get at lower prices as compared to the prices prevailing in the nearby markets. When a buyer approaches a tree grower of Shankerpura, the latter earmarks the trees according to the choice of the buyer in the plantation area. However, the felling of trees, debarking, and their conversion into timber is done by the buyer himself/herself and that way the tree growers. There is no tree growers co-operatives or any government intervention for marketing of tree produce in the area. But the tree growers on their own have evolved this unique marketing strategy which is mutually beneficial to themselves as well as the buyers.

9. CONCLUSIONS

The case study revealed that the sample tree growers have done most of the *Eucalyptus* plantations (80%) in various years on their privately owned marginal lands other than the cultivated lands. The financial feasibility analysis of *Eucalyptus* showed that they are financially viable. *Eucalyptus* plantation programmes as initiated by Sadguru can be taken up in the other parts of the India and in other parts of the World where waste/marginal lands privately owned by the rural poor are in abundance and the opportunity cost of using such lands for tree plantations is almost zero. The study revealed that the tribal villagers of Shankerpura who were once deficient in fuelwood and timber are now not only self-sufficient but also sell quite a high proportion of their tree produce to nearby villagers. To sum up, we can say that tree growers of village Shankerpura have tremendously benefited from the *Eucalyptus* plantations. This is

reflected in their higher standard of living and in the attention that the villagers have received from foresters, environmentalists and government officials. The three basic necessities of life, i.e., food, shelter and clothing, have all been provided in plenty by *Eucalyptus* plantations to the people of village Shankerpura.

10. REFERENCES

- Chambers, Robert; N.C. Saxena and Tushaar Shah (1989), **To the Hands of the Poor : Water and Trees** (New Delhi: Oxford and IBH).
- Chandra, Prasanna (1987), **Project Preparation Appraisal Budgeting and Implementation** (New Delhi: Tata McGrawHill Publishing Company Limited).
- Gittinger, J. Price (1982), **Economic Analysis of Agricultural Projects**, (Baltimore and London: The John Hopkins University Press).
- NCA (1976), 'Report of the National Commission on Agriculture, Part IX, Forestry, Ministry of Agriculture and Co-operation, Government of India, New Delhi.
- USAID/World Bank (1988), 'National Social Forestry Project, Mid-term Review, USAID office, New Delhi.

**ESTUDIO DE IMPACTO SOCIO - ECONÓMICO DEL DESARROLLO
DEL SUB - SECTOR FORESTAL EN URUGUAY
A SOCIO-ECONOMIC STUDY OF THE DEVELOPMENT OF THE FORESTRY
SUBSECTOR IN URUGUAY**

**Basso L.; Carrión J.; Echeverría R.; García H.P.; Juan E.; Puppo J.; Sancho L.;
San Román D. y Tamosiunas, M.**

Ingenieros Agrónomos. Staff técnico de la División Planeamiento de la Dirección Forestal -
Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca de la República Oriental del Uruguay

I. ANTECEDENTES

La República Oriental del Uruguay, localizada en América del Sur entre los 33 y 35° de Latitud Sur y 53 y 58° de Longitud Oeste, tiene una superficie de 18 millones de hectáreas, la actividad económica que sustenta los saldos exportables es la agropecuaria, que hoy ocupa el 88% del área productiva.

Hace mas de 25 años se trata de promover la forestación por medio de diferentes instrumentos, en una primer etapa con el objetivo de sustituir importaciones, y actualmente para lanzarlo como rubro con potencial exportador. Para este desarrollo se cuenta con 3,6 millones de ha de aptitud forestal y condiciones climáticas y socio - económicas favorables.

La cubierta forestal del país es de aproximadamente 980 mil ha entre bosques nativos y bosques cultivados.

Los tipos vegetales dominantes en Uruguay son la pradera y la vegetación subarbustiva, con arbustos y árboles de mayor porte concentrados a lo largo de cursos de agua, o en los cerros. El bosque nativo ocupa 620 mil ha, compuestas por mas de 100 especies arbóreas y otras tantas arbustivas. Tiene escaso valor comercial, salvo como madera para combustible, y presenta en general lentos crecimientos y mala conformación.

Se destaca su alto valor para la conservación del suelo y cursos de agua, como fuente de diversidad genética y como protector de la fauna silvestre. Está expresamente protegido por la actual Ley Forestal, que prohíbe su tala con fines comerciales.

Los bosques implantados, 260.00 ha, se caracterizan en tres grandes grupos :

- Bosques de servicio a la actividad

agropecuaria (abrigo, cortaviento, sombra), de pequeña extensión y alta dispersión en el territorio.

- Bosques de protección costera, básicamente de *Pinus pinaster* para la fijación de dunas arenosas .

- Bosques con objetivo industrial, base del desarrollo económico del rubro , implantados desde 1970.

Dichos bosques son del género *Eucalyptus* (75%) predominando las especies *E.grandis* y *E.globulus*, del género *Pinus* (20%), mayoritariamente *P.elliotti* y *P.taeda*, y las *Salicaceas* (5%), limitándose a algunos suelos aluviales y como complemento de los dos géneros principales.

Los crecimientos medios anuales son elevados, de acuerdo al tipo de suelo se pueden alcanzar incrementos medios anuales (IMA) de 35 M3 en eucaliptos y 30 M3 en pinos, tomándose como promedio para las previsiones de producción 25 M3 para eucaliptos y 20 M3 para pinos.

La distribución por tamaño y tenencia de los bosques industrializables indican que los emprendimientos pequeños y medianos (hasta 500 ha) representan un 88% del total del área forestada. En esta franja encontramos productores agropecuarios, inversores de otros sectores de la economía , asociaciones de profesionales , casi en un 100% del ámbito nacional.

Los bosques de más de 501 ha ocupan el 12 % del área y además de los emprendimientos nacionales cabe destacar la presencia de inversiones de empresas madereras de Finlandia, Holanda, España y Chile. Si bien en una primera etapa predominaron los emprendimientos de inversores nacionales, es a partir del año 1992 que las empresas extranjeras comienzan un

proceso de inversión en el Sector Forestal que se ha ido acentuando en los últimos años.

La extracción anual de madera rolliza se ubica entre los 2.5 y 2.8 millones de m³ por año. Tomando como base el año 1993 del total de madera rolliza extraída el 67% (1.860.000 M³) fue utilizada como combustible. La leña representa el 18.6% de toda la energía que consume el país, en casi todos los casos provenientes de bosques de eucaliptos, con gran incidencia del consumo industrial.

2. POLÍTICAS DE PROMOCIÓN DEL SECTOR FORESTAL

La normativa legal de promoción forestal tiene su origen en la Ley 13723 sancionada el 28 de diciembre del año 1968. Consideró tres mecanismos de promoción pero sólo a partir de 1974 se pusieron en práctica dos de los tres previstos, la exoneración impositiva y la reinversión de impuestos en plantación y mantenimiento.

Si bien los resultados obtenidos no alcanzaron las metas esperadas, permitieron pasar de 950 Has. anuales que se venían forestando, a 2.500 ha de promedio anual; la distribución de géneros en ese período fue de 54% eucaliptos y 36% pinos.

Como consecuencia de cambios en la política tributaria (Ley Nro. 14.948/79) fue eliminada la posibilidad de deducir, por concepto de inversión impositiva, los costos de forestación, disminuyendo el ritmo de implantación de bosques, a un promedio anual de 2.000 Has.

En 1987 se sancionó la Ley Nro. 15.939, y de acuerdo a lo establecido en los Art. 1^{er}, 2^{do}, y 6^{to}, se declara de interés nacional la defensa, el mejoramiento, la ampliación, la creación de los recursos forestales, el desarrollo de las industrias forestales, y en general, de la economía forestal.

La política forestal instrumentada a partir de la promulgación de la Ley Nro. 15939 ha tenido como objetivos centrales:

- uso racional del recurso bosque nativo
- protección de los principales cursos de agua y embalses hidroeléctricos
- incremento de la base forestal con especies introducidas de rápido crecimiento en suelos de baja productividad para los usos alternativos de los mismos por parte del resto de las actividades agropecuarias

d. desarrollo sustentable del sector forestal
e. desarrollo industrial en zonas donde el mismo es inexistente o tiene un desarrollo reducido

f) debido a las características del mercado interno y de las posibilidades del mercado externo, desarrollo de un modelo exportador de productos con un alto valor agregado.

Los instrumentos de la actual política para el desarrollo de las forestaciones ya existentes, la creación de nuevas plantaciones y la protección del bosque nativo radican en:

- exoneraciones de todas las cargas impositivas a quien posee bosques y a las industrias que procesan madera se las exonera de impuestos a la importación de bienes e insumos.

- mecanismos de reintegro parcial de los costos de plantación

- líneas de crédito para la actividad forestal.

Para acceder a estos beneficios se deben cumplir algunos requisitos, como ser el forestar en las áreas de aptitud forestal con especies predeterminadas y con una superficie mínima de 10 ha. Las especies fueron seleccionadas en función de las condiciones edafoclimáticas del Uruguay y la posibilidad de obtener materia prima no excesivamente diversificada y que presente buenas perspectivas de colocación. Con ese objetivo se han elegido: *Eucalyptus grandis*, *E. globulus* ssp *globulus*, *E. globulus* ssp *maidenii*, *E. saligna*; *Pinus elliotii*, *P. taeda*, *P. pinaster*; *Populus deltoides* e híbrido 63/51; *Salix alba* var *coerulea* e híbridos 131/25 y 131/27.

Todos los emprendimientos deben presentar un Plan de Gestión que es sometido a evaluación previa a su ejecución por parte de la Dirección Forestal.

Las plantaciones que superen la 100 ha y que se realicen en suelos no declarados de Prioridad Forestal deberán tener aprobado no solo un Plan de Forestación, Manejo y Protección por parte de la Dirección Forestal, sino que también deberán presentar ante el Ministerio de Vivienda y Medio Ambiente un informe técnico de Impacto Ecológico el que será evaluado por la Dirección de Medio Ambiente.

3. RESULTADOS

Los resultados de la política de promoción han sido ampliamente satisfactorios; el

numero de proyectos presentados en el periodo 1989-1995 representa el 85% del total registrado desde 1975, correspondiendo a una superficie de mas de 170.000 ha, alcanzando en el trienio 1993 - 1995 las 40.000 ha plantadas por año. La tendencia en cuanto a géneros utilizados, fue marcada en favor del Eucalipto (90%).

En forma creciente con la mayor tasa de forestación se produjo un significativo incremento en las solicitudes de importación de insumos y bienes de capital relacionados con la forestación. Se destaca un importante aumento de la inversión en equipos para el aserrado de madera.

Las proyecciones de producción, en base a las superficies plantadas y la estabilidad que se espera en el ritmo anual de las mismas hasta fin del siglo, muestran que partir del año 1998 comenzara rápidamente a incrementarse dicha oferta, que superara los 8.000.000 de metros cúbicos en los primeros años de la próxima década, esperándose, de acuerdo a la tendencia en la plantación de bosques, que continúe aumentando en los años subsiguientes. La composición de esta oferta será fundamentalmente de madera con fines industriales y con destino a la exportación, cumpliendo con los objetivos marcados por la política de incentivos.

4. ESTUDIO DEL IMPACTO SOCIO - ECONÓMICO DEL PLAN NACIONAL FORESTAL

El Plan Nacional de Forestación incluye un monitoreo continuo del mismo.

En esta línea de trabajo es que han sido llevados a cabo estudios de Impacto Socio-económico y de Impacto Fiscal del actual marco de Legislación y Política Forestal. Los mismos han sido llevados a cabo con la participación de técnicos externos a la Dirección Forestal y la evaluación por parte de los especialistas del servicio forestal.

Cabe mencionar que en la actualidad se están instrumentando acciones para la evaluación de los Impactos Ecológicos de la actividad forestal.

En lo que refiere al Estudio del Impacto Socio - Económico, el mismo se propone contribuir a la mejor estimación cuantitativa de los impactos objetivos obtenidos por el

Programa de Desarrollo Forestal, en términos de empleo, ingresos y otros resultados económicos y sociales, agregados a nivel local, regional y nacional.

4.a. Enfoque del trabajo

El estudio se basó en un enfoque que implicó la combinación de un análisis detallado de áreas locales con estudios de nivel regional y nacional. A partir de una perspectiva de tipo interdisciplinario que incluye componentes técnicos, económicos y sociales, el estudio buscó, adicionalmente, formular una metodología susceptible de ser replicada en el futuro, de forma de facilitar el monitoreo de los impactos del desarrollo forestal.

La evaluación implicó un análisis del impacto del Proyecto de Desarrollo Forestal en tres niveles geográficos diferentes y en tres horizontes de tiempo distintos:

- a. En primer lugar, a nivel de **área local**, donde se procuran identificar los principales impactos **demográficos, económicos, sociales y culturales** de la implantación de proyectos forestales en varias zonas diferentes.
- b. En segundo lugar, a nivel del país en su conjunto, donde se procuran identificar los principales impactos económicos y sociales, con énfasis en los aspectos de **empleo, inversiones, balanza comercial y resultados fiscales**.
- c. En tercer lugar, una vez identificado el impacto a nivel de cada área y a nivel del país en su conjunto, se especifican los impactos **económicos y sociales** a nivel de **regiones**

4.b. Metodología

Los objetivos señalados anteriormente fueron alcanzados a partir de la combinación de distintas técnicas de investigación.

- Encuestas y entrevistas a los agentes

Los distintos agentes del sector fueron estudiados a partir de técnicas de encuestas, utilizando muestreos aleatorios, y entrevistas en profundidad en los casos que no existían marcos muestrales de referencia.

- Entrevistas en profundidad

Adicionalmente fueron mantenidas entrevistas con informantes claves a nivel local y departamental. Se realizaron un promedio de treinta entrevistas por región, entre las que se incluyeron autoridades departamentales, responsables locales de empresas y servicios

públicos, maestros, médicos, y otros profesionales, comisarios, gerentes de empresas, capataces, obreros y responsables de instituciones públicas.

- Información secundaria

Finalmente, se utilizó una amplia gama de fuentes de información secundaria, de tipo cuantitativo o cualitativo:

- Estadísticas generadas por la Dirección Forestal
- Censos Agropecuarios
- Censo de Población y Viviendas 1985.
- Instituto Nacional de Estadística, Encuesta de Hogares y Censo Económico Nacional, 1988.
- Metodología utilizada por la Oficina Nacional
- Información de área local

En casi todas las áreas estudiadas se seleccionó un centro urbano y se replicó la ficha diseñada por la Oficina Nacional de Acción Comunitaria y Regional (ACOR). Los resultados si bien son válidos exclusivamente para esa localidad, procuran dar una medida objetiva de la evolución que, al menos en ese lugar, se observó. Sin embargo es importante puntualizar, que esta evolución no tiene porqué haberse debido exclusivamente a la forestación, pudiendo haber otros elementos en juego quizás más importantes que la actividad en análisis.

4.c. Principales conclusiones

El análisis de los resultados permitió extraer una serie de conclusiones de las cuales se presentan a continuación las principales :

- La actividad forestal implica un uso particularmente intensivo de la mano de obra en áreas que anteriormente se dedicaban a la actividad ganadera. De acuerdo a las estimaciones, sin considerar el empleo indirecto, el coeficiente de empleo por hectárea dedicada a la actividad ganadera alcanza a 0.0047 mientras el dedicado a la actividad forestal alcanza a 0.0125 si se contabilizan solamente los empleos permanentes y a 0.0255 si se contabilizan los zafrales. Consiguientemente, en la hipótesis de que se llegara a forestar la totalidad de la superficie forestal del país se requerirían aproximadamente 90.000 personas, de las cuáles aproximadamente 44.000 serían permanentes. Estas cifras no incluyen el

empleo que se agregaría como consecuencia del ingreso de volúmenes crecientes de plantaciones en fase de cosecha.

- Como consecuencia de lo anterior, desde ya puede advertirse que el Plan Nacional de Forestación ha tenido un considerable impacto en términos de empleo directo e indirecto y en términos del desarrollo social de las áreas directamente afectadas por el mismo. Razonablemente, ese impacto crecerá significativamente en los próximos años.

• En términos de empleo directo en viveros, plantaciones y aserraderos, estimamos que hasta 1995 los proyectos financiados por el Programa generaron aproximadamente 7.200 empleos directos en viveros, plantaciones y aserraderos. De estos empleos algo más de la mitad son empleos estables y reclutan mano de obra femenina y juvenil en proporciones apreciables -significativamente mayores que la ganadería, que era la ocupación anterior más frecuente de la mayor parte de los ocupados. Los operadores estiman que estos empleos crecerán aproximadamente un 75 % en los próximos cinco años, llegando aproximadamente a los 12.500. Adicionalmente, el número de empleos se ampliarán considerablemente a poco que se ingrese en la fase de cosecha.

- En términos de empleo indirecto en actividades de cosecha y transporte, cabe estimar que el programa contribuyó a generar al menos otros 1.000 empleos de carácter indirecto, que seguramente también tendrán una expansión muy importante cuando las plantaciones ingresen en las fases de cosecha. Aunque no existen estimaciones precisas sobre el potencial de crecimiento, razonablemente debiera pensarse que crecería al menos en igual medida que el empleo directo, si no bastante más.

• En términos de remuneraciones el desarrollo forestal implicó un aumento significativo respecto a las remuneraciones generadas por la ganadería. Las comparaciones cualitativas de sueldos tanto a nivel de peones como de capataces permiten pensar en salarios que son sustancialmente superiores en el rubro forestal, entre peones por lo general se registraron valores superiores al 20 % de los salarios pagados por la ganadería. Si todos los contratos laborales se atuvieran a las leyes -lo que es muy difícil de evaluar en este estudio,

la actividad forestal generaría actualmente más de U\$S 2.000.000.- anuales para el B.P.S. suponiendo siempre que se aporte sobre la base de salarios mínimos.

- En términos de resultados fiscales, conviene marcar que las exoneraciones fiscales han sido numerosas, pero para analizar el retorno de la inversión realizada a partir de este conjunto de exoneraciones habría que incluir como ingresos las externalidades positivas que el desarrollo de las plantaciones forestales han provocado y provocarán sobre sectores vinculados directa e indirectamente. La presente investigación permite concluir que en todos los sectores considerados la aprobación de la ley ha tenido un efecto positivo, efectos que en algunos casos -viveros y empresas que prestan servicios de plantación ya se han notado, mientras que en otros -aserraderos, empresas cosechadoras y transportistas- recién se empiezan a observar. No cabe dudas que la mayoría de los agentes, en todos los sectores analizados, tienen expectativas de crecimiento e inversión, previendo un desarrollo importante para los próximos años.

- En términos de balanza comercial, razonablemente, no se han producido impactos importantes en la medida en que no se han iniciado las cosechas. Consiguientemente, el nivel de exportaciones del sector es todavía bajo: estas representaron durante el año 1994 solo el 1,4 % de todo lo que el país exportó. Efectivamente, durante ese año el sector exportó U\$S 26.600.000, en tanto que las exportaciones totales del país, se ubicaron en los U\$S 1.913.400.000. De cualquier manera, debe tenerse presente que la mayor parte de las hectáreas forestadas fueron plantadas durante la presente década, por lo que las presentes cifras variarán en forma importante en los próximos años.

- En términos de áreas locales los resultados indican que en todos aquellos casos en que se pueden obtener resultados comparables con situaciones anteriores al comienzo de los proyectos se han verificado impactos significativos en términos de población, empleo, ingresos y localización de servicios. En algunos casos estos desarrollos implican cambios de tal nivel que las áreas deben ser recategorizadas en términos de la metodología utilizada por ACOR en función de su dotación

de servicios.

- En términos regionales los impactos del desarrollo forestal se han distribuido en diferentes zonas del país, alcanzando niveles de desarrollado bastante diferenciales. Si se analizan los agentes directamente vinculados al sector a partir del análisis de variables como producción, empleo, inversiones y nivel tecnológico, se observan situaciones claramente diferentes entre la región Este del país, y las otras dos analizadas -Litoral y Norte/Centro-. Por lo general, y si bien existen matices, la región Este es la que presenta menores niveles de desarrollo. Estos matices se vinculan fundamentalmente a los viveros, donde se registraron empresas con desarrollos tecnológicos destacables. Por lo general, la región del Litoral y la Norte/Centro del país, se alternan en el primer puesto en los aspectos anteriormente señalados.

EVALUATION OF 2,3,5 - TRIPHENYLTETRAZOLIUM CHLORIDE REDUCTION AS A MEASURE OF DROUGHT - AND HEAT TOLERANCE IN *Eucalyptus grandis*

Merwe, T. van der, Staden, L. van, Mescht, A. van der and Laurie, R.
Vegetable and Ornamental Plant Institute, Private Bag X293, PRETORIA, 0001

The 2,3,5 - triphenyltetrazolium chloride viability assay has been modified to predict drought - and heat tolerance in 20 *Eucalyptus grandis* clones. After a drought acclimation treatment, the leaf discs were subjected to simulated drought by exposure to osmotic potentials. A lower absorbance value in the control treatment compared to the stress treatment, indicated a tolerant reaction. This is in contrast with a sensitive reaction where the absorbance value in the stress treatment will be lower than in the control treatment. The clones were ranked according to the difference between the mean absorbances of the control treatment and the stress treatment. The clones were listed with 1 as the most drought tolerant and 20 as the most drought sensitive. Drought simulation in the laboratory can differ from field conditions as heat stress cannot be eliminated in field trials. Thus the clones were also tested for heat tolerance. The clones were ranked with 13 as the most heat tolerant and 16 as the most heat sensitive. A stress index can be established which will enable breeders to distinguish between plant responses to heat and drought.

INTRODUCTION

Stress, in some form or another, is a highly probable occurrence for almost any plant growing under either natural or cultivated conditions. Temperature is among the major variables that effect the growth and development of plants¹. Several physiological processes begin to break down when plant temperature rises 8-10° C above the normal growing temperature. Exposure of plants to a near lethal temperature often leads to a degree of adaption so that the plant can withstand an otherwise lethal heat treatment. Since there is an interaction between heat and drought, both were tested².

OBJECTIVES

Moderate and lethal heat or drought stress treatments were measured for accumulation of formazan - the reduced form of 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride (TTC). This method is proved to be very reliable measuring heat tolerance in plants³. Inhibition of TTC reduction is an indication of enzyme inactivation. The aim of this study is to evaluate the variation in drought and/or heat tolerance in *Eucalyptus grandis* cultivars.

MATERIALS AND METHODS

Twenty cultivars were growth in a glasshouse at 26/16°C (day/night temperatures) and watered twice a week. Mannitol was used as an osmoticum for simulation of drought. There were four treatments applied. Each sample consisted of five leaf discs (4 mm in diameter) thus five repeats over six time intervals.

Drought was induced by subjecting the leaf discs too firstly a moderate stress of three hours in 3.0 ml of 0.5 M mannitol for acclimation. A control treatment was subjected to three hours in 3.0 ml of 0.2 M sodium phosphate buffer. Thereafter both stress and control leaf treatments were placed in 3.0 ml of 1.0 M mannitol solution at 29°C³.

When the reaction to heat was tested, the control treatment was placed at 29°C in sodium phosphate buffer and the stress treatment at 40°C. After three hours the heat stress and control leaf discs were incubated at 50°C⁴.

Samples of each treatment were taken at 30 minute intervals, resulting in six different time periods. The discs were vacuum-infiltrated with TTC for five minutes and then left overnight at 29° C in the dark. The discs were washed with distilled water followed by the addition of 3 ml of 95% ethanol. The ethanol was boiled till dry and the discs resuspended

mineralização líquida, a ponto de promover imobilização líquida no tratamento em que o fertilizante foi aplicado em linha, sendo tal fato observado somente sob a faixa de aplicação do fertilizante. Tais resultados são inesperados e contrários aos observados por RAISON et al. (1987), que verificaram que a fertilização nitrogenada em povoamentos de *Pinus radiata* quadruplicou a taxa de mineralização *in situ*, elevando-a de 2,4 para 9,7 mg.kg⁻¹ de solo de N, após um período de 70 dias. Para tais condições, o N-NO₃⁻ foi a forma predomi-

nante.

Os valores de lixiviação potencial máxima e de mineralização líquida, estimados de acordo com a metodologia proposta por RAISON et al. (1987), são apresentados no Quadro 2. Contudo, a alta variabilidade dos resultados, expressa pelo desvio-padrão, evidencia a dificuldade de se obter uma estimativa precisa dos fluxos de N e ressalta a heterogeneidade provocada pela adição do fertilizante nitrogenado, principalmente quando este foi concentrado na linha.

QUADRO 1. Taxas diárias de mineralização líquida de N *in situ*^{1/2} (mg.kg⁻¹ de solo) em solo arenoso de cerrado sob *E. camaldulensis*, em povoamentos de 13 e 37 meses, influenciadas pelo modo de aplicação do fertilizante NK, em João Pinheiro, Minas Gerais

13 meses		37 meses	
Testemunha		Testemunha	
0-05 cm	0,43 ± 0,08	0-05 cm	0,53 ± 0,04
5-10 cm	0,21 ± 0,10	5-10 cm	0,63 ± 0,14
10-20 cm	0,38 ± 0,08	10-20 cm	0,61 ± 0,17
20-40 cm	0,42 ± 0,03	20-40 cm	0,52 ± 0,04
Adubação em linha ^{3/}		Adubação em linha ^{3/}	
0-05 cm	-3,36 ± 1,50	0-05 cm	-2,53 ± 2,84
5-10 cm	-0,13 ± 0,70	5-10 cm	1,76 ± 1,01
10-20 cm	-0,46 ± 0,52	10-20 cm	2,28 ± 0,57
20-40 cm	0,41 ± 0,26	20-40 cm	2,64 ± 0,39
Adubação em área total		Adubação em área total	
0-05 cm	0,14 ± 0,19	0-05 cm	0,28 ± 0,23
5-10 cm	0,14 ± 0,15	5-10 cm	0,36 ± 0,18
10-20 cm	0,21 ± 0,16	10-20 cm	0,50 ± 0,16
20-40 cm	0,13 ± 0,37	20-40 cm	0,48 ± 0,06

^{1/} Médias ± desvios-padrão.

^{2/} Valores negativos indicam imobilização.

^{3/} Estimada sobre a linha de aplicação do fertilizante.

QUADRO 2. Fluxos estimados de N inorgânico, na camada de 0-40 cm^{1/2}, para o período de 0-34 dias^{2/} após imposição dos tratamentos em povoamentos de 13 e 37 meses de *E. camaldulensis*, em João Pinheiro, Minas Gerais

	Mineralização Líquida		Lixiviação Potencial Máxima	
	13 meses	37 meses	13 meses	37 meses
	kg. ha ⁻¹			
Testemunha	73,0 (12,0)	107,0 (17,0)	1,0 (16,0)	10,0 (44,0)
Adubação em linha ^{3/}	68,0 (15,0)	115,0 (22,0)	6,0 (18,0)	29,0 (47,0)
Adubação em área total	29,0 (51,0)	86,0 (24,0)	0	4,0 (20,6)

^{1/} Valores corrigidos com base em TFSE e densidade 1,41 g.dm⁻³ de solo.

^{2/} Valores entre parênteses correspondem aos desvios-padrão (n=6).

^{3/} Período de 4 de dezembro de 1993 até 6 de janeiro de 1994 (0-34 dias após a fertilização).

^{4/} Estimativa considerando 0,10 m faixa de aplicação do fertilizante.

A mineralização líquida e a lixiviação-potencial máxima de N foram influenciadas pela forma de aplicação do fertilizante nitrogenado e potássico, sendo os maiores valores observados quando o fertilizante foi adicionado em linha para o povoamento de 37 meses.

Os resultados obtidos para os tratamentos sugerem que em Areia Quartzosa a intensidade de fenômenos como absorção e lixiviação do potássio, onde ocorreu a fertilização, deverá ser maior, principalmente nos 34 dias iniciais, quando já se observa um acentuado decréscimo nos teores de K disponível do solos (Figura 3). Após esse período, a maior porção do K aplicado já foi removida do sistema, quer seja por absorção pela planta, quer seja por lixiviação, e já não se detecta efeito residual do fertilizante potássico.

Para todos os tratamentos, verificou-se que os teores de K disponível no final do estudo estão próximos aos níveis críticos relatados por BARROS et al. (1981), 7-10 mg.kg⁻¹ de solo,

para o estabelecimento de mudas de *E. grandis*, isto é, 30 a 40 dias após o plantio. Portanto, em solos similares ao deste estudo, para que se obtenham produtividades elevadas, a adubação de manutenção tem de ser parcelada e freqüente.

A lixiviação potencial foi influenciada pela forma de aplicação do fertilizante potássico (Quadro 3), sendo os maiores valores observados quando o fertilizante foi aplicado em área total para o povoamento de 13 meses. Entretanto, tais valores deverão ser substancialmente alterados, considerando-se somente a estreita faixa de concentração do fertilizante, para o tratamento em que este foi aplicado em linha, quando se observa uma maior lixiviação potencial de K sob a faixa de aplicação do fertilizante. Dessa forma, as perdas por lixiviação seriam bem maiores. Contudo, a alta variabilidade dos resultados decorrentes da metodologia utilizadas não permitiu detectar precisamente os fluxos do K no solo.

13 meses

37 meses

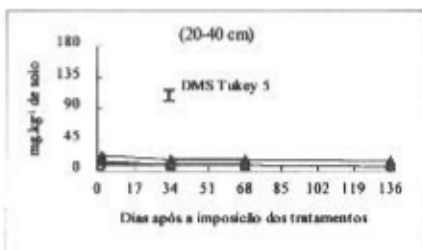
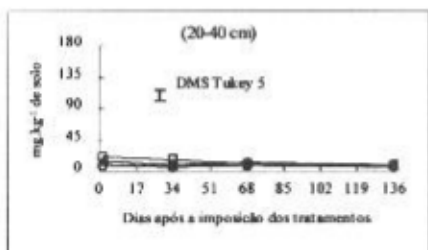
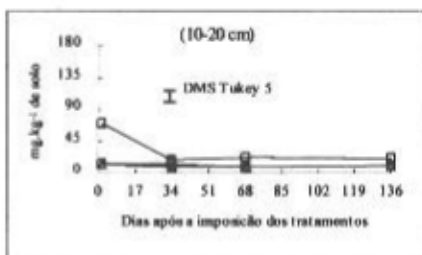
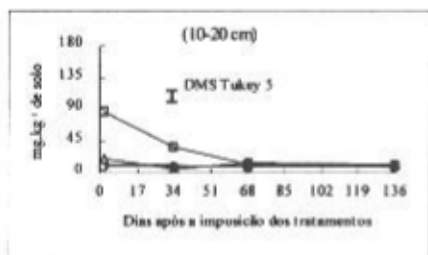
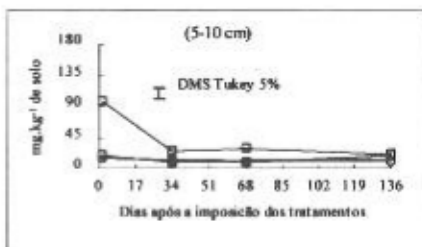
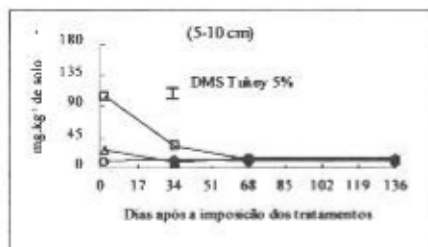
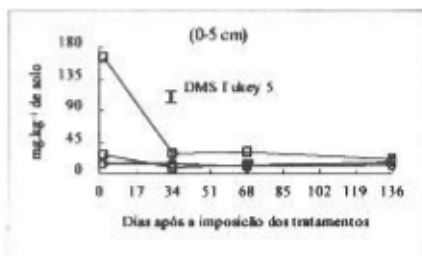
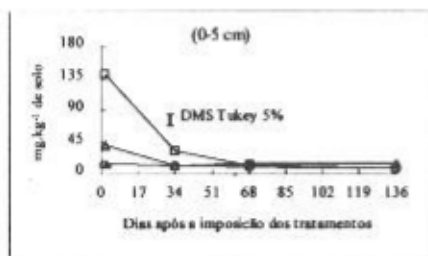


FIGURA 3. Variações nos teores de K disponível nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm de solo de cerrado, sob povoamentos de *E. camaldulensis* com 13 e 37 meses, influenciadas pelo modo de aplicação do fertilizante NK (ausência de adubação = O; adubação em linha = □; e adubação em área total = △), em João Pinheiro, Minas Gerais.

QUADRO 3. Lixiviação potencial estimada de K, na camada de 0-40 cm^{1/2}, para o período de 0-34 dias² após imposição dos tratamentos em povoamentos de 13 e 37 meses de *E. camaldulensis*, em João Pinheiro, Minas Gerais

	Lixiviação Potencial Máxima ¹	
	13 meses	37 meses
	kg. ha ⁻¹	
Testemunha	5,0 (18,0)	0
Adubação em linha ⁴	8,0 (21,0)	4,0 (2,5)
Adubação em área total	39,0 (31,0)	16,0 (32,0)

¹ Valores corrigidos com base em TFSE e densidade 1,41 g.cm⁻³ de solo.

² Valores entre parênteses correspondem ao desvio-padrão (n=6).

³ Período de 4 de dezembro de 1993 até 6 de janeiro de 1994 (0-34 dias após a fertilização).

⁴ Estimativa considerando 0,10 m faixa de aplicação do fertilizante.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que a adição de fertilizante nitrogenado e potássico favoreceu a dinâmica de N e do K nos solos sob *E. camaldulensis*, principalmente no tratamento em que o fertilizante foi aplicado em linha. A lixiviação de N, na forma amoniacal, e de K após a fertilização ocorre em um curto período de tempo, havendo uma rápida redução nos teores de nitrogênio e potássio no solo, pouco tempo após a sua aplicação a Areia Quartzosa. Por isto, o parcelamento da adubação e o uso de técnicas de manejo que proporcionem maior absorção e acumulação de nutrientes na biomassa florestal parecem ser essenciais para manutenção da produtividade florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, N.F., BRAGA, J.M., BRANDI, R.M., DEFELIPO, B.V. Produção de eucalipto em solos de cerrados em resposta à aplicação de NPK de B e Zn. *Rev. Árvore*, v.5, n.1, p.90-103, 1981.
- BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio do eucalipto. In: BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. (Eds.) *Relação solo-eucalipto*. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.127-186.
- CANTARUTTI, R.B. *Dinâmica de nitrogênio em pastagens de Brachiaria humidicola em monocultivo e consorciada com Desmodium ovalifolium Cv. Itabela no sul da Bahia*. Viçosa MG, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 83p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- COSTA, M.D. *Atividade biológica e liberação de nutrientes em resíduos da exploração de povoamentos de eucalipto*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 91p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - FCTMG. *Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: CETEC, 1983. 158p.
- GALO, M.V. *Resposta do eucalipto à aplicação de potássio em solo de cerrado*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 40p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.

- HOPMANS, P., FLINN, D.W., FARRELL, P.W. Nitrogen mineralization in a sandy soil under native eucalypt forest and exotic pine plantations in relation to moisture content. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, v.11, n.1, p.71-79, 1980.
- MORAIS, E.J. **Crescimento e eficiência nutricional de espécies de Eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1988. 56p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- NEILL, C., PICOLLO, M.C., STEUDELER, P.A., MELILLO, J.M., FEIGL, B.J., CERRI, C.C. Nitrogen dynamics in soils of forests and active pastures in the western brazilian Amazon basin. *Soil Biol. Biochem.*, v.27, n.9, p.1167-1175, 1995.
- PICOLO, M.C., NEILL, C., CERRI, C. Net nitrogen mineralization and net nitrification along a tropical forest-to-pasture chronosequence. *Plant Soil*, v.162, n.1, p.61-70, 1994.
- RAISON, R.J.; CONNEL, M.J., KHANA, P.K. Methodology for studing fluxes of soil mineral N in situ. *Soil Biol. Biochem.*, v.19, n.5, p.521-530, 1987.
- SANTANA, R.C. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios do Estado de São Paulo.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 73p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- SANTANA, R.C., CHAVES, R., NOVAIS, R.F., BARROS, N.F. Modo de aplicação da adubação de manutenção em povoamento de *Eucalyptus grandis* em áreas da DURATEX S.A. no município de Lençóis Paulista, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. **Resumos...**, Viçosa: UFV, 1995. v.2, p.869-870.
- TEDESCO, J.M., WOLKWEISS, S.J., BOHEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 156p. (Boletim Técnico, 5)
- TEIXEIRA, J.L. **Conteúdo de nutrientes e produção de eucalipto em diferentes ambientes do Rio Doce, MG.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 70p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, 1987.
- VETTORI, L. **Métodos de análise do solo.** Rio de Janeiro: EPEMA, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7)

FOREST SITUATION IN PAKISTAN AND PLANNING ITS FUTURE

Panhwar, F.

Sindh Rural Women's Uplift Group
157-C, Unit No.2, Latifabad, Hyderabad (Sindh), PAKISTAN

GENERAL

In Pakistan the setual forest area is 3.06 million hectares corresponding to only 3.8% of the total land area. In Sindh there are 32,000 hectares of riverine and inland (irrigation) forest plantations, apart from 835,000 hectares of mangrove forests and range land. About 52% of national domestic energy requirement comes from fuel wood. Pakistan is expected to have fuel wood supply deficit of 17.5 millions cubic meter by the year 2000 A.D. The forest is under threat due to species destruction through human action, population, primarily habitat destruction and introduction of food and fibre crops in to residual natural environments. The regeneration of forests is limited by the fragility of the seeds of its trees. Those of most species germinate within a few days or weeks. They have little time to be carried by animals or water, currents across the stripped land into favourable sites for growth. Most sprout and die in the hot, dry and sterile soil of the cleared land. The monitoring of logged site indicates that regeneration of mature forest may take centuries. The greater damage is combined with low soil fertility, no active forest exists near by to provide seeds, restoration might never occur without human intervention. If the forests can be saved in a manner that improves local economics, the biodiversity crisis will be dramatically eased.

INTRODUCTION

Sindh covers an area of about 141,000 square kilometers and has an estimated population 24.2 millions. About 70% of rural population lives in settlements of less than 500 inhabitant.

The forests of Pakistan are a good source of soft wood and hard wood timber and they protect the watersheds of the most of rivers. In Sindh 320,000 hectares come under riveraine or non irrigated forests. The Sindh 'forests and

inland plantation represent about 2.3% of total land area and 5.93% of irrigated area.

- Acacia Tortilis.
- Acacia Maodesta.

Failure of forestry projects

- Less involvement of local people.
- Socio-economic conditions of local people, particularly the habits of the shifting cultivation and traditional land use.
- Supervision and project implementation by un-skilled staff.
- An inefficient management.
- Very weak planning and evaluation of research.
- Inefficient methods used for transfer of technology.

The silvi-cultural operations on selected natural and man-made forests are:

- Improvement of utilization technology.
- Water shed rehabilitation.
- Reforestation.
- Support of applied forest research.
- Community forestry and inatitution building.

Sindh a case study

During Molocene, warming started and the river Indus started discharging its water to the Arabian sea through Sindh. The delta head had started some where below Panjnad and above Kashmore. The slopes of land in Sindh were very low and therefore velocities of water started reducing. The Indus and its distributaries were carrying large amount of silt from the Siwaliks and Potohar and it was below Panjnad that it started depositing silt. The river would remain in high spate from April-October and flood an area of 20,000 square miles called Indus Flood Plain and there grew natural forest of species suiting hot-sub-tropical climate consisting of acacia, prosopica, poplar and Tamarisk. These thick forest were responsible for producing food, feed and fodder

for hunter food gathers and many animals and their predators. the river channels and depressions called lakes provided habitat for various kinds of fishes, hippopotamus, elephants, cattle, sheep, goat, pig, dog, deer, jackal, wolf, hyena, rhinoceros, lions, tigers, wild cat, water buffalo, migratory birds, fowl, nilgai, hare, porcupine gazelle, Uria, Morcopollo sheep, and hog deer.

The forests kept environment unpolluted for many a millinia, until the man entered the Indus alluvial forest some 6,000 years ago and started clearing forests for agriculture. The method used was "slash and burn", i.e., particular area of forest was cut down in winter and wood was set to fire. As a land was flat the summer inundation flooded it and covered it with silt. On receding of floods, he planted winter crops of cereals, oil-seeds and vegetables. The soil having organic matter and nutrients accumulated over centuries produce bumpercrops for 5-7 years, and then he had to select a new area for "slash and burn" and abandoned the land so exhausted. The river flooded it again producing forest trees, shrub and grasses by natural process in a few years, when he abandoned the land already exhausted and turned back to the land abandoned some years ago but now under forest again. The total land under annual cultivation could hardly exceed a few hundred thousand acres, until the historical times when irrigation canals were established and high spot land free from annual floods was cultivated year after year. Yet there was one redeeming factor. The river would change its course in a centuries or two, abandoning some half a million acres under canal irrigation and starting else where. Minor changes the course of river Indus have occurred almost year to year, abandoning a few hundred thousand acres every time. Man had to built new irrigation canals and abandoned area was re-forested by natural process. The system kept the population within about 2 million people and it was only under a few dynasties like those of Vahlukas, Rais, Habris, Soomras, and Khloras, that the population increase beyond one and half million people. The ratio of population of Sindh to that of area under irrigation was usually 1:0.66 throughout the history and land was not degraded to the extent as it is today.

With the British conquest of Sindh came construction of levees or embankments 5 miles away from either bank of the river and confining it within 10 mile width. The forest land outside the riverain embankments had to be irrigated and water requirement of the trees in being almost 30 times that of field crops raised year around, it became difficult to maintain non-irrigated forests economically. Yet of the 1.8 million acres of land within the river embankments or levees depended upon annual floods. This land in general was divided in three categories of utilization. Approximately one third of the area was under forest, the other one third was under winter crops on preserved moisture and the last one third was riverain courses active and abandoned and depressions. In addition to this about one million acres were under mangroves along the coast where river and sea water met.

The construction of barrages on the upstream side of the river in the Punjab and Sindh have reduced the water going to the sea not only in terms of volume but also in term of days of flow. today it is only about 56 days a year, when water discharges in to the sea. This is has affected a riverain environments and biodiversity. The forest area and the mangroves are being destroyed and in the irrigated area the ratio of population to land has increased to 1:3 against 1:0.66 as was 150 years ago.

Present problems and the future of the Sindh

Post World War-II irrigation developments in India and Pakistan lead to construction of a large number of barrages and water storage dams on the Indus and its tributaries. This resulted in reduction in water in the lower Indus entering Sindh, during summer and drying up in winter below Sukkur. No water flows below Kotri for 10th months of the year and there is only re-generated (seepage) water from embankments between Sukkur and Kotri for 8 months of the year and its volume reduces to less than 1,000 cusecs the months March to May each year. This has lead to environmental changes in the whole riverain areas in Sindh. Of the total 1.8 million acres between the levees one third was agriculture land one third forests and balance one third abandoned and active river channels. Since 1973 the post

Tarbela era the riverain forests in Sindh have dwindled. The agriculture land which was flooded one a year for preserved moisture cultivation is no longer getting moisture and cannot be cultivated, except by tube-wells, which are very costly and are always prone to be flooded by periodic high flood coming once in a decade. The natural vegetation on which animal husbandry had survived is no longer available in quantities as before, hitting this industry very badly. The riverain area had no wind erosion problems, which now have multiplied. Riverain fisheries have been totally lost. The natural fauna of the Indus river have been reduced in population. In the coastal areas, where sea and river waters met and these brackish water were taken by sea waves and estuaries some 25 to 40 kms inland and were responsible for supporting 1.0 million acres of mangroves, as well as making these vast forest as breeding ground or shrimp, lobster and hilsa or Indus palla are effected badly and the catch has reduced considerably. The mangroves which provided fruit as food for populace, feed for cattle, crustaceans hilsa and other fishes, timber and fuel wood for urban use, are dying.

Because of very low slopes of the ground, the tides travel some 80 kms upstreams the levees, causing decay of a large number of settlements like; Ghorahari, Ketī Bandar, Shah Bandar and many others, because water not only within the river levees, but also out-side has turned brackish and human and cattle can not survive on such water. This desertification occurred in last 20 years.

The agricultural and forests land in the riverain areas employed about one person per acre in terms of fuel, timber, fruits, vegetable, cattle, feed and fisheries. An estimated 1.6 million people have become unemployed due to environmental degradation.

Solution

The climate of Sindh is comparable to that of Baja California, and Hermosillo in Mexico and Souther-California of USA and is most suitable for raising fruit crops as is being done in areas mentioned above. In order to reduce carbon dioxide in the atmosphere, it will be worth while raising forests and tree fruit crops in place of field crops and this should reduce carbon dioxide in the bio-sphere.

Again in order to reduce production of carbon dioxide it is essential that all measures should be taken to increase thermal efficiency of wood, coal, gas and petroleum products used in the industry and kitchens. The low thermal efficiency of boilers, steam turbines, gas-turbines, automotive equipment, automobiles and etc, as of today can almost be doubled by enforcing strict measures, for example by raising the price of gas the industry would be compelled to use more efficient boilers, by enforcing anti-pollution measures and the public transport would improve engine efficiency by timely over-hauls. In the same way the thermal efficiency of the kitchen heating equipment can be improved. All above measures would lead to increase in thermal efficiency, reduction carbon dioxide formation and tree-crops, converting carbon dioxide into useful products like; fruits, feed, fodder, timber and etc.

Plan for execution

In no longer possible to raise forest in the riverain areas without some kind of irrigation, it is suggested that tube-wells may be installed in the riverain areas for supplying irrigation water about once a month between April and June. During the rest of the months water table is high enough that trees will get their water requirement from the ground water. Fruit tree crops could be encouraged in the irrigated areas. There are fruit trees suiting all the climatic zones of Sindh.

FUTURE PLANS

- Developing and agro-silvo-pastoral land use system adopted to local needs, where all measures preventing desertification and securing sustained yield should be combined.
- Local peasant population to be involved in tree plantation project as the part of self-help program.
- Increasing environment protection awareness.
- Increasing the production of gum, arabic, fodder, food and wood.
- Improve efficiency of the forestry service.
- Benefits - both non consumptive (tree for environmental stabilization enclosure, soil regeneration) and consumptive (i.e., wood for fuel and construction material) - that users derive from renewable resources.

- Instituting policies and programs that encourage the use of alternative energy sources such as biogas and solar heat.
- Conserving existing fuel wood sources.
- Test planting the best native fuel woods.
- Test planting selected exotic species.

In Pakistan forest cover only 3.7% of total land area, which is too small in quantity to meet national requirement, so the future plan must be based on;

- Planning and coordination development of the forest resources.
- Mountain forest must be preserved.
- Development of fast growing tree species especially on the farms and urban areas on the road sides.
- Forest harvesting techniques improved, and reduced the wastage from unplanned and inefficient cutting of forests.
- Controlling deforestation and save soil erosion, resulting in to rapidly silting up the Mangla and Tarbela Dam reservoirs by adding silt load of 42,000 and 100,000 ft annually.
- Protection of watershed areas through more efficient plant cover and restricted deforestation.

**GANHOS ECONÔMICOS COM APLICAÇÕES DE NITROGÊNIO,
POTÁSSIO E CALCÁRIO DOLOMÍTICO EM POVOAMENTO DE *Eucalyptus*
urophylla S.T. BLAKE.
ECONOMIC GAINS OF *E. urophylla* PLANTATION WITH NITROGEN,
POTASSIUM AND DOLOMITIC LIME APPLICATION IN A
QUARTZPSAMMENT SOIL**

Valeri, S.V.¹, Alvarenga, S.F.², Martins, M.L.E.G.¹ e Banzato, D.A.¹

¹ FCAV/UNESP, Rodovia Carlos Tonanni, km 5, CEP 14870-000, Jaboticabal - SP,

Fone: (016) 3232500, Fax: (016) 3224275, funep@convex.com.br,

² CELPAV Florestal S.A. C.P. 6, CEP 14210-000, Luiz Antônio - SP.

RESUMO

Um plantio de *Eucalyptus urophylla*, estabelecido em 1984 em Areias Quartzosas, no município de Altinópolis, Estado de São Paulo, apresentou em 1989 um incremento médio anual do volume cilíndrico das árvores de apenas 13,97 m³/ha/ano e sintomas de deficiência de nitrogênio, potássio e magnésio. Aos 4,33 anos após o plantio foram aplicadas duas doses de nitrogênio (0 e 10 g/árvore de N), de potássio (0 e 20 g/árvore de K₂O) e de calcário dolomítico (0 e 500 g/árvore), combinadas num fatorial 2 x 2 x 2, no delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, visando estudar a recuperação da taxa de crescimento das árvores. O presente trabalho avaliou a viabilidade econômica da calagem e das adubações nitrogenada e potássica na produção volumétrica de madeira das árvores aos 7,58 anos após o plantio, quando foi realizado o corte raso no povoamento. Nesta idade, houve efeito da interação N x K x calcário dolomítico na produção de madeira. Na ausência de nitrogênio e calcário dolomítico, a aplicação e incorporação manual de 20 g/planta de K₂O, na projeção da copa, aos 4,33 anos de idade, proporcionou um aumento, no volume real de madeira, da ordem de 42,9% e um ganho de US\$86.79 por ha. A mesma dose de potássio, associada com 10g/planta de N, na forma de uréia e 500 g de calcário por planta, também promoveu um aumento volumétrico de 51,7%, porém o ganho econômico foi de apenas US\$8.89 por ha. **Palavras-chave:** produtividade, ganho econômico, fertilização, eucalipto

1. INTRODUÇÃO

A fertilização florestal se restringia até há

pouco tempo atrás a uma adubação de plantio com NPK. Quando o reflorestamento começou a ser feito em Areias Quartzosas de baixa fertilidade, esta adubação de plantio favorecia apenas o crescimento inicial das árvores, que estagnava a partir do terceiro ou quarto ano de idade. Além da redução da taxa de crescimento, as árvores apresentam sintomas visuais de deficiência de nutrientes. WELLS & MILLER (1994) mostraram a viabilidade de recuperar o crescimento das árvores com deficiência nutricional, através da adubação, após o período de fechamento do dossel. No Brasil, GONÇALVES & DINIZ (1981) observaram que a aplicação de 150 g de NPK de formulação 10:34:6 no plantio e complementações em coberturas com 50 g da mesma fórmula no 2º e 4º anos foi o melhor tratamento para o desenvolvimento das árvores de *E. saligna* medido aos cinco anos de idade. O modo de aplicação de fertilizantes em povoamentos implantados exerce influência no ganho de produtividade (SANTANA et al., 1995). Estes autores verificaram que a adubação de manutenção trouxe retorno econômico, com ganhos relativos à testemunha (sem adubação), de 15,9% e 4,6%, respectivamente, sem e com incorporação do adubo NPK, considerando taxas de juros de 12% ao ano. Os autores salientam que o ganho econômico obtido com a não incorporação do adubo se deve ao rendimento operacional.

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade econômica da calagem e das adubações nitrogenada e potássica na produção de madeira de um povoamento de *Eucalyptus urophylla*, com deficiência nutricional em Areias Quartzosas,

em área da CELPAV Florestal S.A., no município de Altinópolis, Estado de São Paulo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental localizava-se no município de Altinópolis - SP (Latitude: 21°02'S, Longitude: 47°23' W.Gr., Altitude: 920 m), em solo classificado como Areias Quartzosas distrófico álico A moderado textura arenosa, relevo suave ondulado. O clima da região é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen. É um tipo de clima tropical chuvoso de savana, com temperatura superior a 18 °C em todos os meses. Em 27 de setembro de 1984, foi realizado o plantio da área em curvas de nível, com espaçamento de 3 x 2 m, utilizando-se mudas formadas a partir de sementes de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. Na véspera do plantio, foram aplicados no sulco de plantio 55 g/planta, equivalente a 91,07 kg/ha de adubo NPK de fórmula 8-30-10. Após quatro meses, foi realizada uma adubação de cobertura com 101,9 kg/ha da mesma fórmula.

Na instalação do experimento, aos 4,33 anos após o plantio, foram aplicados duas doses de nitrogênio (0 e 10 g/árvore de N), de potássio (0 e 20 g/árvore de K₂O) e de calcário dolomítico (0 e 500 g/árvore), combinadas num fatorial 2 x 2 x 2, no delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, totalizando 32 parcelas. Todos os tratamentos receberam uma adubação básica de 10 g/árvore de uma mistura comercial de micronutrientes (FTE BR 10). Cada parcela ocupou uma área de 482 m² (27 x 18 m), com 81 árvores. A área útil da parcela experimental foi de 150 m², correspondente às 25 árvores centrais. Os fertilizantes e corretivos foram incorporados na camada de 0 a 15 cm do solo com o auxílio de enxada, na projeção da

copa das árvores.

Antes da instalação do experimento, foram coletadas as amostras de solo para avaliar a fertilidade do solo. O corte das árvores ocorreu nos aos 7,58 anos após o plantio, quando foram obtidos os dados dendrométricos e determinado o volume real de madeira sem casca do fuste, pelo método da cubagem rigorosa, empregando-se a fórmula de Smalian.

Para avaliar a viabilidade econômica do uso da adubação e calagem, foi utilizado o método do orçamento parcial que possibilita mensurar variações de custos e receitas, de acordo com SHANG (1990). Para o cálculo das variações de custos e receitas foram considerados os valores de 12 de abril de 1996, que foram os seguintes: a) uréia a US\$350.39/t; b) cloreto de potássio a US\$262.63/t; c) calcário dolomítico a US\$15.00/t; d) mistura de micronutrientes a US\$414.90/t; e) distribuição manual do fertilizante ou corretivo na projeção da copa, com um rendimento de 0,7 diária/ha; f) incorporação manual do fertilizante ou corretivo, com um rendimento de 1,31 diária/ha; g) diária a US\$23.23 e h) madeira em pé, no campo, a US\$6.00/st. Considerou-se ainda a moeda real igual a US\$0.99 e juros de capital de 12 % ao ano. O custo do volume real de madeira em pé, sem casca, foi estimado em US\$13.84/m³, com base na relação existente entre o volume de madeira empilhada e o volume real de madeira do experimento, que foi de 2,306.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se, na Tabela 1, que o solo da área experimental apresentou elevada acidez e teores classificados como baixo de matéria orgânica, muito baixo de potássio e baixo de

TABELA 1. Características químicas do solo a 0 - 20 cm de profundidade, aos 4,33 anos após o plantio, antes da aplicação dos tratamentos.

	P	M.O.	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ +Al ³⁺	V
	resina mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	Ca Cl ₂		mmolc.dm ⁻³		%	
Médias	8,2	17,38	3,83	0,26	1,0	1,0	41,7	4,88
C.V. (%)	49,22	11,30	1,55	47,89	0	0	14,51	12,05

cálcio e magnésio e uma porcentagem de saturação por bases de apenas 4,9 %, conforme RAUJ et al. (1995).

Houve efeito da interação N x P x CD no volume real de madeira, e com o desdobramento dos graus de liberdade da interação, verificou-se que a aplicação de potássio, na ausência de nitrogênio e calcário dolomítico, aumentou o volume em 43% e, na presença de nitrogênio e calcário, promoveu um aumento de 52% (Tabela 2). Entretanto, a maior produção de madeira (54,38 m³/ha) foi obtida apenas com a aplicação de 20 g/árvore de K₂O.

A partir das variações dos custos e receitas de produção, constatou-se que a aplicação e incorporação de 33,33 g/planta de cloreto de potássio, na projeção da copa das árvores aos 4,33 anos após o plantio em setembro de 1984, promoveu um ganho volumétrico de madeira de 16,33 m³/ha (43% em relação a sua não aplicação), uma receita adicional de US\$226.01, um custo adicional de US\$139.22, gerando um ganho de US\$86.79/ha. Para a

mesma dose de cloreto de potássio associada com 22,22 g/planta de uréia e 500 g/planta de calcário dolomítico, os resultados também foram promissores, com um ganho volumétrico de 15,09 m³/ha (52% em relação a sua não aplicação), uma receita adicional de US\$208.85, um custo adicional de US\$199.96, gerando um ganho de US\$8.89/ha. Este ganho econômico foi bem menor do que o anterior devido aos custos da uréia e do calcário.

Considerando um preço real de mercado equivalente a US\$12.00/m³ de madeira em pé, semelhante ao utilizado no presente estudo, CALDERÓN (1992) constatou que as plantações de *E. globulus* no espaçamento de 3 x 3 m, com o uso de herbicida (Round-up) e aplicação de adubos (uréia, superfosfato e bórax), foram melhores do que as feitas no espaçamento de 2 x 2 m e que foram apenas adubadas, por produzirem um maior volume de madeira, apresentarem um menor custo e promover uma rentabilidade superior a 12%.

TABELA 2. Quadrados médios e médias de volume real de madeira de *E. urophylla*, aos 7,58 anos após o plantio, com o desdobramento dos graus de liberdade de interação N x K x calcário dolomítico (CD).

Causas de Variação		G.L.	Quadrados Médios	
K dentro de N ⁰ CD ⁰		1	532,8480*	
K dentro de N ⁰ CD ¹		1	5,4615 ns	
K dentro de N ¹ CD ⁰		1	9,4613 ns	
K dentro de N ¹ CD ¹		1	455,7181*	
Resíduo		21	86,5276	
m ³ /ha				
Níveis	N0 CD0	N0 CD1	N1 CD0	N1 CD1
K ⁰	38,05 b	46,88 a	42,09 a	29,19 b
K ¹	54,38 a	45,23 a	44,27 a	44,28 a

(a, b) = Na mesma coluna, médias acompanhadas de mesma letra, não diferem entre si (P > 0,05)

ns = Não significativo (P > 0,05)

* = Significativo (P < 0,05)

4. CONCLUSÃO

A adubação potássica, na ausência da nitrogenada e de calcário, proporcionou uma produção de madeira de 54,38 m³/ha, contra a produção de 38,05 m³/ha sem o seu uso, resultando em um ganho líquido de US\$86.79 por ha. A mesma dose de potássio, associada com 10 g/planta de N, na forma de uréia e 500 g de calcário por planta, também promoveu um aumento volumétrico, de 51,7%, porém o ganho econômico foi de apenas US\$8.89 por ha.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALDERÓN, S. Respuesta del *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* a la preparacion del sitio, control de malezas y enmiendas nutricionales. *Ciencia e Investigación Forestal*, Santiago, v.6, n.1, p.5-21, 1992.

GONÇALVES, J.C., DINIZ, A.S. Parcelamento de adubação fundamental e sua influência no desenvolvimento de povoamentos de *Eucalyptus saligna* (Mairinque). *Boletim Informativo IPEF*, Piracicaba, v.9, n.28, p.17-19, 1981.

RAIJ, B. van. Conceitos fundamentais na interpretação da análise do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21, 1994, Petrolina, *Fertilizantes: insumo básico para agricultura e combate à fome - Anais do Simpósio...*Petrolina: EMBRAPA - CPATSA/SBCS, 1995. p.34-50.

SANTANA, R.C., CHAVES, R., NOVAIS, R.F., BARROS, N.F. Modo de aplicação da adubação de manutenção em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em áreas da Duratex S.A., no município de Lençóis Paulistas - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. *Resumos Expandidos...* p.869-70.

SHANG, Y.C. *Aquaculture economic analysis: an introduction*. Hawaii: University of Hawaii, 1990. 211p.

WELLS, E.D., MILLER, H.G. Effects of refertilization on growth and nutrition of lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) planted on a minerotrophic peatland in Central Newfoundland, Canada. *Forestry*, Oxford, v.67, n.2, p.149-64, 1994.

**IDENTIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS
DETERMINANTES DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE POVOAMENTOS
DE EUCALIPTO**
**IDENTIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DETERMINANTES
DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE POVOAMENTOS DE EUCALIPTO**

Braga, F. de A.1, Barros, N.F. de 2, Souza, A.L. de 2 e Costa, L.M. da 2

1/ Engenheiro Florestal CP 60, 35540-000, Oliveira-MG,

2/ Professor da Universidade Federal de Viçosa, 36571-000, Viçosa-MG (031) 899-1048, E-mail
nfbarros@mail.ufv.br.

RESUMO

Cinquenta e oito unidades de amostra com 480 m² (20 x 24 m) de plantações de *Eucalyptus grandis*, aos 5,5 anos de idade foram agrupadas em três classes de qualidade de sítio. A Análise Discriminante foi usada para identificar as características ambientais que determinam e separam as três classes de qualidade de sítio. Com o modelo gerado, 86,2% das parcelas foram classificadas corretamente; 92,9% na classe 1; 77,3% na classe 2; e 90,9% na classe 3. O modelo discriminante apresentou caráter holístico, mas com o predomínio de características relativas à fisiografia.

1. INTRODUÇÃO

A identificação e a avaliação dos atributos e da qualidade do ambiente, isto é, de seu potencial produtivo e das suas principais limitações, tornam-se essenciais quando se objetiva o uso silvicultural de uma determinada área ou região. Desse modo, a disponibilidade de água, nutrientes e luz, dentre outros fatores, aliados à escolha da espécie mais adaptada e tecnologicamente adequada, e às práticas de manejo florestal convenientes, irão determinar a capacidade produtiva potencial de cada local ou região. Isso, certamente, também permitirá o uso racional do solo, evitando a sua exaustão química e a degradação de suas propriedades físicas, bem como na tomada de decisão concernente à aquisição de terras para o uso florestal (CARMO et al., 1990).

As classificações de capacidade produtiva, baseadas em levantamentos de solo ou estudos da relação solo-sítio, não têm se mostrado satisfatórias na região do Mar de Morros, Minas Gerais, devido ao grande

número de fatores envolvidos (SANTANA, 1986; FABRES et al., 1987). O uso de técnicas de estatística multivariada, gerando uma classificação de sítios, pode ser adequada, pois avalia simultaneamente um grande número de variáveis, identificando aquelas com real poder de discriminação dos sítios e permitindo a compreensão dos relacionamentos entre as variáveis e as classes de qualidade de sítio (WILLIAMS, 1983; HARDING et al., 1985; LAAR, 1987; BURTON et al., 1991; ROWE, 1992; FINCHER e SMITH, 1994).

Este trabalho teve como objetivo identificar as características ambientais que determinam a qualidade dos sítios e sua importância na produtividade florestal na região de mar de morros, Minas Gerais.

2. MATERIAL E METODOS

Um projeto de 1.465 ha, localizado no município de São João Evangelista-MG, implantado em dezembro de 1987, pertencente à CENIBRA FLORESTAL, foi escolhido para execução do trabalho.

O projeto localiza-se na extensa região denominada Mar de Morros, amplamente usada para plantio de florestas comerciais de eucalipto. Nessa região, predominam os solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico fase floresta subperenifolia relevo forte ondulado e montanhoso, formados sobre embasamento granito-gnaíse do Grupo Paraíba (BRASIL, 1970). A precipitação média anual de 1.400 mm, temperatura média anual de 21°C, com máxima média de 27°C e mínima média de 14°C (ANTUNES, 1986), altitude entre 800 e 1.050 m.

Os dados de crescimento do povoamento florestal foram obtidos de Inventário Florestal

Contínuo, em 58 parcelas de 20 x 24 m (480 m²), com 80 árvores, aos 5,5 anos de idade (idade-índice). As 58 parcelas foram classificadas em três classes de capacidade produtiva, tomando como base o índice de sítio.

Inicialmente 85 variáveis foram analisadas incluindo características físicas e químicas do solo, nas profundidades de 0-20 e 40-60 cm, características fisiográficas como exposição, aspecto, pedoforma, declividade e características climáticas como radiação em diferentes épocas do ano. As variáveis cujo o teste de F foi significativo ao nível de 0,10 foram pré-selecionadas. Posteriormente, variáveis adicionais foram testadas e incluídas.

Uma vez eleitas as variáveis iniciais básicas, procedeu-se a Análise Discriminante com o conjunto das 58 unidades de observação, previamente classificadas em três classes de qualidade de sítio, buscando identificar as características das unidades de amostra que melhor as separaram nas três classes. O método de Análise Discriminante usado foi o Stepwise, tendo como critério de seleção das variáveis a maximização da Distância Generalizada de Mahalanobis (D2) entre as duas classes mais próximas.

Foi derivado um modelo discriminante com duas funções lineares. O melhor modelo foi escolhido considerando-se o grau de classificação correta das parcelas nos grupos originais. A importância de cada função discriminante foi avaliada observando-se a porcentagem relativa dos autovalores, os coeficientes de correlação canônica e o teste de significância Qui-Quadrado.

As análises estatísticas são descritas por COOLEY e LOHNES (1981) e foram executadas com o Software Statistics Package for the Social Sciences (SPSS, 1990). Maiores detalhes metodológicos são descritos por BRAGA (1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição das 58 parcelas em três classes de capacidade produtiva é apresentada no Quadro 1.

Das 85 variáveis iniciais, 25 foram eleitas como potencialmente discriminadoras das 58 parcelas amostrais nas três classes de qualidade de sítio.

A caracterização básica de cada classe de qualidade de sítio pode ser visualizada pelas médias de cada variável na respectiva classe (Quadro 2).

QUADRO 1. Classificação das 58 parcelas em três grupos de capacidade produtiva

Classes de Sítio	Índice de Sítio (m)	Número de Parcelas
1	21,8 † -25,6	14
2	25,6-29,4	22
3	29,4-33,2	22

QUADRO 2. Médias e significâncias estatísticas das variáveis potencialmente discriminantes das três classes de qualidade de sítio

Variáveis ¹	Classes de Sítio			Significância F
	1	2	3	
Floculação A (0-20 cm)	87,35	86,31	90,31	0,1768
Silte/Argila B (40-60 cm)	0,84	0,77	0,61	0,2031
Declividade	22,14	19,63	16,40	0,1210
Aspecto 45	0,89	1,28	1,52	0,0159
Aspecto 58	0,91	1,24	1,49	0,0296
Toposseqüência	42,78	56,04	63,45	0,0171
Altitude	897,85	888,63	864,77	0,0004
Pedoforma	-0,50	-0,25	0,20	0,0018
Ca/Soma de Bases (0-20 cm)	0,28	0,37	0,33	0,1858
Ca/Soma de Bases (40-60 cm)	0,52	0,42	0,39	0,0925
Rad fevereiro	38,82	38,91	39,42	0,0453
Rad março	35,25	36,18	37,01	0,0030
Rad abril	30,07	31,79	32,89	0,0141
Rad maio	25,47	27,64	28,89	0,0238
Rad junho	23,00	25,33	26,63	0,0288
Rad julho	23,79	26,06	27,33	0,0270
Rad agosto	27,47	29,41	30,59	0,0190
Rad setembro	32,47	33,78	34,73	0,0076
Rad outubro	36,89	37,36	38,00	0,0013
Rad ano	395,02	406,43	416,11	0,0042
Rad outono	90,79	95,62	98,80	0,0129
Rad inverno	74,27	80,82	84,56	0,0249
Rad primavera	109,24	110,65	112,55	0,0014
Aspecto 40	0,88	1,29	1,52	0,0138
Aspecto 30	0,88	1,30	1,51	0,0158

¹ Textura e fertilidade do solo (EMBRAPA, 1979); Aspecto X = 1 + coseno (exposição - X) (BEERS et al., 1960); Toposseqüência: topo = 0 e base = 100%; Pedoforma: C+P - (0); C+PO (1/2); C+P + (1); COP - (-1/2); COPO (0); COP + (1/2); C-P - (-1); C-PO (-1/2); C-P + (0) - C = curvatura, P = perfil; convexo (-1), linear (0); côncavo (1); Radiação solar no topo da atmosfera no 15o. dia do mês, segundo IQBAL, 1983.

QUADRO 3. Coeficientes das funções discriminantes

Variáveis	Função 1	Função 2
Silte/Argila B	-1,163573	0,1999493
Declividade	0,3747136E-01	0,6411483E-01
Altitude	-0,2053804E-01	0,2805815E-02
Pedoforma	0,9539083	-0,7516874
Ca/SBA	-0,8569947	6,660531
Ca/SBB	-1,296139	-6,119400
Rad outubro	1,005353	0,5475184
Floculação A	0,5614981E-01	-0,7929475E-01
(Constante)	-23,39884	-17,07061

QUADRO 4. Número de casos e percentagens de classificação usando o modelo discriminante

Classes de Sítio	Número de Casos	Classificação Prevista		
		1	2	3
1	14	13 92,9%	0 0,0%	1 7,1%
2	22	3 13,6%	17 77,3%	2 9,1%
3	22	2 9,1%	0 0,0%	20 90,9%

Total geral de classificações corretas: 86,21%.

QUADRO 5. Estatísticas do teste de seleção de funções discriminantes

FD	Auto Valor	% da Variância	Variância Acumulada	Correlação Canônica	Antes FD	Qui-Quadrado	Signif.
					0	55,583	0,0000
1	1,3947	85,91	85,91	0,7632	1	10,610	0,1566
2	0,2288	14,09	100,00	0,4315			

Com o modelo obteve-se 86,2% de classificações correta das parcelas nas classes de sítio (50 entre 58 casos). Ou seja, obteve-se um ganho de 6,9% em relação ao primeiro modelo. O segundo modelo classificou 92,9% das parcelas corretamente na classe 1; 77,3% na classe 2; e 90,9% na classe de sítio 3 (Quadro 4).

A primeira função acumulou 86% da variância total envolvida no modelo, com uma correlação de 0,70%. A segunda função explicou 14% da variância e teve uma correlação de: 0,44 (Quadro 5). A correlação canônica expressa a Associação entre a função e as classes de sítio.

A função 1 reflete, basicamente, as características fisiográficas e climáticas dos sítios, enquanto a função 2 relaciona-se mais com as condições de fertilidade do solo (Quadro 6). Nesse caso, as características

fisiográficas do ambiente foram mais determinantes da produtividade do que as características de fertilidade do solo, ou seja, quando uma unidade amostral ocupa uma posição adequada em termos de exposição, posição na topossequência, declividade etc., a fertilidade do solo tem efeito pouco expressivo. Entretanto, ao sair daquelas situações fisiográficas ideais, a fertilidade do solo passa a ser importante na definição da capacidade produtiva.

Portanto, na escolha de locais para o plantio de florestas comerciais mais produtivas na região de Mar de Morros, deve-se dar maior ênfase às condições fisiográficas do terreno, mesmo porque elas não se alteram com o passar do tempo. No Quadro 7 são resumidas as condições ambientais consideradas ideais para a produtividade florestal na região em questão.

QUADRO 6. Correlações combinadas intragrupos (pooled-within-groups) entre as variáveis e as funções discriminantes

Variáveis	Função 1	Função 2
Altitude	<u>0,57830</u>	0,13607
Pedoforma	<u>-0,51300</u>	-0,03251
Aspecto 45	<u>-0,38884</u>	0,24618
Topossequência	<u>-0,38305</u>	0,25697
Declividade	<u>0,28501</u>	-0,03779
Silte/Argila B	<u>0,24614</u>	0,04101
Ca/SBA	-0,08035	<u>0,48743</u>
Ca/SBB	0,26205	<u>-0,31165</u>

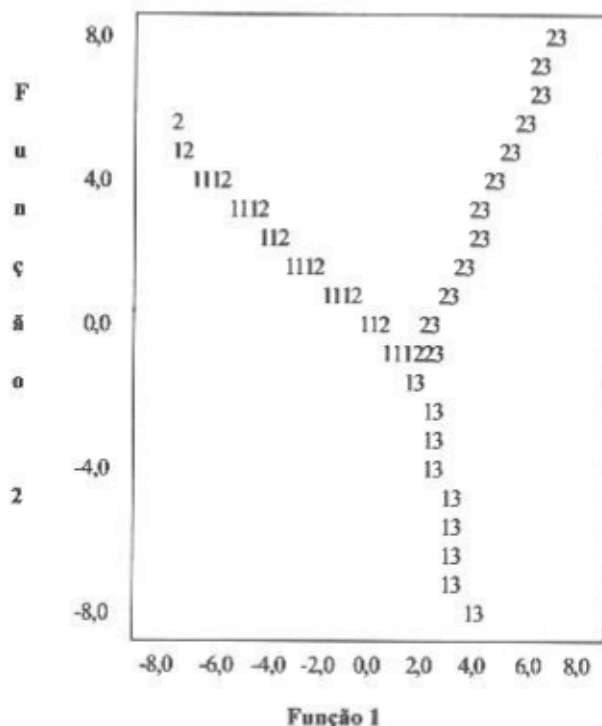


FIGURA 1. Mapa territorial das três classes de qualidade de sítio, gerado pelo modelo discriminante.

QUADRO 7. Condições ambientais para obtenção de máxima produtividade florestal na região de Mar de Morros, e o percentual de casos observados para cada condição e classe de qualidade de sítio

Condições Ambientais	Classes de Sítio		
	1	2	3
Azimute de 315 a 135° (aspecto entre 1 e 2)	36%	73%	86%
Declividade ≤ 20%	43%	59%	82%
Índice pedoforma ³ 0	29%	41%	77%
Silte/Argila < 0,7 (profundidade 40-60 cm)	50%	45%	68%
Posição na toposeq. ³ 50% (0 = topo; 100 = sopé)	50%	63%	77%
Altitude < 870 m	14%	41%	73%
Ca/Soma de bases ³ 0,3 (profundidade 0-20 cm)	57%	73%	59%
Ca/Soma de bases ≤ 0,5 (profundidade 40-60 cm)	57%	86%	91%
Radiação outubro ³ 37,5 (15° dia, MJ.m-2.dia-1)	27%	54%	95%
Floculação 0-20 cm ³ 90%	43%	36%	68%

4. CONCLUSÕES

O uso da Análise Discriminante mostrou-se hábil e eficiente na classificação de sítios florestais, bem como permitiu identificar as características ambientais determinantes da produtividade florestal na região do Mar de Morros de Minas Gerais.

As variáveis incluídas nos modelos discriminantes incluem, na sua maioria, características fisiográficas do terreno.

As áreas mais produtivas têm baixa declividade, estão voltadas para o quadrante nordeste (NE), possuem pedoforma côncava e ocupam as porções mediana e inferior da encosta, relativamente distantes dos topos de paisagem.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. *Inf. Agrop.*, v.12, n.138, p.9-13, 1986.
- BEERS, T.W., DRESS, P.E., WENSEL, L.C. Aspect transformation in site productivity research. *J. Forestry*, v.64, n.10, p.691-692, 1966.
- BRAGA, F.A. de. **Uso de análise discriminante na identificação de características ambientais determinantes da capacidade produtiva de povoamentos de eucalipto**. Viçosa: UFV. 1997. 65.p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. **Levantamento exploratório dos solos da região sob influência da Companhia Vale do Rio Doce**. Rio de Janeiro: 1970. 154p.
- BURTON, A.J., RAMM, C.W., PREGITZER, K.S. Use of multivariate methods in forest research site selection. *Can. J. For. Res.*, v.21, p.1573-1580, 1991.
- CARMO, D.N., RESENDE, M., SILVA, T.C.A. Avaliação da aptidão das terras para eucalipto. In: BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.187-235.
- CASTONGUAY, Y., DUBE, P.A. Climatic analysis of phenological zonation: a multivariate approach. *Agric. For. Meteorol.*, n.35, p.31-45, 1985.
- COOLEY, W.W., LOHNES, P.R. **Multivariate data analysis**. New York: John Wiley, 1971. 364p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. não paginado.
- FABRES, A.S., BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. **Produtividade e exportação de nutrientes em eucaliptos e identificação de sítios visando o manejo do solo e o manejo florestal em áreas da CENIBRA**. Viçosa: Convênio SIF/UFV, 1987. 142p. (Relatório anual/ Programa 86-87)
- FENCER, J., SMITH, M.L. **A discriminant-function approach to ecological site classification in Northern New England**. Radnor: USDA- Forest Service, 1994. 12p. (Research paper NE 686)
- HARDING, R.B., GRIGAL, D.F., WHITE E.H. Site quality evaluation for white Spruce plantations using discriminant analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.49, n.1, p.229-232, 1985.
- IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. Toronto: Academic Press, 1983. 390p.
- LAAR, A. van. Multivariate analysis-a way to better understanding of complexity. *South Afr. For. J.*, v.141, p.34-40, 1987.
- ROWE, J.S. Forest site classification in Canada: a current perspective. Prologue. *For. Chron.*, v.68, n.1, p.22-24, 1992.
- SANTANA, J.A.S. **Efeitos de propriedades dos solos na produtividade de duas espécies de eucalipto na região do Médio Rio Doce**. Viçosa: UFV. 1986. 117p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1986.

**SPSS. SPSS/PC + Advanced Statistics 4.0
for the IBM PC/XT/AT and PS/2.**
Chicago: 1990. p.B1-B37.

WILLIAMS, B.K. Some observations on the
use of discriminant analysis in ecology.
Ecol., v.64, n.5, p.1283-1291, 1983.

IMPACTOS DE EUCALIPTAIS SOBRE VERTEBRADOS SILVESTRES IMPACTS OF EUCALYPT PLANTATIONS ON FOREST VERTEBRATES

Silva, E.*

* Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa
Viçosa - MG - 36.571-000 - Fone: (031) 899-1198 - Fax: (031) 899-2478

Email: eshamir@mail.ufv.br

RESUMO

Este trabalho avaliou os impactos ambientais das plantações de *Eucalyptus* no Brasil sobre os vertebrados silvestres. Foi utilizado o método do "checklist" para a identificação dos impactos. Demonstrou-se que os impactos são similares àqueles encontrados em outros tipos de monoculturas florestais, o que comprova que decorrem do regime silvicultural praticado - plantio em extensas áreas, uniformidade de material genético, uso intensivo de biocidas e corte raso.

Palavras-chave: impacto ambiental, vertebrados silvestres e *Eucalyptus*.

ABSTRACT

The environmental impacts from Brazilian *Eucalyptus* plantations on wild vertebrates were assessed. The checklist method was applied for the identification of such impacts. The results pointed out that the impacts were similar to those found in other monoculture forest plantations. This lead to the conclusion that those impacts derive directly from the silvicultural regime applied - forest plantations on large areas, high level of uniformity for the genetic pool, intensive use of biocides and clear felling.

Key words: environmental impact, wild vertebrates and *Eucalyptus*.

1. INTRODUÇÃO

A formação de grandes maciços florestais no Brasil, com destaque para as áreas plantadas com o gênero *Eucalyptus*, foi marcadamente influenciada pela prática do incentivo fiscal. Este mecanismo de fomento à atividade florestal perdurou de 1965 até meados de 1988, demarcando, didaticamente, uma época caracterizada pela ocorrência de uma série de equívocos na implantação, condução e exploração dos plantios,

especialmente no período entre 1965 a 1975, haja vista que a atividade florestal brasileira estava tomando seus primeiros rumos.

Atualmente, o setor florestal brasileiro encontra-se engajado no que se denomina "novos modelos de plantios", tendo superado inúmeras técnicas hoje contestadas, tais como: uso intensivo da queima de restos vegetais na implantação e reforma dos talhões; plantios em áreas de veredas e em terrenos de forte inclinação; utilização de traçado ortogonal no estabelecimento da malha viária e do talhamento dos projetos florestais; emprego massivo de cortes rasos, independentemente da situação topográfica da área (Capitani *et al.*, 1992 e Maia *et al.*, 1992 citados por SILVA, 1996).

No entanto, ainda que seja notória a maior preocupação com a questão ambiental nos projetos florestais brasileiros, incluindo-se os plantios com eucalipto, deve-se reconhecer que a atividade florestadora/reflorestadora induz, de forma inerente, uma vasta gama de impactos ambientais negativos ou positivos, sob a forma física, biótica ou antrópica. Assim, faz-se necessário direcionar esforços para um melhor entendimento das alterações ambientais promovidas pela atividade florestal, com o objetivo de compor a base científica que tratará da minimização e da potencialização dos seus impactos ambientais positivos e negativos, respectivamente.

Dentre os vários compartimentos ambientais, a biota é um dos mais sensíveis à essas alterações promovidas pelos plantios florestais, principalmente pela simplificação do hábitat advinda da introdução da espécie comercial, bem como pelo uso de diferentes tipos de biocidas na área, entre outras ações (EVANS, 1982; HUNTER JUNIOR, 1990; MATHER, 1990; SILVA, 1994).

Com base no exposto, o presente trabalho tem como objetivo básico efetuar a avaliação

de impactos ambientais de plantios de eucalipto sobre os vertebrados silvestres, a partir da identificação destes impactos, com suas respectivas medidas mitigadoras ou potencializadoras, conforme o caso. Também é propósito do trabalho, o delineamento de medidas gerais que têm a capacidade de beneficiar a vida silvestre nos projetos florestais, entendidos aqui como o conjunto formado pelos talhões comerciais e áreas ocupadas por vegetação nativa (reserva florestal legal, terrenos de preservação permanente e sub-bosque dos plantios).

2. METODOLOGIA BÁSICA

Os impactos dos eucaliptais sobre os vertebrados silvestres foram identificados pelo método denominado de "check-list", que se baseia na composição de uma listagem de controle dos impactos mais relevantes (MOREIRA, 1985). É um método de fácil aplicação, ajustando-se perfeitamente aos propósitos do presente trabalho.

O delineamento das medidas mitigadoras (impactos negativos) ou potencializadoras (impactos positivos) também obedeceu um critério de elencamento, refletindo ações exequíveis para a realidade empresarial brasileira. O mesmo critério se adotou no vislumbamento das medidas gerais, que visam beneficiar a vida silvestre nos eucaliptais.

A identificação dos referidos impactos ambientais considerou o conjunto de atividades relacionadas às 3 (três) etapas clássicas de um empreendimento florestal: implantação, manutenção e exploração e transporte, conforme recomenda SILVA (1994).

A etapa de implantação compreende aquelas atividades que visam dotar a área da infra-estrutura necessária aos propósitos da empresa florestal, como estradas, aceiros, cercas e viveiros, bem como as ações relacionadas ao plantio propriamente dito, incluindo-se produção de mudas, limpeza do terreno, preparo do solo etc.

A etapa de manutenção envolve os tratamentos silviculturais, exatamente para garantir o patrimônio florestal implantado, como controle de espécies vegetais competidoras - por controle manual, mecânico ou químico -, controle de pragas e doenças, manutenção de aceiros, estradas e cercas,

eventual aplicação de desbastes, entre outros.

A etapa de exploração e transporte, por sua vez, relaciona-se à colheita do material lenhoso, sendo composta das atividades de corte, baldeio (extração) e transporte do material para estaleiros ou locais de consumo.

3. IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RESPECTIVAS MEDIDAS MITIGADORAS OU POTENCIALIZADORAS

A seguir, são identificados os seguintes principais impactos ambientais de eucaliptais sobre vertebrados silvestres, com suas respectivas medidas mitigadoras ou potencializadoras:

- Redução espacial do hábitat silvestre, quando da erradicação da cobertura vegetal nativa para implantar o empreendimento, ou seja, estradas, aceiros, acampamentos etc. Medidas mitigadoras: priorizar a implantação do empreendimento em áreas já alteradas antropicamente; implantar esse tipo de infraestrutura, de tal forma que os remanescentes vegetais nativos do empreendimento sejam contíguos e representem as melhores áreas, em termos de estado de conservação; e melhorar a capacidade de suporte dos remanescentes vegetais nativos do empreendimento, com plantios de enriquecimento, principalmente de espécies frutíferas, melíferas e forrageiras.

- Incorporação de agroecossistemas (pastos e lavouras) a ambientes florestais, ainda que em regime de monocultura de eucalipto, ampliando a capacidade de suporte do meio para vários tipos de vertebrados silvestres, principalmente pelo estabelecimento de sub-bosque no eucaliptal e maior oferta de sombra (regulação térmica) e poleiros. Medidas potencializadoras: utilizar áreas fortemente alteradas pela prática agropecuária, ou seja, que possuam baixa capacidade de suporte à fauna silvestre; implantar os eucaliptais em áreas próximas a remanescentes vegetais nativos, de modo a ampliar a ocupação do solo com ambiente florestal, o que representaria, na prática, a interligação destes fragmentos florestais.

- Diminuição da capacidade de suporte do meio para os vertebrados silvestres, em função do controle de sub-bosque. Medidas

mitigadoras: efetuar este controle, de modo que, no interior dos talhões, existam diferentes estádios de sucessão vegetal, o que aumentaria a diversidade florística da área e, portanto, a possibilidade de atender às necessidades de um maior número de espécies animais; e diminuir a intensidade do controle do sub-bosque nos talhões limítrofes às áreas de grande relevância ecológica, como veredas, banhados, matas ciliares etc.

- Afugentamento dos vertebrados silvestres, causado por ruídos ou pela presença humana na área. Medidas mitigadoras: desenvolver maquinarias que causem menos ruídos; e limitar a velocidade em certos trechos da rede viária florestal, próximos de locais com concentração faunística.

- Morte de espécimens de vertebrados silvestres, quando do uso do fogo na área. Medidas mitigadoras: restringir o uso do fogo na área, principalmente na queima de restos de vegetação, após o desmatamento; e efetuar a queima apenas em glebas, evitando o uso do fogo em extensas áreas, de uma única vez.

- Aumento da oferta de alimento para os vertebrados silvestres, em função do revolvimento do solo e consequente surgimento de pequenos organismos (anelídeos principalmente) que são base de cadeia alimentar. Medida potencializadora: disciplinar o trabalho no campo, evitando a presença humana, durante os primeiros dias, nas áreas em que o solo foi revolvido recentemente, de tal sorte a permitir um maior afluxo de fauna silvestre.

- Depreciação da qualidade da água utilizada para dessedentação de vertebrados silvestres, pelo aumento da sua turbidez - causado pelas interferências diretas no solo (abertura de estradas, revolvimento de solo etc) - e concentração de biocidas - devido o uso intensivo de herbicidas, inseticidas etc nas várias fases do desenvolvimento do eucalipto. Medidas mitigadoras: evitar interferências desnecessárias no solo, a partir da observância da técnica de cultivo mínimo; locar racionalmente a rede viária florestal; aplicar biocidas com menor tempo de degradação do seu princípio ativo; restringir o uso de biocidas na área, mediante o estabelecimento de programa de controle biológico de pragas e doenças; e realizar o descarte de embalagens

dos biocidas dentro dos padrões técnicos e legais.

- Diminuição da capacidade de suporte do meio para os vertebrados silvestres, quando da ocorrência de danos mecânicos na vegetação de sub-bosque. Medidas mitigadoras: desenvolver e utilizar equipamentos de extração, que minimizem estes danos mecânicos; e desenvolver e empregar sistemas de exploração florestal em mosaicos, de tal forma que os danos mecânicos à vegetação de sub-bosque ocorram em glebas e não em extensas áreas, de uma única vez.

- Possibilidade de intoxicação e eventual morte de diferentes tipos de vertebrados silvestres, por se alimentarem de insetos controlados por via química (inseticida). Medidas mitigadoras: restringir o uso de inseticidas na área, mediante o estabelecimento de programa de controle biológico de insetos; e aplicar inseticidas com menor tempo de degradação do seu princípio ativo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos impactos ambientais identificados no item anterior, a primeira consideração a ser feita é que, os mesmos não diferem, em sua essência, daqueles originados em outras monoculturas florestais. Em outras palavras, os impactos decorrem fundamentalmente do regime silvicultural, baseado na inversão de extensas áreas para plantio, com tendência à uma grande uniformidade genética, bem como em modelos de corte raso e uso intensivo de biocidas.

Tomando isso como base, parece lógico estabelecer estratégias de mitigação ou potencialização de impactos negativos e positivos, respectivamente, que contemplem ações generalistas e não, ligadas apenas à(s) espécie(s) em si, no caso do gênero *Eucalyptus*. Neste sentido, seria oportuna a adoção das seguintes medidas gerais, com o objetivo de melhorar as condições do meio (eucaliptais e as áreas de vegetação nativa do empreendimento florestal) para abrigar vertebrados silvestres:

- Realizar levantamento faunístico qualitativo (que espécies existem na área?) e quantitativo (para algumas espécies mais importantes, como aquelas que estão ameaçadas de extinção, com status de praga, que sofrem

pressão de caça etc) dos vertebrados silvestres presentes nos projetos florestais. Os resultados deste levantamento constituem-se em base indispensável para se avaliar corretamente os impactos ambientais sobre a vida silvestre decorrentes das práticas adotadas no empreendimento florestal.

- Efetuar levantamento pré-exploratório das áreas liberadas para corte (raso ou seletivo), com o propósito de identificar a presença de ninhos e outros tipos de abrigos dos animais silvestres, tanto na vegetação comercial (eucalipto) quanto na de sub-bosque. Caso estes abrigos sejam identificados na área, a mesma deverá receber atenção especial, bem como a sua circunvizinhança, sendo liberadas apenas quando o animal não mais estiver ocupando este espaço para procriação.

- Aumentar o número de habitats, principalmente açudes, que podem se constituir em importantes fontes de dessedentação para os vertebrados silvestres.

- Distribuir estrategicamente as reservas florestais nativas, de modo a ficarem conectadas. Em caso de projetos já estabelecidos e cujas reservas estejam fragmentadas, efetuar a interligação por meio da indução à regeneração natural ou mesmo plantio de espécies nativas. Em alguns casos, pode-se desbasta o plantio de eucalipto, a fim de favorecer o desenvolvimento do sub-bosque e, assim, promover a referida interligação.

- Distribuir faixas de vegetação nativa ao longo dos eucaliptais, de forma a atenuar os efeitos adversos da vegetação comercial sobre os vertebrados silvestres.

- Enriquecer, com base em inventário florístico e fitossociológico, a flora presente nas reservas naturais. Especial atenção deve ser dada ao material genético regional, com ênfase nas espécies melíferas, frutíferas, forrageiras ou que possuam características ímpares (como por exemplo a arquitetura da copa, importante para a nidificação de algumas espécies de aves).

- Favorecer a diversidade etária das plantações de eucalipto, criando, assim, um mosaico de habitats, importante para a vida silvestre como um todo.

- Incrementar ações de fiscalização ambiental na área, a partir de uma maior e mais efetiva interação com os órgãos competentes.

- Implantar programas de educação ambiental junto às comunidades que vivem nas cercanias dos projetos florestais e que, porventura, mantenham relações indesejáveis com a área, na forma de caça, pesca, retirada de lenha, entre outras.

- Implantar os eucaliptais preferencialmente em áreas degradadas, evitando, com isto, a expansão horizontal dos plantios em ambientes pouco alterados ou primitivos.

- Adotar práticas de manejo diferenciadas nos talhões de eucalipto que divisarem com ambientes importantes para os vertebrados silvestres, como por exemplo banhados, veredas, matas ciliares etc. O que se está apregoando é um zoneamento do projeto florestal, de modo a serem identificadas, em mapa, áreas que deverão receber atenção especial, exatamente por concentrarem vida silvestre.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EVANS, J. *Plantation forestry in the tropics*. Oxford, Clarendon Press, 1982, 472 p.

HUNTER JUNIOR, M. L. *Wildlife, forests, and forestry - principles of managing forests for biological diversity*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1990, 370 p.

MATHIE, A. S. *Global forest resources*. Portland, Timber, 1990, 341 p.

MOREIRA, I. V. D. *Avaliação de impacto ambiental*. Rio de Janeiro, FEEMA, 1985, 34 p.

SILVA, E. *Avaliação qualitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil*. Viçosa, UFV, 1994, 309 p. (Tese D.S.).

SILVA, E. Funções ambientais dos reflorestamentos de eucalipto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, 1996, 5-7.

IRRIGATION INCREASES GROWTH AND IMPROVES FIBRE QUALITY OF *Eucalyptus globulus* AND *Eucalyptus nitens*

Beadle, C.L.^{1,2}; Banham, P.W.²; Worledge, D.^{1,2}; Russell, S.L.³; Hetherington, S.J.^{2,3};
Honeysett, J.L.¹ and White, D.A.^{1,2,4}

CSIRO Forestry and Forest Products and

²Cooperative Research Centre for Temperate Hardwood Forestry, GPO Box 252-12, Hobart 7001
and ³Australia and Australian Newsprint Mills, Boyer, Tasmania 7140, Australia

Contact numbers: Tel.: 61-362-267911, Fax: 61-362-267942 - e-mail: chris.beadle@ffp.csiro.au

An experiment in southern Tasmania has provided a unique opportunity to study the impact of continuous irrigation or cycles of drought stress on growth and wood quality of the two major species, *Eucalyptus globulus* Labill. and *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden, that are established for pulpwood plantations in southern Australia. Growth and water use were measured over a six-year period and fibre quality was assessed at age six years.

Height of *E. globulus* was greater than that of *E. nitens* irrespective of water status. In the irrigated treatment diameter increment was greater in *E. nitens* than in *E. globulus* in

the third and fourth year of growth. Annual increments in stem volume were maintained at higher levels in *E. globulus* than *E. nitens* in the first five years of growth. The effects of drought stress were more apparent in *E. nitens* than *E. globulus*. In the irrigated treatment total water use was similar for each species, increased until canopy closure and then approximated pan evaporation (crop factor ≈ 1.0). Irrigation led to lower basic density, longer average fibre length in *E. nitens* and lower coarseness of fibre in *E. globulus*. Irrigation also led to improved strength properties when tested for cold caustic soda (CCS) pulping characteristics.

IS THERE AN ASSOCIATION BETWEEN THE COOLIBAH TREE, *Eucalyptus victrix* L. Johns & K. Hill AND THE GRASS *Setaria dielsii* (Herrn)?

Florentine, S.K. and Fox, J. E. D.

School of Environmental Biology, Curtin University, GPO Box U 1987 Perth 6001,
Western Australia, Australia

ABSTRACT

Nutrients in soil close to bole and away from mature trees were measured in coolibah woodland, in the Pilbara district of Western Australia. The levels of total N, Mg, K, S, electrical conductivity (EC) and other soil characteristics under the trees were significantly higher close to bole than those away from the tree. Ca, Na, Fe, and organic carbon did not differ. It is suggested that *Eucalyptus victrix* enhance soil surface nutrition and that soil nutrient status favours growth of *Setaria dielsii*. The soil temperatures beneath the canopy may also help to condition the seeds of *S. dielsii* to germinate beneath the canopy than in open area.

Key words: *Eucalyptus*, *Setaria*. association, nutrients, soil temperature, soil moisture.

INTRODUCTION

Various North American and Australian soil studies have shown that nutrients may become limiting to biological production during times when moisture availability is not limited (West & Skujins, 1978). Vertical and horizontal distribution of soil nutrients is strongly linked to vegetation distribution, composition, and biomass (West & Klemmenson 1978). Grass production can be greatly enhanced by removal of trees (West 1969), but there is also evidence that trees may have a beneficial effect on growth of grass and other shrubs (Bosch & Van Wyk, 1970). Some grasses grow exclusively in close association with tree canopy cover with markedly higher productivity compared to grass growing in open areas (Kennard & Walker, 1973). Bosch & van Wyk (1970) suggest that in the northern Transvaal low veld this association is due to a higher soil nutrient availability under trees as physical

and chemicals soil properties will vary from the bole of the tree outward (Zinke, 1962; Belsky *et al.*, 1989; Wetzin & Coughenour, 1990). In general woody tree species can change the density and growth capacity of understorey plant species (Foster *et al.* 1984), or the competition of herbaceous species composition beneath the tree canopy (Hawth & McPherson, 1994). Beneath the tree canopy nutrient gradients associated with an individual tree may contribute to a zonal pattern of herbaceous vegetation (Johnsen, 1962; Arnold, 1964; Evertt *et al.*, 1983; Belsky *et al.*, 1989; Mc Pherson *et al.*, 1991).

Stem flow may play an important role in establishing moisture and mineral gradients radiating out from the tree bole (Carlisle *et al.*, 1967; Pressland, 1973, 1976; Gersper & Holowaychuk, 1971; Thurow *et al.*, 1987; Weltzin & Coughenour, 1990; Callaway *et al.*, 1991). An accumulation of litter can change the chemical composition of the soil beneath the tree and small shrubs species of arid and semi-arid areas (Roberts 1950; Fireman & Hayward 1952; Paulsen 1953). Two potentially important ecological factors soil moisture and soil temperature can be maintained by tree canopy. The canopy can reduce evaporation and thereby retain soil moisture near the tree bole (Weltzin & Coughenour, 1990). In this way temperatures can also be kept lower (Tidemann & Klemmenson, 1977).

The annual grass species *Setaria dielsii* readily establishes and form pure stands beneath the canopy of mature *Eucalyptus victrix* but seldom occurs in open areas or under other tree or shrub species of the coolibah woodland. A similar association with *Panicum decompositum* R. Br. is reported by Kennard & Walker (1973) under the

canopy of *Brachystegia spiciformis* (Benth) and *Julbernardia globiflora* (Benth). Vigorous growth of *Panicum decompositum* is associated with mixtures of species such as *Combretum molle* (R.Br ex Don), *Terminalia serica* (Burch ex DC) and *Albizzia sp.* According to Wong *et al.* (1985) many C-4 grasses, particularly those in the genera *Panicum* L. and *Setaria* L. have unusual growth capacities under wooded pasture conditions.

E. victrix is the dominant tree species in the woodland and it is abundant on red loamy soil, often on seasonally flood plains and creek sides. It has a wide spread but scattered distribution spreading across central regions of the northern part of Western Australia (Brooker & Kleinig, 1990). In the coolibah woodland, particularly under mature *E. victrix* trees, growth of the glabrous annual C-4 grass species *S. dielsii* is abundant. It usually grows in clumps up to 1m in height.

Cimate

The study was conducted in coolibah woodland of the Pilbara region of Western Australia at Roy Hill (22° 48.35'S, 120° 09.43'E). The Pilbara is characterised by arid to semi-arid climatic conditions. The average rainfall varies from 180 to 300 mm per annum. Of this some 35 - 40% is cyclonic, the remainder being mostly received from summer thunderstorms (Beard 1975). The mean maximum temperature ranges from 40°C in January and December, to 23°C in July, whilst minimum temperatures range from 25°C in January to 9°C in July (Bureau of Meteorology, Perth, Western Australia.).

The aim of this study was to examine the association between the tree *E.victrix* and the grass *S. dielsii*. by examine following three hypothesis.

1. Could be associated with different nutrient status 2. Could be associated with different water status and 3, could be associated with different soil temperatures.

MATERIALS AND METHODS

Soil sampling

Soil samples (approximately 1 kg) were

taken from depth of 100 - 120 mm. For each of ten randomly chosen trees *Eucalyptus victrix*, one sample was near the main stem tree and a second sample was taken at a distance of 5m from the bole of the tree. Soil samples were bagged and transported to Perth for soil chemical analysis by

Using similar sampling methods three samples were taken between 100 - 120 mm for soil moisture analysis. Samples were collected at 1 m, 3 m and 5 m from the bole of the tree. Soil samples were placed in carefully sealed labelled tins. Initial masses were obtained using an electronic balance. Then the tins were opened and placed in an oven for 24 hours at 105°C to obtain dry mass.

Soil Chemical Analysis

Available phosphorus and potassium were measured using the Colwell method (Colwell 1965). Ammonium and nitrate nitrogen were measured simultaneously using a Lachat Flow Injection analyser (Seale 1984). pH (water of the extract in both water and CaCl_2) was measured with a combination pH electrode and electrical conductivity measure using a conductivity calibrated against 0.01m KCl (Rayment & Higginson 1992). Organic carbon was calculated by the Walkley - Black method (Walkley & Black 1934). Sulphur was determined by the KCl - 40 method (Blair *et al* 1991). Iron was determined using a flame atomic absorption spectrophotometer at 248.3 nm.

Temperature Recording

At each location temperature probes were carefully buried in to different known depths. Air temperature was also measured for 24 hours at 10 minutes interval. Each set of probes were mainly buried at the open area and shade area. All these probes were connected by wire cable to a data logger (Datataker DT 2000). Then 1MB diskette (MF31M1-LCDAT01 / MELCARD Mitsubishi) was fixed to the data logged to save the data.

Statistical analysis

Soil data were analysed by students *t*-test and ANOVA using the MINITAB

statistical package (Version 8.2).

RESULTS

Soil analysis

The soil close *E. victrix* is significantly higher in total nitrogen, magnesium, potassium, sulphur and electric conductivity (EC) than 5m from the bole (Table 1). Soil samples did not differ significantly with respect to phosphorus, calcium, sodium, organic carbon iron and pH. Other chemicals and nutrients analysis showed no significance different between under *Setaria dielsii* and 5m away from the tree. However the mean value of phosphorus, organic carbon %, Iron, were higher than soil nutrients from

5m away from the bole. Although soil moisture is highest under the tree 3 and 5m away this difference is not significant (Table 2).

Soil temperatures beneath the tree canopy differ from those in the canopy free area. (Fig 1a & b) During summer soil temperatures decrease (except 15 cm) with soil depth (10, 15 & 30 cm) in both beneath the canopy and beyond the canopy. The temperature measurements at 15 cm and 30 cm both in open and shade were similar. Maximum surface temperature in open (43.5 °C) was higher and fluctuate more in summer than the shade surface temperature (34.5 °C).

TABLE 1. Mean $\pm$ SD soil nutrient compositions from close to the tree bole of *Eucalyptus victrix* and 5m away from the tree. Sample size = 20

	Close to the bole	5m away	Significance
Tot. N (mg/kg)	17.9 $\pm$ 10.1	10.4 $\pm$ 2.99	0.048 *
P (mg/kg)	37.5 $\pm$ 14.5	29.70 $\pm$ 16.3	0.27NS
K (meq/100g)	4.14 $\pm$ 0.70	2.94 $\pm$ 0.97	0.0062 **
S (mg/kg)	7.97 $\pm$ 2.84	4.29 $\pm$ 1.17	0.0036 **
Mg (meq/100g)	4.14 $\pm$ 0.55	3.64 $\pm$ 0.47	0.043 *
Ca (meq/100g)	13.26 $\pm$ 1.08	13.63 $\pm$ 1.58	0.55 NS
Na (meq/100g)	0.12 $\pm$ 0.04	0.12 $\pm$ 0.04	1.0 NS
EC 1:5 H ₂ O (dS/m)	0.18 $\pm$ 0.05	0.11 $\pm$ 0.02	0.025 *
Org. Carbon (%)	0.97 $\pm$ 0.50	0.61 $\pm$ 0.33	0.74NS
Fe (mg/kg)	1012 $\pm$ 143	941 $\pm$ 304	0.51NS
pH in CaCl ₂	7.62 $\pm$ 0.08	7.6 $\pm$ 0.12	0.09NS
pHw _{1:5} H ₂ O	7.58 $\pm$ 1.58	8.01 $\pm$ 0.15	0.41NS

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, NS = not significant

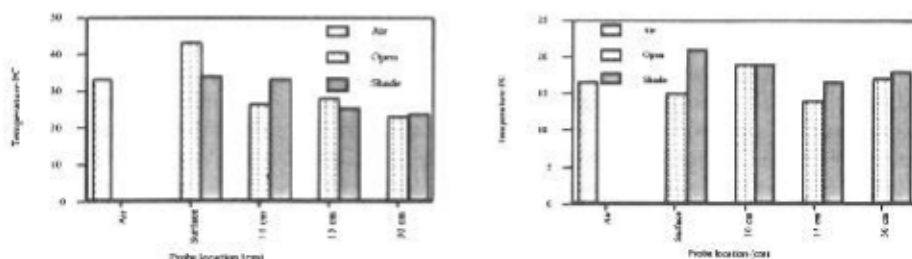
TABLE 2. Mean, $\pm$ SD of soil moisture (percentage) 1m, 3m and 5m from the main stem of *Eucalyptus victrix* tree. Sample size=10

	1m	3m	5m	Fvalue	P
Soil moisture (%)	6.40 $\pm$ 1.34	5.90 $\pm$ 1.87	5.97 $\pm$ 0.73	0.04	0.67 ^{NS}

NS = not significant ($P > 0.05$).

Although soil moisture is highest under the tree than at 3 and 5m away the no significant differences.

FIG 1. Maximum temperature of summer and winter in an open and beneath the canopy of *E. ucalyptus victrix* in the coolibah woodland.



DISCUSSION

Gutierrez *et al* (1993) documented that the level of soil nitrogen phosphorus and organic matter were significantly higher underneath than outside the canopies of *Portiria chilensis* shrubs (Zygophyllaceae). Tiedemann & Klemmedson (1973) concluded that the levels of nitrogen, potassium, sulphur, soluble salts and organic matter in soil under mesquite tree was greater than between trees. Our data also indicate that the soil nutrient concentration at the level between at 100 - 110 mm (just below the surface soil) has high total nitrogen, magnesium, potassium, sulphur and electrical conductivity. These results suggest that the close association between *E. victrix* and *S. dielsii* is mainly due to nutrient availability under *E. victrix*. Similarly Bosch & Van Wyk (1970) also claimed that in the northern Transvaal the *Panicum* - tree association may be associated with soil enrichment by the tree and also soil temperature under the canopy may help to seasoning the seeds of *S. dielsii*. It is most likely that the *E. victrix* tree is associated with enhanced nutrient status.

Soil moisture levels at different depths indicates that moisture is depleted fastest in sites with closed canopies and slowest in sites in the open or under an open canopy (Kennard & Walker, 1973). In contrast our soil moisture data indicates that soil near the bole is not significantly differ to that away from the bole. This may be due to the large accumulation of litter both under and away from the bole of the tree.

The grass canopy creates a below surface microclimate which elevates the extreme temperature fluctuations experience at the

surface and provide a good germination environment for seed. The canopy of grass species is likely to have an enormous impact on the season of seed germination and on seed dynamics (Lunt 1995). High temperatures also reduce the growth of some forbs (Willis & Groves 1991). Possibly the absence of *S. dielsii* in open area inhibit the growth by high summer temperature, and the temperature maintenance under the grass canopy may provide suitable temperatures for seeds to germinate at any time of the year (Lunt 1995).

This study is noteworthy to explain certain important reasons for the striking association. We found out that this association is possibly due to soil nutrient status difference between the tree and open woodland and several papers also suggest that this semi arid environment, under the woody plant canopies soil more fertile than open grassland (Ebersohn & Lucas 1965; Charley & West 1975; Aggarwal *et al.* 1976; Barth 1980; Belsky *et al.* 1989). Further decreasing density of the *S. dielsii* towards the edge of the canopy may be due to competition for light (Parker & Muller 1982) and soil moisture (Tiedemann & Klemmedson 1977; Smith & Stubbendieck 1990) by competition from other species (Schott & Pieper 1985).

REFERENCES

- Aggarwal, R.K., Gupta, J.P., Saxena, S.K. & Muthana, K.D. (1976). Studies on soil physico-chemicals and ecological changes under five twelve-year old desert tree species of western Rajasthan. *Indian Forestry* **102**: 863 - 872.

- Arnold, J.F. (1964). Zonation of the understorey vegetation around a juniper tree. *Journal of Range Management*. 17: 41 - 42.
- Barth, R.C. (1980). Influence of pinyon pine tree on soil chemicals and physical properties. *Soil Science American Journal*. 44: 112 - 114.
- Beard, J.S. (1975). **The Vegetation of the Pilbara Area**. Explanatory Notes to Sheet 5, Vegetation Survey of Western Australia. University of Western Australia Press, Nedlands. pp. 120.
- Belsky, A.J., Amundson, R.G., Duxbury, J.M., Riha, S.J., Ali, A.R., & Mwonga, S.M. (1989). The effects of trees on their physical, chemical, and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. *Journal of Applied Ecology*, 26: 1005 - 1024.
- Blair, G.J., Chinoim, N., Lefroy, R.D.B., Anderson, G.C. & Crocker, G.J. (1991). *Australian Journal of soil Research* 29: 619- 626.
- Bosch, O.J.H. & Van Wyk, J.J.P. (1970). Die invloed van bosveldbome op die produktiviteit van *Panicum maximum*: Voorlopige verslag. *Proceedings Grasslands Society Southern Africa* 5: 69 - 74.
- Brooker, M.I.H. & Kleinig, D.A. (1990). Field Guide to Eucalyptus : South and Western Australia. Inkata Press, Sydney. pp 302 - 304.
- Callaway, R.M., Nadkarni, N.M. & Mahall, B.E. (1991). Facilitation and interference of *Quercus douglasii* on understorey productivity in central California. *Ecology* 72: 1484 - 1499.
- Carlisle, A., Brown, A.H.F. & White, E.J. (1967). The nutrient content of tree stem flow and ground flora litter and leachates in a sessile oak (*Q. petraea*) woodland. *Journal of Ecology*, 55: 615- 627.
- Charley, J.L. & West, N.E. (1975). Plant - induced soil chemicals patterns in some shrub-dominated semi-desert ecosystems of Utah. *Journal of Ecology*. 63: 945 - 963.
- Colwell, J.D. (1965). Title: Chemistry 8: 893 - 895.
- Ebersohn, J.P. & Lucas, P. (1965). Tree and soil nutrients in south-western Queensland. *Queensland Journal of Agriculture and Animal Science*. 22: 237 - 239.
- Everett, R.L., Sharrow, S.H. & Meeuwig, R.O. (1983). Pinyon-juniper woodland understorey distribution patterns and species association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 110: 454-463.
- Fireman, M. & Hayward, H. E. (1952). Indicator significance of some shrubs in the Escalante Desert, Utah. *Botanical Gazette* 114: 143 - 155.
- Foster, M.A., Scifres, C.J. & Jacoby, P.W., Jr. (1984). Herbaceous vegetation-lotebush [*Ziziphus obtusifolia* (T. & G.) Gray var. *obtusifolia*] interaction in north Texas. *Journal of Range Management* 37: 317- 320.
- Gersper, R.L. & Holowaychuk, N. (1971). Some effects of stem flow from forest canopy trees on chemical properties of soil. *Ecology* 52: 691-702.
- Gutierrez, J.R., Meserve, P.L. Contreras, L.C. Vasquez, H. & H. Jaksic, (1993). Spatial distribution of soil nutrients and ephemeral plants underneath and out-side the canopy of *Portieria chilensis* shrubs (Zygophyllaceae) in arid coastal Chile. *Oecologia* 93: 347 - 352.
- Haworth, K. & McPherson, G.R. (1994). Effects of *Quercus emoryi* on herbaceous vegetation in a semi-arid savanna. *Vegetatio* 112: 153 - 159.
- Johnsen, T.N. (1962). One seed juniper invasion of northern Arizona grasslands. *Ecological Monographs*, 32: 187- 207.
- Kennard, D.G. & Walker, B.H. (1973). Relationships between tree canopy cover and *Panicum maximum* in the vicinity of Fort Victoria. *Rhodesian Journal of Agricultural Research* 11: 145-151.
- Lunt, I.D. (1995). Seed longevity of six native forbs in a closed *Themeda triandra* Grassland. *Australian Journal of Ecology*. 43: 439 - 449.
- McPherson, G.R., Rasmussen, G.A., Wester, D.B. & Masters, R.A. (1991). Vegetation and soil zonation associated with *Juniper pinchotti* Sudw. trees. *Great Basin Naturalist*, 51: 316 - 324.

- Parker, V.T. & Muller, C.H. (1982). Vegetational and environmental changes beneath isolated live oak trees (*Quercus agrifolia*) in a California annual grassland. *American Midland Naturalist*, **107**: 69 - 81.
- Paulsen, H.A. (1953). A comparison of surface soil properties under mesquite and perennial grass. *Ecology*, **34**: 727 - 732.
- Pressland, A.J. (1973). Rainfall partitioning by an arid woodland (*Acacia aneura* F. Muell) in south-western Queensland. *Australian Journal of Botany*, **21**: 235 - 254.
- Pressland, A. J. (1976). Soil moisture redistribution as affected by through fall and stem flow in an arid zone shrub community. *Australian Journal of Botany*, **24**: 641- 649.
- Rayment, G.E. & Higginson, F.R. (1992). Australian laboratory Handbook of Soil and Water Chemicals Methods.
- Roberts, R.C. (1950). Chemicals effects of salt-tolerant shrubs on soils. Forth International Congress of Soil Science. **1**: 404 - 406.
- Schott, M.R. & Picper, R.D. (1985). Influence of canopy characteristics of one-seeded juniper on understorey grasses. *Journal of Range Management* **38**: 328 - 331
- Seale, P.L. (1984). Title Analyst **109**: 549 - 568
- Smith, S.D. & Stubbendieck, J. (1990). Production of tall-grassprairie herbs below eastern redcedar. *Prairie Nature*. **22**: 13 - 18.
- Thurrow, T.L., Blackburn, W. H., Warren, S.D. & Taylor, Jr, C.A. (1987). Rainfall interception by midgrass, shortgrass, and live oak mottes. *Journal of Range Management*, **40**: 455 - 460.
- Tiedemann, A.J. & Klemmedson, J.O. (1977). Effects of mesquite trees on vegetation and soil in the desert grassland. *Journal of Range Management*, **30**: 361 - 367.
- Tiedemann, A.R. & Klemmedson, J.O. (1973). Nutrient availability in desert grassland soils under mesquite (*Prosopis juliflora*) trees and adjacent open areas. *Soil Science Society American Proceedings* **37**: 107 - 111.
- Walkely, A.& Black, I. A. (1934). Title Soil Science **37**: 29 - 38.
- Weltzin, J.K. & Coughenour, M.B. (1990). Savanna tree influence on understorey vegetation and soil nutrients in northwestern Kenya. *Journal of Vegetation Science*, **1**: 325 - 334.
- West, N.E. & Klemmedson, J.O. (1978). Structural distribution of nitrogen in desert ecosystems pp 1 - 16. In West NE, Skujins, J.J. (eds) **Nitrogen in Desert Ecosystems**. Dowden Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pennsylvania, pp 496
- West, N.E. & Skujins, J.J. (1978). Nitrogen in desert ecosystems. Downden Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pennsylvania.
- West, O. (1969). Fire: its effect on the ecology of vegetation in Rhodesia, and its application in grazing management. Proceedings Veld Management Conference, Bulawayo, May, 1969: 59 Government Printer, Salisbury
- Willis, A.J. & Groves, R.H. (1991). Temperature and light effects on the germination of seven native forbs. *Australian Journal of Ecology*. **39**: 219 - 228.
- Wong, C.C., Rahim, H. & Sharudin, M.M.A. (1985). Shade tolerance potential of some tropical forage for integration with plantations. I. Grasses. *MARDI Research Bulletin* **13**: 225-247
- Zinke, P.J. (1962). The pattern of individual forest on soil properties. *Ecology*. **43**: 130- 133.

MEASUREMENT AND PREDICTION OF NITROGEN LOSS DUE TO EROSION ON FOREST SOILS

Teixeira, P.C. and Misra, R.K.

Cooperative Research Centre for Temperate Hardwood Forestry

GPO Box 252-12 - Hobart, TAS 7001 - Australia

Phone: [International +61 3 62 26 7991] - Fax: [International +61 3 62 26 7942]

e.mail: paulina.teixeira@ffp.csiro.au

ABSTRACT

Little is known about the effect of erosion on nitrogen loss (N-loss) from forest soils, and how to model it. In this study, erosion and associated N-loss of three forest soils were measured in simulated rainfall experiments. The concentration of N in sediment (N_s) was generally greater than that of the uneroded soil. Enrichment ratio, E_R , i.e. the concentration of a substance in sediment divided by its concentration in the uneroded soil, was predicted from measured sediment loss (S_e) using a model developed by Menzel (1980). Using E_R predicted from values of Menzel's model we estimated N-loss in sediments. A new method was developed to estimate S_e directly from S_t , without using the concentration of N in sediment or in the uneroded soil. This new method requires less measurements than Menzel's method, because N analysis is not required. Predictions of S_e using both methods agreed well with the observed values. Such predictions of N-loss may be used as management tools to estimate potential erosion hazards in forests and plantations.

INTRODUCTION

Losses of nitrogen (N) from agricultural land are estimated to range between 1 to 100 kg N ha⁻¹ year⁻¹ (White, 1986; Rose and Dalal, 1988), making erosion one of the major causes of fertility decline in agricultural soils. In tree farms, soils are likely to be more vulnerable to erosion during the period between planting and canopy-closure than after the canopy-closure due to a lack of adequate soil-cover. Before canopy-closure, forest soils may contain substantial amounts of nutrients if they contain large amount of decomposed or undecomposed plant residues. These nutrients may be lost from the site via erosion.

Information on erosion and nutrient loss from forest soils is seldom reported in the literature.

Organic residues and fine soil material are known to be the first of the soil constituents to be removed by erosion, due to either their low density or low depositability. These constituents tend to be rich in sorbed nutrients, which makes sediments usually richer in nutrients than the uneroded soil. The extent of this selective loss of nutrients is interpreted to arise from the relative contribution of rainfall and runoff in causing erosion. Higher deposition rates of soil material occur when rainfall predominates over runoff, which result in finer and lighter sediment (Stoltenberg and White, 1953; Rose and Dalal, 1988).

Enrichment ratio of N, E_R , is the magnitude of N-concentration in the sediment compared to that of the uneroded soil. An $E_R > 1$ denotes enrichment of N compared to the uneroded soil, while $E_R < 1$ denotes impoverishment. If values of E_R are known, these can be used to estimate N concentration of sediments, from the N-concentration of the uneroded soil. Menzel (1980) developed a regression model to predict E_R of N, which can be further used to estimate N-loss. This method of estimating N loss has not been explored for forest soils, as information on E_R for forest soils or tree-farms is limited. This paper aims at (1) quantifying N-loss in forest soils due to erosion, and (2) to predict N-loss due to erosion.

MATERIALS AND METHODS

Erosion Experiments

We applied four erosion treatments to three forest soils and replicated each combination of soil and erosion treatments

three times. The erosion treatments were: treatment 1 with low rainfall kinetic energy (KE) and low slope (2°); treatment 2 with high rainfall KE and low slope; and treatment 3 with high rainfall KE and high slope (16°). Treatment 3 was sub-divided into treatments 3a and 3b, which were identical in all respects, except that 3b experienced a drying cycle of 14 days prior to erosion.

The soils used are referred to here by their locations, i.e. Dover (D), Ridgley (R), and Maydena (M). These soils are classified as Redoxic Hydrosol, Red Ferrosol and Grey Kurosol, respectively (Isbell, 1996). Soil D is a poorly aggregated loamy sand with 0.15 % of N and 3.63 % of organic carbon (OC); soil R is a strongly aggregated clay, with 0.41 % of N and 9.25 % OC; and soil M is a clay loam with low aggregate stability when wet, 0.16 % of N and 2.16 % of OC. Other properties of these soils, as well as a detailed account of the erosion experiments are reported in Teixeira and Misra (1997).

Air dry soil was packed in an erosion tray and was pre-wetted before being exposed to a simulated rainfall of intensity 116 ± 1.8 mm h⁻¹ for 40 minutes. Runoff and sediment were collected from an area of 0.8 m² at the lower end of the tray at various times for each erosion event. Sediments were sampled at 0-5 and 35-40 min after runoff started; these sediment samples, along with samples of uneroded soil, were analysed for total-N in this study.

Data Analysis

Nitrogen loss in an erosion event is the amount of N in sediment (N_{loss} , kg ha⁻¹), i.e.

$$N_{loss} = S_L \cdot N_S \quad (1)$$

where N_S is the concentration of N in sediment (kg kg⁻¹), and S_L is the total quantity of sediment produced (kg ha⁻¹) in a given event. N-loss can be predicted in two steps using Menzel's (1980) regression equation of E_R and S_L as follows:

$$\ln(E_R') = a - b \ln(S_L) \quad (2)$$

where E_R' is the predicted value of E_R , and a and b are regression parameters. Mean values

for a and b were 2 and 0.2, respectively, reported Menzel (1980) obtained from the analysis of data of 952 erosion events using 14 different soils, under natural as well as simulated rainfall. From the knowledge of E_R' and the concentration of N in the uneroded soil (N_U , kg kg⁻¹), the predicted value of N-loss is obtained from:

$$N_{loss} = E_R' \cdot N_U \cdot S_L \quad (3)$$

Without considering E_R' it is also possible to predict N-loss by direct regression of N-loss against sediment loss, S_L , i.e.

$$S_N = \alpha S_L \quad (4)$$

In this study, we used the data from experiments described here, as well as data published by DeBano and Conrad (1976), Catt *et al.* (1994), Hansen and Nielsen (1995), and Richardson and King (1995), which were not used by Menzel (1980). these data on N-loss and S_L were obtained for 78 measurements of erosion on 8 different soils under natural and simulated rainfall. Our value of α was 0.017 with a $r^2 = 0.92$ ($p < 0.001$).

In this study we compare values of N-loss predicted with either equations (2) and (3) or equation (4) with the measured values (i.e. equation 1).

RESULTS AND DISCUSSION

Measured E_R and N Loss

N-concentration in uneroded soil (N_U) was significantly higher ($p < 0.01$) for soil R (0.41%), when compared with soils D (0.15%) and M (0.16%). S_L was significantly influenced by soil type ($p \leq 0.001$), and erosion treatment ($p \leq 0.001$). There was also a significant interaction between soil type and erosion treatment ($p \leq 0.001$). Soil R had significantly less erosion than soils M and D. For all erosion treatments, sediment loss was in the order $M > D > R$, and increased generally with increasing slope and rainfall KE (Table 1).

The concentration of N in sediment (N_S) was generally greater than that in the uneroded soil, as indicated by values of $E_R > 1$ (Table 2). The highest magnitude of E_R was 4.3 for

soil D with erosion treatment 2, i.e., with a high rainfall KE but low slope. In most cases, E_R was in the order $D > R > M$. For all soil types, higher E_R values were observed for erosion treatments with low slope (treatments 1 and 2). At low slope, the runoff water had little erosive power to transport large and/or heavy soil material, hence sediment was composed mainly of small or light materials like clay and organic debris. The high specific surface area of clay minerals, and high nutrient concentration in organic debris presumably led to $E_R > 1$ in treatments 1 and 2.

Mean value of E_R reported to be 1.76 (s.e. = 0.101, for $n=43$) for a variety of agricultural soils under different crops, cultivation and weather conditions (Massey and Jackson, 1952; Sharpley, 1985; Rose and Dalal, 1988; Palis *et al.*, 1990; Catt *et al.*, 1994; and Hansen and Nielsen, 1995). Mean value of E_R obtained for the forest soils in our experiment was 1.70 (s.e. = 0.179, for

$n=24$), which was comparable with those previously reported.

N-loss was generally in the order $M = D > R$, despite N-concentration in sediment (N_s) being in the order $R > D > M$ (data not shown). N-loss followed closely the sediment loss (S_L) for all soils and treatments, and was independent of the values of N_s .

For the three soils used here, variation in N_s was much smaller than that in N-loss. For example, for soil D, N_s increased more than 90 times from treatment T1 to T3a, whereas corresponding values of N_s decreased less than 3 times. Thus differences in N-loss were principally due to the differences in S_L rather than that due to N_s . An example of sediment and N-loss due to erosion for soil M is presented in Fig. 1, where it can be seen that N-loss follows a trend similar to sediment loss.

Prediction of ER and N-loss

Prediction of N-loss using Menzel's method (Fig. 2) and the method proposed here

TABLE 1. Sediment loss per unit area (S_L , kg ha⁻¹) at 0-5 and 35-40 minutes of erosion for the soils and erosion treatments studied. Values of sediment followed by same letter(s) are not significantly different at $p \leq 0.05$.

Soil	Sediment loss (kg ha ⁻¹)							
	Treatment 1		Treatment 2		Treatment 3a		Treatment 3b	
	5 min	40 min	5 min	40 min	5 min	40 min	5 min	40 min
D	114 b	125 bc	508 cd	385 c	12126 f	3274 e	2360 e	3233 e
R	23 a	9 a	114 b	91 b	118 b	100 b	339 c	196 c
M	244 bc	98 b	1548 e	1246 d	15295 fg	5996 f	5350 f	3234 e

TABLE 2. Enrichment ratio of nitrogen (E_R) for various soils and erosion treatments, at 5 and 40 minutes of erosion.

Soil	Observed E_R							
	Treatment 1		Treatment 2		Treatment 3a		Treatment 3b	
	5 min	40 min	5 min	40 min	5 min	40 min	5 min	40 min
D	3.0	2.7	4.3	2.9	1.1	1.2	1.2	0.9
R	2.2	2.9	1.7	1.7	2.0	1.2	1.2	1.1
M	1.6	1.6	1.4	1.2	0.8	1.1	1.0	1.1

(Fig. 3) provided a good correspondence with the measured N-loss. The regression of predicted *versus* observed values of N-loss in Figs. 2 and 3 were good as $r^2 > 0.92$ ($p < 0.001$), when the lines cross the axes in the origin. The regression line in Fig. 2 is not significantly different from the 1:1 line, and it had no significant intercept. In Fig. 3 the regression line is significantly different from the 1:1 line and, when it is not forced through the origin, the intercept is also significantly different from zero, (at a 95% level).

The relationship between N-loss and S_e described in equation (4) was valid for a set of data obtained from our experiments as well as those from recently published literature. This suggests that this equation, presented here, may have a more general application. It should be noted that use of equation (4) greatly simplifies the calculations of N-loss by erosion, since it only requires the measurement of total sediment loss. Equations similar to that in (4) can be incorporated in models that predict erosion (sediment loss), and make allowance for N-loss. The procedure outlined here may enable simple assessment of N-loss via erosion from forest soils.

CONCLUSIONS

Our study shows that the concentration of N in sediment is generally richer than that of the uneroded soil. In erosion events, where rainfall dominated over runoff, values of E_s were higher than in events where both rainfall and runoff were equally important. These results are in agreement with current theory of erosion and deposition.

Two different ways to estimate N-loss due to erosion were tested in this study. Both methods were well suited to predict N-loss in sediments. Prediction of N-loss by erosion, using a simple linear equation relating N-loss with sediment loss provided a good approximation to the measured N-loss in a range of soils and erosion conditions, and it simplified data collection and measurements.

The method of estimating N-loss provided here, together with a predictive model of erosion may be useful in sustainable management of soil and nitrogen in forest plantations.

REFERENCES

- Catt, J.A., Quinton, J.N., Rickson, R.J., and Styles, P. 1994. Nutrient Losses and Crop yields in the Woburn Erosion reference experiment. pp. 94-104. *In* R.J. Rickson (ed.) *Conserving Soil Resources. European Perspectives*. Wallingford Publ., Oxon, UK.
- DeBano, L.F. and Conrad, C.E. 1976. Nutrients lost in debris and runoff water from a burned chaparral watershed. pp. 3/13-3/27. *In* Proceedings of the Third Federal Inter-agency Sedimentation Conference. Water Resources Council, Denver, USA.
- Hansen, A.C., and Nielsen, J.D. 1995. Runoff and loss of soil and nutrients. p.149-188. *In* Correl, A. (ed.) *Surface Runoff, Erosion and Loss of Phosphorus at Two Agricultural Soils in Denmark*. Danish Institute of Plant and Soil Science, Denmark.
- Isbell, R.F. 1996. *The Australian Soil Classification*. C.S.I.R.O. Publishing, Melbourne, Australia: 143 pp.
- Massey, H.F., and Jackson, M.L. 1952. Selective erosion of soil fertility constituents. *Soil Sci. Soc. Proceed.* 16:353-356.
- Menzel, R.G. 1980. Enrichment ratios for water quality modeling. p. 486-492. *In* W. G. Knisel (ed.) *CREAMS: A Field-scale Model for Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems*. USDA. Conservation Research Report no. 26, USA.
- Palis, R.G., Okwach, G., Rose, C.W., and Saffigna, P.G. 1990. Soil erosion processes and nutrient loss. I. The interpretation of enrichment ratio and nitrogen loss in runoff sediment. *Aust. J. Soil Res.* 28: 623-639.
- Richardson, C.W., and King, K.W. 1995. Erosion and nutrient losses from zero tillage on a clay soil. *J. Agric. Engn. Res.* 61: 81-86.

- Rose, C.W., and Dalal, R.C. 1988. Erosion and runoff of nitrogen. p. 212-235 *In* J.R. Wilson (ed.) *Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems*. CAB International, Wallingford, UK.
- Sharpley, A.N. 1985. The selective erosion of plant nutrients in runoff. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49: 1527-1534.
- Stoltenberg, N.L., and White, J.L. 1953. Selective loss of plant nutrients by erosion. *Soil Sci. Soc. Proceed.* 17: 406-410.
- Teixeira, P.C., and Misra, R.K. 1997. Erosion and sediment characteristics of cultivated forest soils as affected by the mechanical stability of aggregates. *Catena* (in press).
- White, P.J. 1986. A review of soil erosion and agricultural productivity with particular reference to grain crop production in Queensland. *J. Aust. Inst. Agric. Sc.* 52: 12-22.

**MEIO AMBIENTE E TRABALHO NO MUNDO DO EUCALIPTO:
UM ESTUDO DE CASO NA BACIA DO RIO PIRACICABA, EM MINAS GERAIS**
*ENVIRONMENT AND WORK IN THE EUCALYPT WORLD: A CASE STUDY
FROM THE PIRACICABA RIVER REGION, IN MINAS GERAIS, BRAZIL*

Guerra, C.B.

Consultor Ambiental e Pesquisador do Projeto PADCT/CIAMB - UFMG- Belo Horizonte-MG

ABSTRACT

The installation in the 20's of charcoal steel making plants in east of Minas Gerais State contributed for a massive and fast devastation of the native forests of Mata Atlântica complex since they provided the basic raw material for those plants. However, even with the abundance of the natural resources, the distance between forests and production units increased every year, with strong implications on production costs.

The expansion of the eucalyptus monoculture started in Brazil at the end of the 40's, firstly, in the Piracicaba river basin, east of Minas Gerais State. The main reason for such expansion was the necessity to guarantee the supply of wood as close as possible to the industrial plant, reducing, therefore, the production costs. Decades later, companies started arguing that the reason was to reduce pressure on native forests.

From 1966 onwards, Brazilian Federal Government implemented a remarkable policy of incentives and subsidies for reforestation programmes. Eucalyptus plantations areas expanded exponentially in the country, specially in Minas Gerais State where from 60.000 ha in 1967 they jumped to almost 2.000.000 ha, in 1982.

During 15 months a multidisciplinary team of Agência Terra NGO carried out a research in order to assess the environmental and social impacts caused by the occupation of large areas with the monoculture of eucalyptus in the Piracicaba river basin. To know better that reality and to achieve the proposed objectives this study utilized several tools such as bibliographic research, theoretical studies of ecological effects of eucalyptus plantations, secondary data survey in the countryside, formal interviews with workers and other "local actors".

Besides, several field works within eucalyptus plantations, during dry and rain periods, were done carrying on a qualitative assessment of practical problems such as use of fire and pesticides, reduction of biodiversity, erosion and silting of water courses, harvesting effects etc. Also a domiciliary survey interviewed 184 worker's families distributed along 9 municipalities of the region, inquiring about their quality of life.

Brazil has become one of the world leaders on renewable forestry base products, developed its own technology and has competitive prices in the international market of cellulose. In our study area companies really created jobs, pay taxes regularly, improved the conditions and opened new vicinal roads. This has been well shown to the great public via media by the very professional environmental marketing of the reforestation companies.

However, the very intensive silviculture with successive rotations (harvesting every 7 years), after 40 years of commercial exploitation in the Piracicaba river basin, has provoked numerous environmental and social impacts. What was found by this study in that region were significant changes in the regional landscape, occupation of agricultural lands, drastic reduction of the regional biodiversity, indiscriminated and abusive use of fire to clear enormous areas before planting or for replanting works, water erosion after the harvesting of large areas in a mountainous region, great consumption of fertilizers and pesticides etc.

Besides, from the economic and social point of view, there was a process of land, income and political power concentration in companies hands, a weakening of the social and cultural values of local communities and also an unacceptable level of labour force

exploitation. The conditions of work and the quality of life of workers and their families are pretty low. Families income is not enough to feed children in the rural areas, where education, health and public transport services simply don't exist.

The study concluded that within the principles of sustainable development only a responsible and consequent forestry management could guarantee the maintenance of biodiversity, sustainability and a reasonable quality of life for the workers and their families in that region.

1. INTRODUÇÃO

O Estado de Minas Gerais possui a maior área plantada com as florestas de eucaliptos do Brasil. (ABRACAVE1994; SALOMÃO 1993). O processo de ocupação de grandes áreas e de exploração comercial das "florestas plantadas" iniciou-se no nosso país no final da década de 40, na bacia do Rio Piracicaba, em Minas Gerais, onde já se instalara, desde a década de 20, o polo siderúrgico a carvão vegetal de maior porte do país. Ressalta-se que esta região, era totalmente ocupada pelas florestas nativas do Complexo da Mata Atlântica.

Este estudo é o produto de uma pesquisa realizada durante 15 meses por uma equipe multidisciplinar de uma ONG da área de meio ambiente, a Agência Terra. Ele é um inventário das questões decorrentes da implantação da monocultura do eucalipto na bacia do Rio Piracicaba. São analisados, a partir dos trabalhos de campo e de consulta à literatura pertinente, tanto as questões referentes aos impactos físico-químicos e bióticos da monocultura do eucalipto como a redução da biodiversidade, a toxicidade proveniente do uso de vasto arsenal químico, os impactos negativos sobre os solos, quanto os aspectos sócio-econômicos e culturais tais como a concentração fundiária e da renda, as condições de trabalho, a terceirização do trabalho etc resultantes da implantação e expansão da monocultura do eucalipto naquela região em Minas Gerais.

O estudo se inicia pela caracterização da área pesquisada do ponto de vista sócio-econômico e ambiental, faz uma análise crítica da evolução do setor florestal brasileiro e do

modelo de administração dos recursos florestais lá implantado. Ele busca assim entender a globalidade do processo e suas determinações históricas. A devastação da Mata Atlântica, antes dominante na região, não foi provocada somente pela implantação da monocultura de eucaliptos para a produção de carvão vegetal, mas ela foi fator de aceleração do processo.

Em seguida, é descrita a situação precária das condições de vida e trabalho de um contingente expressivo de trabalhadores do "mundo do eucalipto".

O estudo descreve também os impactos ambientais e sociais advindos da implantação de grandes áreas contínuas com a monocultura de eucaliptos na região. Finalmente, são apresentadas algumas recomendações para a solução desses problemas.

Este estudo de caso contribui para uma abertura do "Mundo do Eucalipto", cenário no qual a produtividade está entre as mais altas do planeta, mas a qualidade de vida dos trabalhadores e suas famílias é extremamente baixa. A floresta renovável de eucaliptos tem sido vista apenas como uma "unidade de produção de madeira", sendo ignorados o contexto ambiental, social e cultural da região onde se instalam. (KENGEM, 1985). O estudo constatou a inexistência de uma política de manejo florestal consequente, que signifique um mínimo de garantia da biodiversidade e sustentabilidade da região, embora seja este o discurso do marketing das empresas lá operando.(GUERRA, 1995)

2. A ÁREA DE ESTUDO E SEUS PROBLEMAS

Localizada na região leste de Minas Gerais, a bacia do Rio Piracicaba cobre uma área de 6.000 Km² e abrange 19 municípios entre os quais alguns de grande importância econômica e histórica como Ipatinga, João Monlevade, Itabira, Mariana, Santa Bárbara etc. Ela foi a "porta de entrada" da monocultura de eucaliptos em escala comercial naquele Estado, servindo assim como um bom exemplo para se fazer uma análise global dos impactos sócio-econômicos e ambientais desta atividade econômica.

Extremamente rica em recursos minerais(especialmente o minério de ferro) a

região foi palco do surgimento, em meados da década de 20, do primeiro polo siderúrgico a carvão vegetal de Minas Gerais. Outra amplamente coberta pelo Complexo da Mata Atlântica, a região tinha matéria prima farta e barata. Entretanto, o que ocorreu foi um avassalador processo de desmatamento seja para produzir carvão vegetal e lenha seja para a formação de pastagens. Como consequência, a madeira começou a ficar cada vez mais distante da usina siderúrgica, o que aumentava os custos de produção. No final da década de 40/início dos anos 50, são plantadas as primeiras florestas de eucaliptos, cujo objetivo principal era então reduzir os custos de produção pela obtenção da madeira (e do carvão) o mais próximo possível da unidade industrial. (OSSE, 1961) Décadas depois, as empresas reflorestadoras começaram a argumentar que os plantios de eucaliptos poderiam reduzir a pressão sobre as matas nativas ali existentes.

A partir de 1966, o Governo Federal implementou uma arrojada política de incentivos fiscais e subsídios a programas de reflorestamento, o que contribuiu para um crescimento exponencial das áreas de plantios com eucaliptos no nosso país, superando inclusive aquelas de culturas tradicionais como a do arroz, feijão e café. (BACHA, 1991). Segundo dados oficiais, em Minas Gerais, essas áreas passaram de 62.000 ha, em 1967, para quase 2.000.000 ha em 1982. (GONÇALVES, 1991). Assim, a estimativa é que hoje a bacia do Rio Piracicaba tem, aproximadamente, um terço de sua área ocupada pela monocultura de eucaliptos (em torno de 200.000 ha).

3. A METODOLOGIA DA PESQUISA

Entendendo bacia hidrográfica como um "sistema terrestre e aquático, geograficamente definido, composto por sistemas físico, biológico econômico e social" (BIODIVERSIDADE, POPULAÇÃO E ECONOMIA 1997), este nos pareceu o sistema natural mais indicado para um estudo abrangente das complexas interações dentro do ecossistema regional, provocadas pela presença da monocultura de eucaliptos em grandes áreas contínuas.

Objetivando entender a dinâmica sócio-

econômica e ambiental e avaliar os impactos causados pela presença da monocultura de eucaliptos naquela bacia hidrográfica a pesquisa lançou mão de um extenso levantamento bibliográfico, estudo teórico dos efeitos ambientais do eucalipto, levantamento de dados secundários nas empresas e órgãos públicos, entrevistas formais com os trabalhadores e outros "atores locais" envolvidos na questão como fazendeiros, comerciantes, professores do meio rural, lideranças comunitárias, engenheiros das empresas, etc. Além disso, foi realizada uma pesquisa domiciliar em 9 municípios da bacia, envolvendo 12 núcleos de trabalhadores. No total foram entrevistadas 184 famílias de trabalhadores envolvidos na produção de madeira e carvão vegetal, utilizando-se de um questionário de 40 perguntas sobre a qualidade de vida. (dados pessoais, escolaridade, renda, saneamento, habitação, saúde, atividades sociais, aspectos culturais, relacionamento familiar etc.) (AGÊNCIA TERRA, 1995)

No aprofundamento da problemática sócio-econômica procuramos responder a duas perguntas básicas:

1. Como vivem os trabalhadores e suas famílias no "mundo do eucalipto"?
2. Qual a perspectiva de futuro dessas pessoas?

No aprofundamento da problemática ambiental, fizemos vários levantamentos e verificações de questões práticas no campo, permanecendo por vários dias nas áreas das florestas tanto no período de seca como no de chuvas. Esta avaliação qualitativa englobou aspectos como erosão dos solos e assoreamentos dos cursos d'água, traçado das estradas dentro dos plantios; redução da biodiversidade; uso de fertilizantes; uso de agrotóxicos nos viveiros de mudas, na capina química e no combate a pragas; uso de formicidas no controle sistemático de formigas; uso rotineiro do fogo para a limpeza de enormes áreas antes do primeiro plantio, no replantio e na recuperação de plantios; ocupação de toda a área útil do terreno, incluindo aí fundo de vales, topo dos morros, nascentes etc

4. A SÍNTESE DOS RESULTADOS

A implantação da silvicultura intensiva

em enormes áreas contínuas na bacia do Rio Piracicaba(MG), com a espécie *Eucalyptus Grandis* e num regime de cortes sucessivos a cada 7 anos, provocou uma série de problemas interrelacionados, sendo os principais deles descritos, resumidamente, a seguir. (GUERRA,1995 ; LIMA,1993; DRIESSEN 1989)

Impactos ambientais :

- Drástica mudança na paisagem regional, com a predominância da homogeneidade e uniformidade (mesmo plantio e espécie). Isto leva a uma simplificação do ecossistema florestal da região e a um aumento da sua susceptibilidade à ocorrência de pragas.

- Grande consumo de fertilizantes(200Kg/ ha plantado, em média) e agrotóxicos(a maioria persistentes no meio ambiente), necessários à manutenção dos altos índices de produtividade dos plantios.

- Erosão provocada pela água das chuvas, especialmente após o plantio e o corte raso das árvores. Ressalta-se que a topografia da região é muito acidentada o que contribui para um aumento na velocidade e volume das enxurradas, as quais, correndo superficialmente, carregam uma grande quantidade de resíduos dos fertilizantes e agrotóxicos para os corpos d'água, que muitas vezes servem à população local. Assim, além da redução na recarga dos lençóis freáticos (menor infiltração) ocorre também uma queda na qualidade da água e o assoreamento dos córregos.

- Uso indiscriminado do fogo que continua provocando uma perda direta de nutrientes dos solos, além de contribuir para uma redução significativa de sua atividade microbiológica.

- Drástica redução da Biodiversidade regional, principalmente pela ocupação de enormes áreas contínuas com as florestas renováveis (pobres em biodiversidade), anteriormente ocupadas pelas florestas antigas (ricas em biodiversidade). Com isto, um grande número de plantas, pássaros e mamíferos simplesmente desapareceram desta região, conforme depoimento prestados a nós por fazendeiros que lá residem há mais de 40 anos.

- Desperdício de biomassa(energia) na conversão da madeira em carvão vegetal, que apresenta baixo rendimento térmico (em torno de 40% - CEMIG,1987). Isto significa que mais

da metade das florestas renováveis para fins siderúrgicos são cortadas para serem transformadas em fumaça.

Impactos sociais e econômicos :

- Houve uma mudança considerável no perfil da agropecuária local, composta por quase 10.000 propriedades rurais, das quais 78% têm áreas menores que 50 ha. (IBGE,1985). À "agricultura de milhares" se contrapôs a "silvicultura de poucos" : o sistema de produção e comercialização dos produtos locais enfraqueceu ainda mais e está em fase de colapso. A mão de obra local foi quase toda direcionada para as grandes empresas reflorestadoras e, mais recentemente, para suas empreiteiras.

- Houve uma mudança significativa na estrutura fundiária e na posse da terra na região, com um aumento acentuado do número de propriedades com áreas maiores que 1.000 ha devido à expansão dos plantios de eucaliptos. O município de Antônio Dias, por exemplo, tem 40% de seu território nas mãos das empresas reflorestadoras. Além disso, a monocultura de eucaliptos ocupou áreas perfeitamente agricultáveis e mecanizáveis como constatado por nós em municípios como Santa Bárbara, Antônio Dias e São Domingos do Prata. Na verdade muitas dessas áreas eram anteriormente ocupadas por plantios de culturas temporárias, no regime de agricultura de subsistência.(GUERRA, 1995)

- Houve uma grande desestabilização das comunidades locais que passaram a depender em quase tudo das empresas reflorestadoras. Com isso, ocorreu um enfraquecimento de seus valores sociais e culturais, uma vez que se mudou não só a paisagem mas o próprio contexto social e cultural local. Sendo uma das bases de sustentação da economia regional, essas empresas passaram também a exercer enorme influência nas administrações municipais e nos órgãos estaduais de fiscalização e fomento. O paternalismo passou a ser a tônica das relações entre empresas e as comunidades.

- As condições de trabalho da mão de obra são muito precárias e a qualidade de vida dos milhares de trabalhadores e suas famílias é muito baixa, especialmente dos carvoeiros.

A Pesquisa domiciliar mostrou que os serviços de transporte, educação, saúde, lazer

praticamente inexistem no meio rural. As condições ambientais no trabalho são muito difíceis e a alimentação é insuficiente para uma atividade onde o maior requisito é o esforço físico. A renda familiar de 82% das famílias entrevistadas chega a 1,0 salário mínimo. (AGÊNCIA TERRA, 1995)

Os trabalhadores que se encontram numa situação mais crítica são os "carvoeiros volantes" das empreiteiras, cujo contingente vem aumentando a cada dia com a crescente terceirização no setor de produção de carvão vegetal. Vivendo em condições de moradia, higiene, saúde, educação, transporte, alimentação absolutamente desumanas estes carvoeiros se submetem a condições de trabalho onde os riscos físicos, químicos, biológicos e ergonômicos são permanentes e contínuos. Como única forma de aumentar a renda familiar, estes trabalhadores, normalmente, requisitam a ajuda de suas mulheres e crianças. Com isto, toda a família trabalha em condições absurdas e totalmente em desacordo com as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho (NR's)

A expansão da monocultura de eucaliptos na bacia do Rio Piracicaba acompanhou o crescimento do setor florestal brasileiro, que hoje ocupa a liderança mundial na produção de madeira de bases renováveis. O setor desenvolveu tecnologias adaptadas à realidade brasileira (exceto na produção de carvão vegetal) e a produtividade dos plantios atingiu números admiráveis. A terceirização é um fenômeno crescente e contribui efetivamente para a redução dos custos de produção. Os balanços empresariais são altamente positivos: aumenta-se a produção e as exportações de celulose, aços e ferro gusa.

A chegada e a expansão das áreas de plantios com eucaliptos criaram empregos, aumentaram a arrecadação de impostos, melhoraram a infra-estrutura no meio rural especialmente pela construção e manutenção de estradas vicinais e contribuíram para o aumento de divisas para o país quando da exportação de produtos (celulose, ferro gusa, etc)

Por outro lado, as empresas reflorestadoras se tornaram as grandes proprietárias das terras da bacia do Rio Piracicaba

e também uma das mais importantes forças econômica, social e política ali presente. Em apenas 40 anos de exploração comercial, estas empresas, embora tenham fortalecido a economia da região, reordenaram espaços geográficos, mudaram o perfil da agricultura e da paisagem local, provocaram inúmeros problemas ambientais, contribuíram para uma alteração de hábitos e valores culturais, criaram dependências econômicas e sociais. O uso rotineiro do fogo, de agrotóxicos e o processo de erosão numa região montanhosa têm afetado negativamente seus solos e corpos d'água. (GUERRA, 1995; ZANÚNCIO, 1993)

Utilizando mecanismos muito particulares as empresas reflorestadoras, desenvolveram suas atividades ignorando o universo dos milhares de agricultores e trabalhadores rurais, bem como as necessidades e prioridades das comunidades locais. Elas não se integraram no contexto regional como "atores locais", mas sim como seus "diretores". Assim, preocupados exclusivamente em expandir suas áreas de plantios e ampliar sua margem de lucro estas empresas têm cumprido pouco sua função social se especializando, porém, em resolver seus problemas sociais e ambientais através de inteligentes mecanismos de "lobby". (CARVALHO, 1988; RUSCHELL, 1993)

Finalmente, vale ressaltar que, desde de 1985, a FAO vem expressando oficialmente que "o eucalipto não deve ser plantado em larga escala sem uma cuidadosa e inteligente avaliação de suas consequências econômicas e sociais, além de um balanço de suas vantagens e desvantagens. Isto poderia ser feito através de uma avaliação das condições ambientais da região, bem como das necessidades da população local".

As pesquisas da Agência Terra e do Programa BIODIVERSIDADE, POPULAÇÃO E ECONOMIA, da U.F.M.G, no período 1994-1995, na bacia do Rio Piracicaba mostram claramente que nenhuma das recomendações da FAO mencionadas acima foram seguidas e que ao crescimento das empresas não correspondeu o desenvolvimento social da região. Não houve distribuição da renda e melhoria na qualidade de vida da população, especialmente no meio rural, o que contradiz

os argumentos amplamente propagados pelo Governo Federal e empresas do setor florestal desde o final da década de 60.

Somente um modelo responsável e consequente de administração dos recursos florestais, dentro dos princípios do Desenvolvimento Sustentável, poderia trazer o progresso e a modernização tão prometidos para a região, além de garantir sua sustentabilidade e uma qualidade de vida razoável para os trabalhadores e suas famílias. Infelizmente, o que temos visto é um belo discurso de desenvolvimento sustentável das empresas mas com poucas ações práticas, exceção para seus trabalhos no campo do marketing ambiental.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACAVE -1994 - Anuário Estatístico - Edição ABRACAVE- Brasil - 12 pp
- AGÊNCIA TERRA - 1995- A qualidade de vida das famílias dos trabalhadores do mundo do eucalipto - mimeo - Brasil - 11pp
- BACHA, C.J.C -1991 - A expansão da Silvicultura no Brasil - Revista Brasileira de Economia Nº 45 - Brasil - pg 145 a 168
- BIODIVERSIDADE, POPULAÇÃO E ECONOMIA - 1997 - J.Antônio de Paula(Coord) - PROJETO PADCT/ CIAMB DA UFMG(CEDEPLAR/ ECMVS) (no prelo)
- CARVALHO, J.C - 1988 - Programa de florestas para fins energéticos no Estado de Minas Gerais -Edição do IEF/MG - Brasil - 36 pp
- CEMIG -1987 - Diagnóstico energético da biomassa florestal - Edição CEMIG - Brasil - 111 pp
- DRIESSEN, M.J - 1989 - The genus eucalyptus : its use in forestry - Agricultural University of Wageningen - Holanda - 51 pp
- FAO - 1985 -The ecological effects of eucalyptus - Edição FAO - Itália - 72 pp
- GONÇALVES, M.T- 1991- Política florestal e interesses agro-industriais em Minas Gerais - Tese de mestrado UFMG (DCP/ FAFICH)- Brasil - 267 pp
- GUERRA, C.B - 1995 -Meio Ambiente e Trabalho no Mundo do Eucalipto- Ed.Agência Terra/SEGRAC - Brasil - 143 pp
- IBGE, 1985 - Censo Agropecuário
- LIMA, W.P -1993 - O impacto ambiental do eucalipto - EDUSP - Brasil - 301 p
- KENGEN, S - 1985 - Industrial forestry and Brazilian development : A social, economic and political analysis with special emphasis on the fiscal incentives in the Jequitinhonha Valley - Tese de Mestrado Australian National University - Edição CEDEPLAR/ FACE/UFMG - Brasil - 321 pp
- OSSE, L - 1961 - As culturas de eucalipto da C.S.BELGO MINEIRA - Edição do Anuário Brasileiro de Economia Florestal - Brasil - pg 102 a 112
- RUSCHELL, R - 1993 - Mídia e Reflorestamento : Como administrá-los? - Revista Silvicultura Nº 50 - Brasil - pg 13 a 18
- SALOMÃO, C.C - 1993 - Eucalipto : Vilão ou Herói ?-Revista Silvicultura Nº 50 - Brasil -pg 22 a 23
- ZANÚNCIO, J.C - 1993 -Impacto ambiental e substituição do dodecacloro no controle de formigas cortadeira -Anais Seminário Meio Ambiente e Siderurgia a carvão vegetal-SCTMA- Brasil-12pp

MORPHOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL AND ANATOMICAL ADAPTATIONS TO WATERLOGGING BY SEEDLINGS OF *Eucalyptus victrix*

S. K. Florentine and J. E. D. Fox

School of Environmental Biology, Curtin University of Technology, GPO Box U 1987, Perth 6001,
Western Australia, Australia.

ABSTRACT

This study examines the influence of long-term waterlogging on seedlings of the flood plain tree *Eucalyptus victrix*. Flooding treatment significantly increases seedling stem diameter but curtails root development. Large numbers of adventitious roots are developed and lenticels proliferate on the submerged portion of the stem. Flooding significantly reduces photosynthesis, transpiration and stomatal conductance. Flooding does not increase shoot fresh or dry weight on 1-, 2- or 5- month old seedlings or root weights of 3- and 5- month old seedlings. Leaf emergence is stimulated on flooded seedlings in comparison with unflooded seedlings.

Keywords: adventitious roots, anoxia, coolibah, *Eucalyptus*, flooding, lenticels.

INTRODUCTION:

Tree species that occur in flood plain environments experience exposure to flooding that may be regular or irregular and of varied duration and frequency. Species of the large Australian genus *Eucalyptus* are adapted to, and have become acclimatised to, a wide range of climatic and edaphic conditions (Goor & Barney 1968). A few species vernacular names often indicate tolerance of environments subject to flooding: e. g. flooded gum- *E. grandis* Hill ex Maiden; *E. rudis* Endl.; swamp gum *E. camphora* R. T. Baker; *E. ovata* Labill.; swamp mahogany *E. robusta* Sm. These species can withstand some degree of inundation. The river red gum (*E. camaldulensis* Dehnh.), in south-eastern Australia, is dependant on periodic flooding. Seed germinates on flooded areas following flood recession (Parsons *et al* 1991). The coolibah species *E. microtheca* F. Muell. is an important plantation tree grown with flood irrigation in the Sudan (Ahmed 1977).

A few studies have examined flooding tolerance of *Eucalyptus* species e. g. *E. robusta* (Clemens & Pearson 1977); *E. robusta*, *E. grandis* and *E. saligna* Smith (Clemens *et al* 1978); *E. ovata* and *E. viminalis* Labill. (Ladiges & Kelso 1977); and *E. marginata* Sm. (Davison & Tay 1985).

When soil becomes waterlogged, the air within the soil is replaced by water. Since diffusion of oxygen in water is four orders of magnitude slower than in air, continued oxygen demand of soil organisms and plant roots rapidly depletes the oxygen content of waterlogged soil (Dionigi *et al* 1985). Several woody angiosperms develop hypertrophic stem growth and produce adventitious roots in the inundated part of the plant. This adaptation may contribute to survival in the waterlogged condition (Kozłowski 1984, Hook 1984, Kozłowski *et al* 1991). This change is attributed to endogenous hormones (Yamamoto *et al* 1995). Flooding is associated with ethylene production in both herbaceous and woody plants (Kawase 1972, Tang and Kozłowski 1982, Reid and Bradford 1984, Jackson and Drew 1984, Jackson 1985, Yamamoto and Kozłowski 1987a). It is also reported that ethylene has a major role in cambial growth (Yamamoto and Kozłowski 1987 e, 1987 f, Savidge 1988) and adventitious root formation (Rivo and Yang 1989, Bollmark and Eliasson 1990, Liu *et al* 1990).

Few studies on adventitious root suggesting that the large number of adventitious root produced through lenticels after plant exposed to flooding condition, and it is believed that there is an anatomical relationship between formation of lenticels and production of adventitious roots (Gomes & Kozłowski 1980, Newsome *et al* 1982) but Angeles *et al* (1986) reported that on *Ulmus americana* seedlings only few adventitious root emerging through

lenticels. It has also been reported that remarkable anatomical difference between adventitious root and lateral root system. The adventitious root has relatively large cells and extensive intercellular spaces, apart from this vascular cylinder and endodermis are similar in both roots. Hypertrophic stem is another morphological change take place when the plant exposed to flooding condition. Several species has shown this adaptation species like *Alnus japonica*, *Fraxinus mandshurica* have shown hypertrophic stem growth when they introduced to flooding condition. This stem enlargement has been attributed to the regulatory effects of endogenous hormones (Yamamoto *et al* 1995,) substantial amount of cambial activity or production of wood (Yamamoto *et al* 1987), some occasions due to the increase thickness of the bark was reported in the conifers seedlings (Yamamoto & Kozlowski, 1987a 1987b) however in species *Fraxinus mandshurica* the hypertrophy growth of stem was mainly due to number and size wood fibres, but not bark thickness.

In the Pilbara district of Western Australia the smooth barked coolibah, *Eucalyptus victrix* L. Johnson & K. Hill (= *Eucalyptus coolibah* Blakely & Jacobs var *rhodoclada* Blakely) (Brooker & Kleinig, 1994) forms open grassy woodlands in the flood plain of the Fortescue River (Xin, Jeanes & Fox 1996). The area usually floods during summer thunder storm rain between February and March. Depending on the topography of the woodland, flood water some times remains for about a month. The present study was undertaken to examine the flood tolerance of different aged *Eucalyptus victrix* seedlings.

METHODS

Seed collection and storage

Capsule of *Eucalyptus victrix* were collected in of April 1994 from the coolibah woodland in Pillar districts WA (23° 21' 37" S, 119° 43' 30"E). Collected seeds were then stored in a sealed jar (approximately 21°C).

Seed Germination

Eucalyptus victrix seeds were taken from the stored seed lot and separated from frass. Black plastic 13 cm diameter pots were chosen and bottom openings were tightly

sealed with plastic draining tapes. Pots were filled with coolibah woodland soil. Seed lots were set out at each of August 14, November 15, December 27, 1995 and February 1996 respectively to give 1, 2, 3 and 5 month old seedlings at the imposition of waterlogging. Three seeds were buried in each pots at below 0.5 cm depth, and light moisture was given (rain water) three times a week. These pots were placed on a heat bed (approximately 25°C) for germination occur, and then the seedlings thinned to one.

EXPERIMENT I.

There were two experiments which were undertaken with the species. First experiment was mainly delt with three and five month old seedlings and second one was delt with one and two month old seedlings. In each experiment seedlings were acclimatised for 5 days before treatment were imposed, and side branches removed to allow height comparable measurements. Water logged treatment were in fibreglass tanks filled with rainwater and water levels maintained at 1 cm above soil level. Control seedlings placed adjacent to the tanks and these seedlings were maintained in a freely drained condition and pots were watered to saturation three times a week.

EXPERIMENT I

On the 7th of March 1996, 16 pots were selected from one and two month old seedlings were selected for flooding experiment. As mentioned in experiment I, similar treatment was given to one and two month old seedlings. The main aim of this experiment was to understand the anatomical changes in the stem.

Measurements

For both experiments seedlings height, number of leaves, length and width of six leaves from each seedling were measure. New leaf emergence and leaf death were also recorded on a weekly basis commencing from one week after the start of the experiment. Changes in seedling morphology, particularly stem swelling, leaf colour changes and development of adventitious roots were noted.

Gas Exchange Measurements

For three and five month old seedlings net

photosynthetic rate (P_n), transpiration rate (E), stomatal conductance (g_s) and internal CO_2 concentration (ci) of one leave from each of seedlings were measured every week at 1200 to 1300 hours using an portable gas exchange system (LCA-3, Analytical Development Co., Hoddesdon, England) attached to a Parkinson leaf chamber (PLC-031 (3B), Analytical Development co., Hoddesdon, England).

Harvesting

Seedlings were harvested after 32 weeks of experiment of flooding and carefully removed from pots. Fresh weights of root and shoot were obtained. Plants were then put in separately labelled paper bags and dry weights obtained after for 24 hours in $105^\circ C$.

Anatomy

Inundated part of one and two month old seedlings stem (1 cm from the lignotuber) and roots (2 cm from the soil surface) were preserved in AA solution (formaldehyde/acetic acid/ethyl alcohol 5/5/90 ml) immediately after removal from the water-logged condition preserved Before sectioning, specimens were

rinsed in 50 % alcohol. Samples were sectioned transversely using a double edged blade. Sectioned were mounted in glycerol on a clear glass slide and observed under light microscope. Permanent sections were made after staining with safranine-fast green solution and mounted in Diatex.

Statistical analysis

Statistical analysis of the treatment effect were undertaken using ANOVA by MINITAB Version 8.1.

RESULTS

Survival and growth of seedlings

Two seedlings from one month old seedlings set died after 5 months of flooding, one month old seedlings rest of the seedlings survived during the experiment period of 32 weeks of flooding whereas unflooded seedlings of all age survived throughout the experiment.

P_n (net photosynthetic rate) rate of control plants decreased slightly during course of study period. Plants subjects to flooding

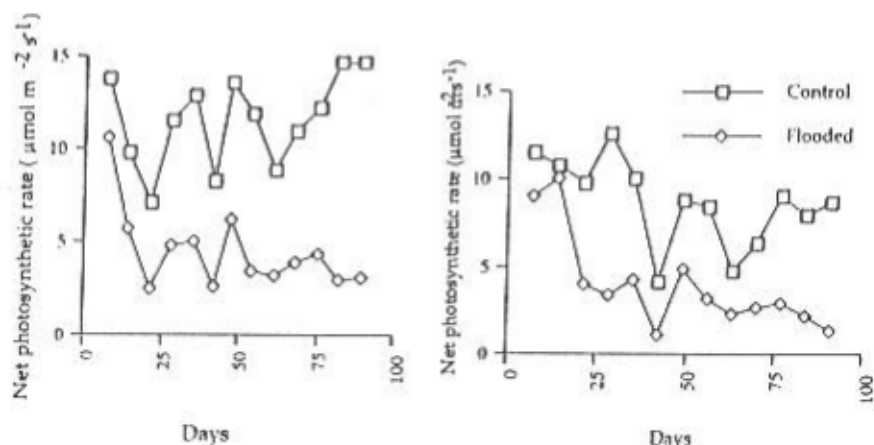


FIG 1A & 1B Net photosynthetic rate of three (1a) and five (1b) month old seedlings measured during the study period.

resulted in a gradual decrease in P_n rate of waterlogged plants (Fig 1a & 1b). However, after waterlogging was imposed the flooded plants showed an increased in P_n first 2 weeks of waterlogging. In the following period flooded plants had a significantly lower P_n rate.

The trend in g_s (stomatal conductance) was similar to that of P_n (Fig 2a & b) For control plants, (g_s) gradually decreased during the study period. As with P_n rate of waterlogged plants, stomatal conductance initially increased immediately after exposure to waterlogging but the trends was in reducing subsequent period.

Transpiration rate of three and five month old flood and control seedlings shown in the above (Fig 3a & 3b). In both age flooded seedlings has reduced during the period of flooding. However towards the they seems to be increasing.

In all four different age seedlings the shoot

height was not significantly different compared with the unflooded seedlings. There is no significance different in the fresh and dry weight of the shoot except three month old seedlings had shown remarkable different in fresh weight of the shoot.

Experiment I:

The root and shoot data of treated and control seedling of three and five month old were analysed (Table 1) there were significantly difference ($P < 0.05$) in root length, stem diameter and number of adventitious root. There was a significant interaction between flooding and age of the seedlings was also observed in shoot height and length of root.

Experiment II:

In the one and two month seedlings (Table 2) analysis also shows a similarity to the experiment I. There were significantly

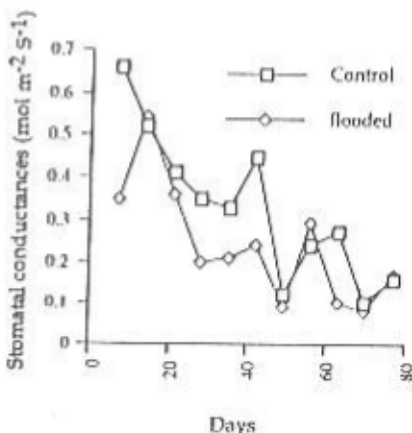
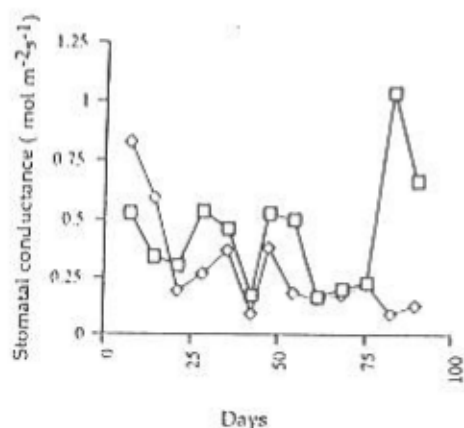


FIG 2A & 2B. Stomatal conductance of three (2a) and five (2b) month old seedlings.

difference ($P < 0.05$) in root length and dry mass and stem diameter and number of adventitious root. The analysis between treatment and age between one and two month old seedlings shows that there were no significant difference in shoot height, shoot and root dry mass, stem diameter and production of adventitious root. Treatment has a great impact on the root length of seedlings. In both the treatment flooded seedlings root were blacken in colour and decaying. Just above the dead root, white colour adventitious roots were also clearly observed.

Further it was also observed lenticels (Fig 4) on the stem base hypertrophied developed in the inundated portion of the stem. In contrast no morphological changes like adventitious root or lenticels formed in unflooded seedlings.

DISCUSSION

Transpiration rate of three and five month

old flooded seedlings increasing towards the end, the same trend was also observed in the four month old *Fraxinus pennsylvanica* flooded seedlings. This was correlated with the well developed adventitious root (Gomes and Kozłowski, 1980), on our study also suggest that three month old seedlings had produced higher number of adventitious five month old seedlings.

Plant reaction to waterlogging vary with the duration, season, and tolerance to the stress (Ranney & Bir, 1994). Growth of *Eucalyptus victrix* seedlings was well adapted when they were exposed to flooding for eight months. This indicates that this species have a high possibility for wide distribution. The high percentage survival was mainly due to all seedlings exhibit morphological and physiological adaptation to the long term flooding by producing lenticels, adventitious root and reducing photosynthesis, transpiration, CO_2 concentration during

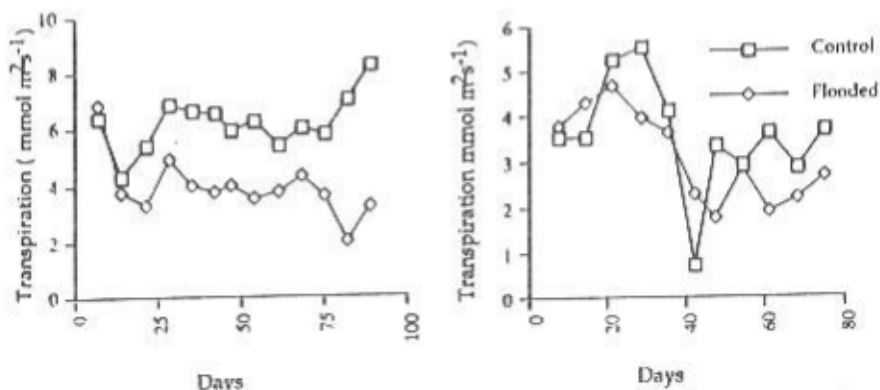


FIG 3A & 3B. Transpiration of three (3a) and five (3b) month old seedlings.

flooding.

Production of adventitious root and formation of lenticels cells were the main adaptation. In other eucalyptus species also have produced substantial amount of adventitious root during the waterlogged period. This root will compensate for the loss of root function (Gill 1970, Gomes & Kozłowski 1980). It was clearly observed in the *E. camaladulensis* has produced large number of adventitious root than *E. globulus* seedlings (Gomes & Kozłowski 1980). Further production of adventitious root was correlated with reopening of stomata which had closed shortly after seedlings were exposed to flooding condition.

The production of adventitious root mainly due to flooding injury and may also have been associated with production of ethylene. Firstly, some times production of ethylene in unflooded plants is associated with symptoms like leaf epinasty (Denny & Miller 1935), hypertrophy of lenticels and cortex (Abeles 1973), formation of adventitious root (Abeles 1973), stem thickening (Zimmermann & Hitchcock 1933); Secondly evidence ethylene production is agitated in poorly aerated soils or possibly in waterlogged plants (Smith & Russell 1969, Smith & Restall 1971, Kawase 1972, 1974); and finally artificial application to the ethylene releasing chemicals produce symptoms similar to those of flooding (Abeles 1973, Kawase 1974).

Producing of lenticels help seedlings to survive in the long term by helping to get aeration to stem and root and it may also serve as openings for toxic compounds to be released. (Kozłowski, 1984).

It was clearly observed that the production of the root length of all the four different age *E. viciatrix* seedlings was drastically reduced. In the flooded conditions the underground growth of plants becomes oxygen limited (Glinski & Stepniewski 1985), which limit physiological activity, further water and nutrient supply through root reduced and normal hormonal balance governing root shoot developed can be disturbed (Kozłowski 1982). This adaptation may suggest that by reducing amount of respiratory root tissue and facilitate

oxygen diffusion to roots (Naidoo & Naidoo 1992; Voesenek & Blom 1989). The fresh weight and dry weight of root mass clearly shows that nevertheless the root elongation was reduced by the flooding but the seedlings has produced large number of adventitious root as the result booth fresh and dry biomass of root has increased.

The stem diameter increment possibly due to the absorption of water by the bark. In *E. globulus* 10 days after flooding, submerge portion of the stem was swollen, (Gomes & Kozłowski, 1980). Similar type of observations were also made in *E. viminalis*, *E. ovata* and *E. robusta*. (Ladiges & Kelso 1977; Clemens & Pearson 1977).

We also observed difference in the leaf dynamics of the flooded seedlings. Although the flooding has minor impact on stem elongation, it did not affect the new leaves formation, the new leaves was remarkably and significantly increased.

REFERENCE

- Abeles, F. B. (1973). Ethylene in Plant Biology. Academic Press, New York.
- Ahmed, A. El H. (1977). The silviculture and management of *Eucalyptus microtheca* irrigated plantations in the Gezira of the Sudan. *Forest Research Institute (Soba) Bulletin No. 1* pp. 64.
- Angeles, G., Evert, R. F. & Kozłowski, T. T. (1986). Development of lenticels and adventitious root in flooded *Ulmus americana* seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* **16**: 585 - 590.
- Bollmark, M. & Eliasson, L. (1990). Ethylene accelerates the breakdown of cytokinins and thereby stimulates rootings in Norway spruce hypocotyl cuttings. *Physiologia plantarum* **80**: 534 - 540.
- Brooker, M. I. H. & Kleinig, D. A. (1994). Field Guide to *Eucalyptus*: South and Western Australia. Inkata Press, Sydney. Vol: 3 p 1- 383.

- Clemens, J. & Pearson, C. J. (1977). The effect of water-logging on the growth and ethylene content of *Eucalyptus robusta* Sm. (swamp mahogany) *Oecologia* **29**: 249 - 255.
- Clemens, J., Kirk, A. M. & Mills, P. D. (1978). The resistance to waterlogging of three *Eucalyptus* species- the effect of waterlogging and an ethylene-releasing substance on *E. robusta*, *E. grandis* and *E. saligna*. *Oecologia* **34**:125-131.
- Davison, E. M. & Tay, F. C. S. (1985). Effect of waterlogging on seedlings of *Eucalyptus marginata*. *New Phytologist* **101**: 743 - 753.
- Denny, F. E. & Miller, L. P. (1935). Production of ethylene by plant tissue as indicated by the epinasty response of leaves. Contribution of Boyce Thompson Institute **7**: 97 - 102.
- Dionigi, C. P., Mendelssohn, I. A. & Sullivan, V. I. (1985). Effects of soil waterlogging on the energy status and distribution of *Salix nigra* and *S. exigua* (Salicaceae) in the Atchafalaya River basin of Louisiana. *American Journal of Botany*. **75**: 109 - 119.
- Gill, C. J. (1970). The flooding tolerance of woody species-a review, *Forestry Abstracts* **31**: 671 - 688.
- Glinski, J. & Stepniewski, W. (1985). Soil aeration and its role for plants. pp 161 - 163. CRC Press, Boca Raton, F. L.
- Gomes, A. R. S. & Kozłowski, T. T. (1980). Response of *Melaleuca uinquenervia* seedlings to flooding. *Physiologia Plantarum* **49**: 373-377.
- Gomes, A. R. S. & Kozłowski, T. T. (1980). Growth response and adaptations of *Fraxinus pennsylvanica* seedlings to flooding. *Plant physiology* **66**: 267-271.
- Goor, A. Y. & Barney, C. W. (1968). Forest tree planting in arid zones. New York. Ronald Press.
- Hook, D. D. (1984). Adaptation to flooding with fresh water pp 265- 294. In T.T. Kozłowski, (ed). Flooding and Plant Growth Academic Press, New York
- Jackson, M. B. & Drew, M. C. (1984). Effects of flooding some hormone relations pp 47 - 128. In T. T. Kozłowski, (ed). Flooding and Plant Growth. Academic Press, New York.
- Jackson, M. B. (1985). Ethylene responses of plants to soil waterlogging and submergence. *Annual Review of Plant Physiology*. **36**: 145 - 174.
- Kawase, M. (1972). Effect of flooding on ethylene concentration in horticultural plants. *Journal of American Horticultural Science* **97**: 584 - 588.
- Kawase, M. (1974). Role of ethylene in induction of flooding damage in sunflower. *Physiology of Plants* **31**: 29-38.
- Kozłowski, T. T. (1982). Water supply and tree growth Part II . *Flooding Forestry abstract* **43**: 145 - 161.
- Kozłowski, T. T. (1984). Responses of woody plants to flooding pp 129 - 164. In T.T. Kozłowski, (ed). Flooding and Plant Growth Academic Press, New York.
- Kozłowski, T. T., Kramer, P. J. & Pallaardy, S. G. (1991) pp 303 - 337. The physiological ecology of woody plants . Academic Press, San Diego.
- Ladiges, P. Y. & Kelso, A. (1977). The comparative effects of waterlogging on two populations of *Eucalyptus viminalis* Labill. and one population of *E. ovata* Labill. *Australian Journal of Botany* **25**: 159 - 169.
- Liu, J., Mukherjee, I. & Reid, D. M. (1990). Adventitious rooting in hypocotyls of sunflower (*Helianthus annuus*) seedlings. III. The role of ethylene. *Physiologia Plantarum* **78**: 268 - 276.

- Naidoo, G. & Naidoo, S. (1992). Waterlogging responses of *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth. *Oecologia* 88: 153 - 156.
- Newsome, R. E., Kozłowski, T. T. & Tang, Z. C. (1982). Responses of *Ulmus americana* seedlings to flooding of soil. *Canadian Journal of Botany* 60: 668 - 1685.
- Parsons, M., Bren, L. J. & Dexter, B. D. (1991). Riverine forests of the central Murray valley. pp. 271- 283. In McKinnell, F. H., Hopkins, E. R. & Fox, J. E. D. (eds). *Forest Management in Australia*. Surrey Beatty & Sons Pty Ltd, Chipping Norton, NSW, Australia. pp. 380.
- Ranney, T. G. & Bir, R. E. (1994). Comparative flood tolerance of birch root stocks. *Journal of American Society of Horticultural Science* 119: 43 - 48
- Reid, D. M. & Bradford, K. J. (1984) pp 195 - 219. Effects of flooding some hormone relations. In T. T. Kozłowski, (ed) *Flooding and Plant Growth* Academic Press, New York.
- Rioy, J. & Yang, S. F. (1989). Ethylene and auxin-ethylene interactions in adventitious root formation in mung bean (*Vigna radiata*) cuttings. *Journal of Plant Growth Regulation* 8: 131 - 141.
- Savidge, R. A. (1988). Auxin and ethylene regulation on diameter growth in trees. *Tree Physiology* 4: 401 - 414.
- Smith, K. A. & Restall, S. W. F. (1971). The occurrences of ethylene in anaerobic soil. *Journal of soil science* 22: 430 - 443.
- Smith, K. A. & Russell, R. S. (1969). Occurrence of ethylene and its significance in anaerobic soil. *Nature* 222: 769 - 771.
- Tang, Z. C. & Kozłowski, T. T. (1982). Physiological, morphological and growth responses of *Platanus occidentalis* seedlings to flooding. *Plant and Soil* 6: 243 - 255
- Voesenek, K. A. C. J. & Blom, C. W. P. M. (1989). Growth responses of *Rumex* species in relation to submergence and ethylene. *Plant Cell and Environment* 12 : 433 - 439.
- Xin, H. Z., Jeanes, B. H. & Fox, J. E. D. (1996). Assessing status and trends in tropical arid grassy pastures. pp. 157-158. In Hunt, L. P. & Sinclair, R. (eds). *Conference Papers. 9th Biennial Australian Rangeland Conference. September 24-27th, Port Augusta, South Australia. Australian Rangeland Society. pp. 278.*
- Yamamoto, F. & Kozłowski, T. T. (1987a). Effect of flooding, tilting of stems and ethrel applications on growth, stem anatomy and ethylene production in *Pinus densiflora* seedlings. *Journal of Experimental Botany*. 38: 293 - 310.
- Yamamoto, F. & Kozłowski, T. T. (1987b). Effect of flooding of soil on growth, stem anatomy and ethylene production of *Cryptomeria japonica* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2: 45 - 58.
- Yamamoto, F. & Kozłowski, T. T. (1987e). Effect of ethrel on growth and stem anatomy of *Pinus halepensis* seedlings. *IAWA Bulletin* 8: 11 - 19.
- Yamamoto, F. & Kozłowski, T. T. (1987f). Effects of floodings, tilting of stems and ethrel application on growth, stem anatomy and ethylene production of *Acer platanoides* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2: 141 - 156.
- Yamamoto, F., Kozłowski, T. T. & Wolter, K. E. (1987). Effect of flooding on growth, stem and ethylene production of *Pinus halepensis* seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 69 - 79.
- Yamamoto, F., Sakata, T. & Terazawa, K.

(1995). Growth, morphology, stem anatomy and ethylene production in flooded *Alnus japonica* seedlings. *IAWA Journal* **16**: 47 - 59.

Zimmermann, P. W. & Hitchcock, A. E.
(1933). Initiation and stimulation of adventitious roots caused by unsaturated hydrocarbon gases- Contribution Boyce Thompson Institute **5**: 351 - 369.

**NUTRITIONAL MONITORING AS A STRATEGY FOR RECOMMENDING
FERTILIZATION FOR YIELD MAINTENANCE IN *Eucalyptus* STANDS AT
VOTORANTIM CELULOSE E PAPEL S.A.**

**MONITORAMENTO NUTRICIONAL COMO ESTRATÉGIA PARA
RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO PARA MANUTENÇÃO DA
PRODUTIVIDADE EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO DA VOTORANTIM
CELULOSE E PAPEL S.A.**

Scatolini, F.M.¹, Corradini, L.², Barros, N.F. de³ and Valle, C.F. do⁴

¹T&M Consultoria Agro-Florestal Ltda., Rua José Borges da Costa, 377, 14025-660, Ribeirão Preto, SP;

²L. Corradini Consultoria Florestal Ltda., Av. Costábile Romano, 220/1202, 14096-030, Ribeirão Preto, SP;

³Departamento de Solos, UFV, 36571-000, Viçosa, MG; nfbarrros@mail.ufv.br

⁴VCP Florestal-Luiz Antônio, Rod. SP 255, Km 41, 14210-000, Luiz Antônio, SP.

SUMMARY

The object of this paper was to develop a methodology to assess the nutritional status of eucalyptus stands at different ages and situations (species planted, type of soil, etc.), in order to define, both quantitatively and qualitatively, the need for maintenance fertilization at 24 and 36 months of age. The methodology developed, which is still at an adjustment stage, is based on the definition of an ideal nutritional condition for a certain genetic material, with a specific age and edapho-climatic condition, curves for growth and nutrient absorption as a function of the age generated by a given yield expectation at the end of the rotation.

Index terms: *Eucalyptus*-Fertilization, *Eucalyptus*-Nutrient absorption

Procurou-se desenvolver uma metodologia que permitisse avaliar o estado nutricional de povoamentos de eucalipto em diferentes idades e situações (espécie plantada, tipo de solo, etc.), de modo a definir, de forma quantitativa e qualitativa, a necessidade de adubações de manutenção aos 24 e 36 meses de idade. A metodologia desenvolvida, que encontra-se em fase de ajustes, tem como base para definição da condição nutricional ideal para um determinado material genético, com uma idade e situação edafo-climática específicas, curvas de crescimento e de absorção de nutrientes como função da idade geradas para uma dada expectativa de produtividade no final da rotação.

Palavras chave: Eucalypto-fertilização,

eucalipto-absorção de nutrientes.

INTRODUCTION

Eucalyptus fertilization at a first rotation is characterized by fertilization at the time of planting of the forest (Barros & Novaes, 1990), and one or more coverage or maintenance fertilizations, normally carried out in a systematic manner based on experimentation data. As of 1993, the fertilization strategy at VCP Florestal - Luiz Antônio Unit began to include a nutritional monitoring when stands reached 18 and 30 months of age, respectively, after planting. The other coverage fertilizations carried out at 3, 6 and 12 months would be done in a systematic manner with variations as a function of the type of soil. With the introduction of this new criterion, we tried to develop a methodology that would enable us to assess the nutritional status of the forest at different ages and situations (species planted, type of soil, etc.) so as to compare it to a nutritional condition considered as ideal for a given yield expectation at the end of rotation.

METHODS

The methodology utilized, which is still at an adjustment stage, is based on growth and nutrient absorption curves as a function of age for the definition of the ideal nutritional condition, jointly determined with the Cooperation Program for Soils and *Eucalyptus* Nutrition, SIF/UFV/DPS agreement, from analytical, dendrometric and shoot biomass data of stands of different

eucalyptus species, at different ages and under distinct edapho-climatic conditions in areas of VCP Florestal - Luiz Antônio and Jacarei units. The method consists of the previous stratification of the clusters that reach a preset age (18 and 30 months), according to the genetic material planted and the edapho-climatic conditions where it is located, for further definition of sampling points. In the selected blocks, three plots of 10x10 plants are located, and the green weight of leaves, branches, bark and wood of the average tree in each portion is assessed (COOPSNEUC,

1991). A sample of each of these components is collected to determine the amount of dry matter and N, P, K, Ca and Mg, in Kg/ha, present in the shoot biomass. The results obtained are compared with the standards considered as the ideal nutritional state for the respective age and for a given yield expectation at the end of the rotation (Tables 1 and 2). The deficiency observed is then supplemented through maintenance fertilizations at 24 and 30 months, respectively.

RESULTS

TABLE 1. Expected amount of N, P, K, Ca and Mg in the shoot biomass of *E. grandis* and *E. urophylla* at 18 and 30 months of age, in Kg/ha, in a Dark-Red Latosol, for an expected yield of 330 m³/ha at 7 years of age.

Age	N	P	K	Ca	Mg
18 months	133	11	114	89	19
30 months	144	12	127	98	22

TABLE 2. Expected amount of N, P, K, Ca and Mg in the shoot biomass of *E. grandis* and *E. urophylla* at 18 and 30 months of age, in Kg/ha, in a Quartzzy-Sand-type of soil, for an expected yield of 220 m³/ha at 7 years of age.

Age	N	P	K	Ca	Mg
18 months	101	4	114	59	19
30 months	125	5	127	104	22

The variations in the amounts of nutrients present in the shoot biomass presented in Table 3 demonstrate that the application of a potassium amount indicated as insufficient by the monitoring carried out at 18 months resulted in a significant decrease in the potassium deficit as compared with the standard defined for 30 months of age.

Aiming to assess and improve this methodology, new curves for growth and nutrients absorption obtained at high-yield sites are being determined, with greater specificity for each potential material and with greater detailing of the edapho-climatic conditions present.

REFERENCES

- BARROS, N.F. & NOVAES, R.F. *Relação Solo-Eucalipto*. Viçosa, Editora Folha de Viçosa, 1990. p.170.
- COOPSNEUC - Programa Cooperativo em Solos e Nutrição de Eucalipto. Metodologia para Coleta de Biomassa. Viçosa, Anexo circular número 6, Convênio SIF/UFV/DPS, 1991.

TABLE 3. Amounts of nutrients present in the shoot biomass at 18 and 30 months of age, actual and foreseen interventions, and respective variations vis-à-vis the standards utilized.

Project	Situation	Nutrient (Kg/ha)				
		N	P	K	Ca	Mg
Guataparã B	18 months standard	102	5	51	53	14
		101	4	114	59	19
	variation	+1	+1	-63	-6	-5
Actual intervention		+15	+3	+25		
Foreseen intervention				+50		
	30 months standard	138	12	97	82	19
		125	5	127	104	22
	variation	+13	+7	-30	-22	-3
Guataparã E	18 months standard	115	7	76	60	20
		101	4	114	59	19
	variation	+14	+3	-38	+1	+1
Actual intervention				+38		
	30 months standard	130	11	119	97	23
		125	5	127	104	22
	variation	+5	+6	-8	-7	+1

OTIMIZAÇÃO DO ESTOQUE DE MADEIRA NO CAMPO EM FUNÇÃO DO CUSTO DE TRANSPORTE FLORESTAL

OPTIMIZATION OF WOOD STOCK AS A FUNCTION OF THE COST OF FORESTRY TRANSPORTATION

Santos, S.L.M.dos e Monteiro, H.M.
Bacell S.A.

1. INTRODUÇÃO

A madeira das árvores vivas ou recém-derrubadas apresentam alto teor de umidade, devido à absorção e circulação de água e sais minerais advindos do solo. Este teor de umidade tende a reduzir de modo espontâneo e lento, à medida em que as toras aguardam o processamento. Cabe lembrar, que o custo de transporte diminui com a perda de umidade de madeira (Gialvão e Jankowsk, 1985).

Por outro lado a medida que se aumenta o tempo de permanência da madeira no campo cresce o custo do estoque devido ao capital investido na preparação das toras.

2. OBJETIVOS

- 2.1. Otimizar o custo de estoque de madeira no campo com o custo de transporte florestal em duas diferentes regiões do estado da Bahia.
- 2.2. Fornecer subsídios à tomada de decisões no macroplanejamento das áreas industrial e florestal.

3. METODOLOGIA

Visando atingir os objetivos propostos determinam-se o custo de estocagem de madeira processada no campo, o custo de transporte de madeira úmida e absolutamente seca, o teor de umidade da madeira em duas regiões diferentes e os custos totais. O período de análise foi de 15 a 135 dias com intervalos de 15 dias.

3.1. Custo de estocagem de madeira

Para a determinação do custo de estocagem de madeira foram feitas as seguintes considerações

- 3.1.1. Espécie de Eucalipto - *Urophylla x Grandis* (Híbrido)
- 3.1.2. Comprimento da Tora - 5,50m

3.1.3. Produção Mensal de Madeira - 23.530 toneladas absolutamente seca (tas)

3.1.4. Custo Total de Produção da Colheita Florestal US\$ 20,90/tas

3.1.5. Taxa de Juros - 15% ao ano.

3.2. Determinação do Teor de Umidade

Usou-se para o cálculo de teor de umidade da madeira duas equações conforme descrito por Gomes et al. (S/D) durante pesquisa realizada na Copencr Florestal. A primeira equação foi desenvolvida para região de Inhambuçu BA:

$$\text{Umidade} = 47,6618 - 0,400676 * T + 0,00171680 * T^2$$

A outra para região de Entre Rios (BA):

$$\text{Umidade} = 46,3305 - 0,146888 * T + 0,000508817 * T^2$$

T - Número de dias da madeira em estoque no campo.

3.3. Custo de Transporte (Transporte mais Carga) de Madeira Úmida Absolutamente Seca

3.3.1. Consideram-se o custo de transporte de madeira úmida em US\$ 8,15/ton para uma distância média de 120km.

3.3.2. O custo de transporte de madeira absolutamente seca foi calculado pelo produto do custo de transporte de madeira úmida (US\$ 8,15/ton) pelo teor de umidade nos diferentes períodos.

3.4. Custos Totais

Os custos totais foram obtidos pela soma dos custos de estocagem (US\$/tas) com os custos de transporte de madeira absolutamente seca (US\$/tas) nos diferentes períodos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se o Quadro I, observa-se que

na região de Inhambupe - BA a madeira perde 41,85% de umidade entre o 15º e 135º dia, o que acarreta uma redução de custo de transporte de 12,35% durante o mesmo período. Por outro lado o custo de estocagem passa de US\$ 0,122/tas no 15º dia para US\$ 1,127/tas no 135º dia. O período que apresenta os menores custos totais está situado entre o 75º e 90º dia.

A Figura 1 mostra o comportamento do custo de estocagem e transporte florestal em função do tempo de permanência da madeira no campo na região de Inhambupe-BA.

A Figura 2 apresenta os custos totais (estocagem e transporte) em função do tempo de permanência da madeira no campo na região de Inhambupe BA.

QUADRO 1. Custo de estocagem e transporte de madeira em função do teor de umidade, na região de Inhambupe - BA.

Estoque no Campo (Dias)	Custo de Estocagem (US\$/Tas)	Transporte (US\$/Ton)	Teor de Umidade (%)	Transporte (US\$/Tas)	Custos Totais (US\$/Tas)
15	0,122	8,15	42,04	11,57	11,69
30	0,244	8,15	37,20	11,18	11,42
45	0,369	8,15	33,13	10,85	11,21
60	0,492	8,15	29,84	10,58	11,07
75	0,617	8,15	27,32	10,37	10,98
90	0,745	8,15	25,59	10,23	10,97
105	0,871	8,15	24,63	10,15	11,02
120	0,999	8,15	24,45	10,14	11,13
135	1,127	8,15	24,45	10,14	11,26

FIGURA 1. Custo de Estocagem e Transporte Florestal em Função do Tempo de permanência da Madeira no Campo - Inhambupe BA.

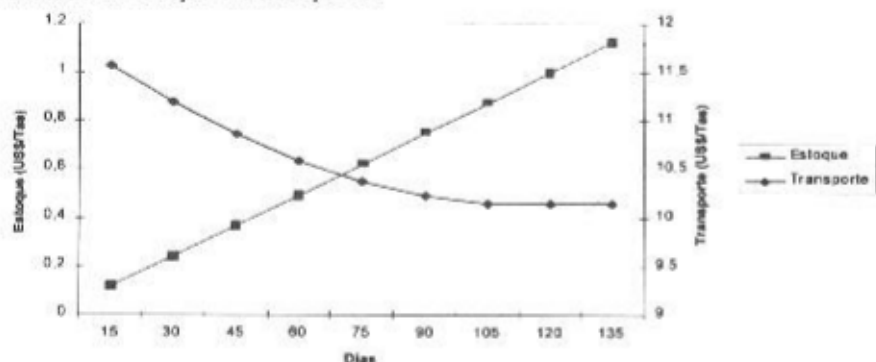
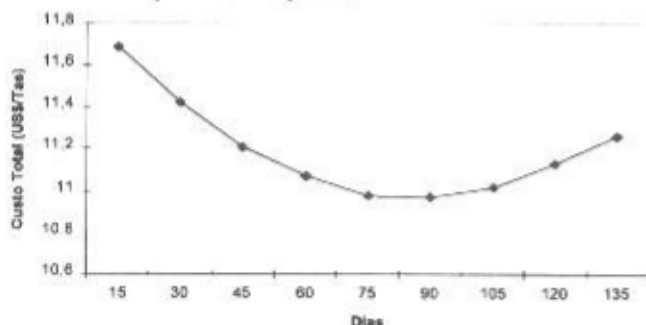


FIGURA 2. Custos Totais (estocagem e transporte) em Função do Tempo de permanência da Madeira no Campo - Inhambupe BA.



De acordo com o Quadro 2, nota-se que na região de Entre Rios - BA, a madeira perde 19,14% de umidade entre 15° e 135° dia ocasionando uma redução no custo de transporte de 8,5%. O período que apresenta o menor custo total é do 30° ao 60° dia.

A Figura 3 mostra o comportamento do

custo de estocagem e transporte florestal em função do tempo de permanência da madeira no campo na região de Entre Rios - BA.

A figura 4 apresenta os custos totais (estocagem e transporte) em função do tempo de permanência da madeira no campo na região de Entre Rios - BA.

QUADRO 2. Custo de Estocagem e Transporte de Madeira em função do teor de umidade, na região de Entre Rios (BA).

Estoque no Campo (Dias)	Custo de Estocagem (US\$/Tas)	Transporte (US\$/Ton)	Teor de Umidade (%)	Transporte (US\$/Tas)	Custos Totais (US\$/Tas)
15	0,122	8,15	44,24	11,76	11,88
30	0,244	8,15	42,38	11,60	11,84
45	0,369	8,15	40,75	11,47	11,83
60	0,492	8,15	39,35	11,36	11,85
75	0,617	8,15	38,18	11,26	11,87
90	0,745	8,15	37,23	11,18	11,92
105	0,871	8,15	36,52	11,13	12,00
120	0,999	8,15	36,03	11,09	12,08
135	1,127	8,15	35,77	11,07	12,19

FIGURA 3. Custo de Estocagem e Transporte Florestal em Função do Tempo de Permanência da Madeira no Campo - Entre Rios - BA.

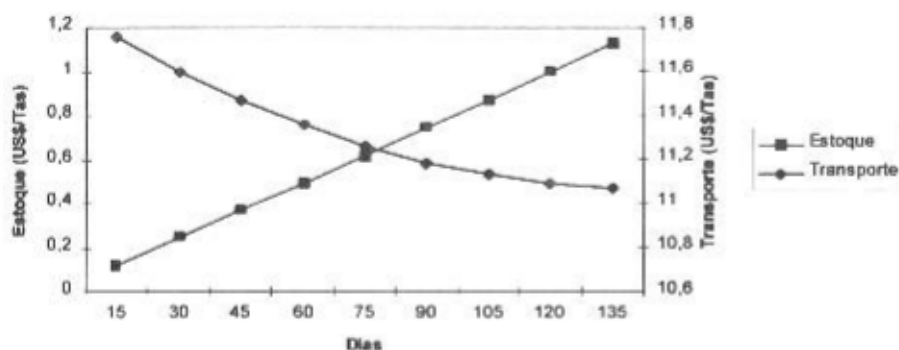
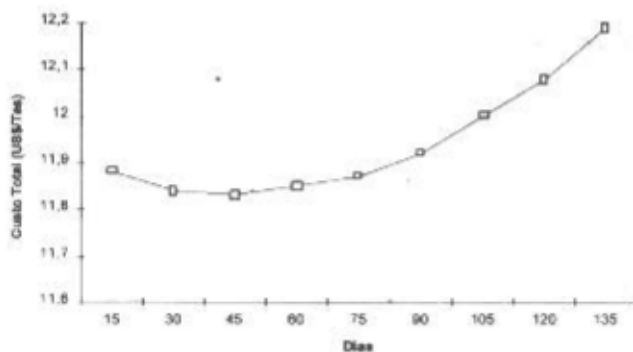


FIGURA 4. Custos Totais em Função do Tempo de Permanência da Madeira no Campo - Entre Rios BA.



5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados conclui-se que:

Na região de Inhambupe o período ideal de permanência da madeira no campo, nas condições apresentadas é de 75 a 90 dias com um custo total médio de US\$10,97/Tas.

Na região de Entre Rios-BA, o período ideal de permanência da madeira no campo, nas condições apresentadas, é de 30 a 60 dias com um custo total médio de US\$11,83/Tas.

Há uma tendência de menores custos totais da madeira na região de Inhambupe, em um mesmo mês e a uma mesma distância média de transporte comparado à região de Entre Rios.

6. LITERATURA CONSULTADA

Gomes, A.N; Alves, J.C.Z.O e Leite, H.G.

Teor de umidade da Madeira em função do tempo de secagem. Alagoinhas: COPENER FLORESTAL, S/D.

Galvão, A.P.M. e Jankowsk, I.P. Secagem Racional de Madeira Livraria Nobel S.A., 1985, 110.

PATTERN OF WATER EXTRACTION, WATER AVAILABILITY AND GROWTH IN YOUNG *E.globulus* PLANTED WITH DIFFERENT SPACING

Pacheco, C.A.¹; Tomé, M.²; Delgado, J.³; Silva, P.O.⁴ e Tomé, J.⁵

¹ Assistant Professor at Instituto Superior de Agronomia, Lisboa

² Associated Professor at Instituto Superior de Agronomia, Lisboa

³ Graduated in Forest Engineer at Instituto Superior de Agronomia, Lisboa

⁴ Assistant at Escola Superior Agrária de Beja

⁵ Assistant at Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

INTRODUCTION

In mediterranean climates - as in the south of Portugal - water is assumed to be the most important factor controlling productivity in eucalypt (*Pereira et al.* 1989, 1990), although eucalypt plants are usually assumed to be very efficient in what concerns water use (*Pereira et al.* 1990; *Tomé et al.* 1991, 1992) and present root systems characterised by high plasticity (*Fabião et al.* 1987/1991). On the other hand the amount of water available per plant depends on the spacing (which in turn influences also the pattern of the root systems to explore the deep geological layers of the soil), on the genetic characteristics of the plant as well as on the physical properties these layers. The sandstone sedimentary rock presents litological discontinuities and sometimes a macroporosity favourable to the development of the roots (*Pacheco* 1989). What is the specific contribution of these layers to the total amount of water used by the eucalypt is not well known. There are obvious difficulties related to the study of this problem, as there are no methodologies that are simultaneously precise and easy to handle. The use of complementary methods as the predawn leaf water potential, tree growth and root mapping, can offer good hints to the global understanding of this problem.

The objective of this work is to analyse the relationship between the pattern of water extraction, the water availability and the growth in young eucalyptus plantations, using data from a spacing trial established in November 1994 that was intensively monitored during the second growing season (March through October 1996). This study was restricted to one of the three clones used in the trial, the one that had exhibited higher growth rates

during the previous year and, from the seven spacing tested, to the 2x1, 3x3 and 4x4 m spacings.

The soil water profile was monitored up to 2,7 m and 3,8m deep using the neutronic method and the pre-dawn water potential was used as the physiological indicator. Individual plant growth as a function of water availability was analysed through the respective height and diameter at the breast height (dbh).

MATERIAL AND METHODS

The experimental field, with 2 ha, is located at the Agolada farm, Coruche, with geographic coordinates of lat. 38°57'N and long. 8°32'W and climate Csa (Köppen). The mean annual precipitation is 737 mm, concentrated in the autumn-winter months, with a dry season from May to October. The mean annual temperature is equal to 21,5°C, with mean maximum and minimum of 28,7°C (in the July and August) and 5°C in (December and January), respectively. The soils are Luvic Arenosols (FAO/UNESCO, 1994), with several layers of sandy texture intermixed with layers with higher content of lime and clay and showing a high proportion of coarse material of quartz nature (A15-25%). The sandstone layers, below 1,8 - 2,0 m, are sometimes strongly cemented by ferric oxides and present about 30% of coarse material ($\phi > 2\text{mm}$), 65% of sand and no more than 3% of clay.

From the hydrologic standpoint the soils show an infiltration rate that may range from 15 to 25 mm/h (method of the double ring) and a saturated hydraulic conductivity (Ghelf's method) from 15 mm/h at surface to 30 - 100 mm/h in the intermediate layers and 1 mm/h in the sandstone layer. The available soil water estimated in the field up to 2 m of depth ranges

from 160 to 250 mm.

The experimental field was established as a split-plot with two blocks. Several aluminium tubes were installed up to the depth of 2,7 m and, in some cases, up to the depth of 3,8 m to monitor the soil water profile. In the 2x1 spacing there are tubes at 0,5 m and 1,0 m from the plant with two replicates per block. In the 3x3 spacing there are two additional tubes at 1,5 m from the plant as well as in the 4x4 spacing in which there are also two additional tubes at 2,0 m from the stem of the plant. To summarise there is a total of 36 tubes, 18 in each block, from which 24 were installed up to 2,7 m of depth. Most of the tubes were installed during the period from January to March with the exception of three tubes among the 3,8 m of depth (those from block II), which were reinstalled later, in order to get the pretended depth. The results of these three tubes were therefore not used in this work.

Each plot, included in the study, has 10 plants (2 rows of 5 plants) surrounded at least by 1 row of border plants and the tubes were randomly distributed around these 10 plants. The soil water profile was monitored every two weeks with neutron probes (Troxler 4300 and Solo40) although the data used here had been aggregated by monthly periods. The dates selected are May 24 (D1), June 21 (D2), July 16 (D3), August 16 (D4) and October 10 (D5). Last significant rainfalls occurred some days before the date D1 and no efficient rainfalls occurred during the study period except occasional rainfalls in September that slightly watered the first 0,2 m of the soil. The water kinetic up to 2,7 m deep was studied in bare soil protected against evaporation. The infiltration rate was measured using the double ring method associated to neutron probe. The saturated hydraulic conductivity for different layers was evaluated with Ghelph's method. Pre-dawn water potential was measured in 3 plants per spacing (2 leaves per plant) with a Scholander pressure chamber. Individual tree height and diameter measurement took place every month. The blocks were established along the contour with the objective of minimising the heterogeneity inside the blocks. After the trial was established, however, it was still found a considerable variability inside each block. A preliminary analysis of the data on

soil water profile at different distances from the plant showed that, with the exception of the tree tubes installed at 2,0 m of the plant (4x4 m spacing), no significant differences between the tubes related with plant position were found. Therefore the analysis of the pattern of water extraction, the amount of water used per plant, the pre-dawn leaf water potential and the tree dimension presented on this work is based on the respective mean value per plot. The total amount of water used per plant was computed according to the difference between the dates D1 (close to the field capacity) and D5 (maximum dissection, close to the beginning of the next rainy period).

RESULTS AND DISCUSSION

Results from the studies about drainage in sandstone layers, on bare soil protected against evaporation conditions, showed that there is no changes in water content along the five months after the rainy period.

Figures 1 shows the pattern of the water extraction along the study period (May 24 through October 10) for all block I tubes installed at 0,5 m from the plant. It can be seen that in this block the eucalyptus explores water in all the depth studied, using during August and September almost only the water available below 1,5 m of depth. The contribution of the deeper layers begins to be important from July.

Figure 2 presents the mean soil water profiles for the different blocks and spacings up to 2,7 m deep. It can be seen that in some cases there is extraction of water (block I) below the 2,7 m while in others cases there is no significant extraction of water from the sandstone layer (block II). The analysis of topography factors show that the plots from block I are at a slightly higher elevation (200,5 - 202,5m) than the plots from block II (196 - 198m). The slope between extreme plots ranges from 4 to 8 %.

The analysis of the mean soil water profiles per block and for the different distances to plant (graphics not presented) showed that for block I the use of water from the deeper layer decreases gradually from the 0,5 m to the 2,0 m position. It can also be observed that the use of water from this later position is smaller than from the others positions. In contrast it can be seen that in block II the eucalyptus is

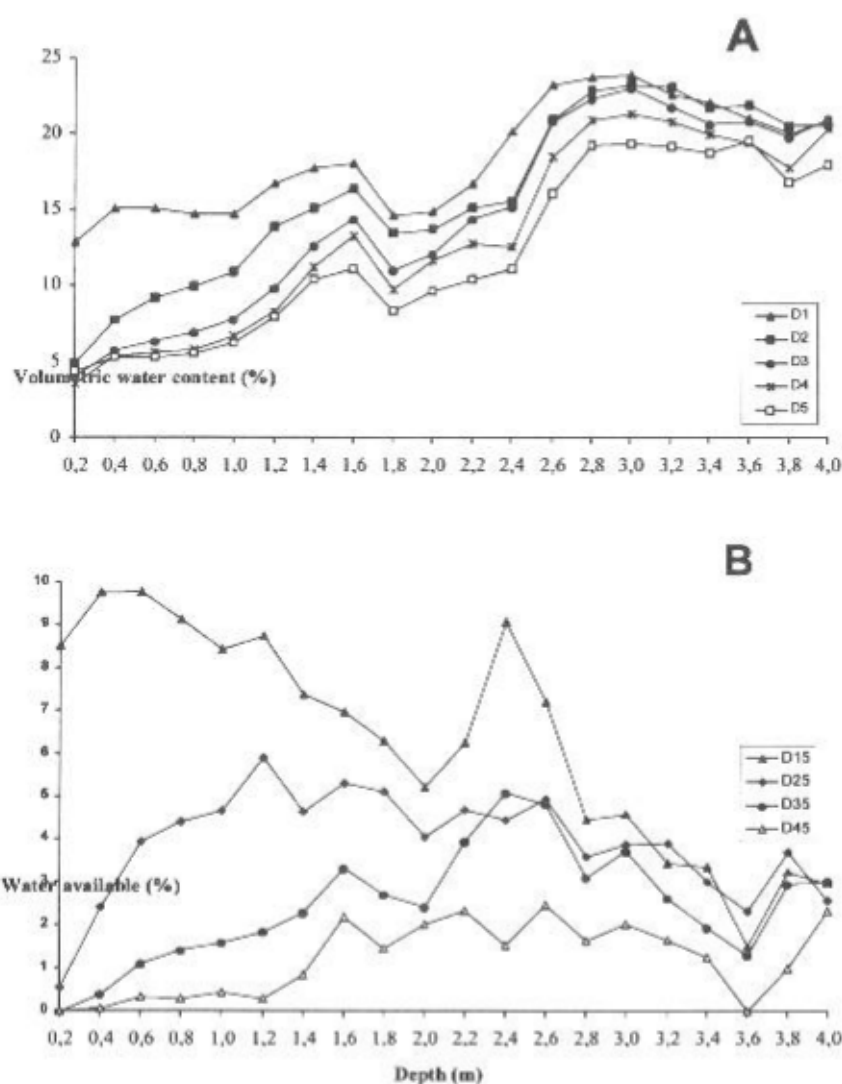


FIGURE 1. Variation in the soil water profile over time (A) and percentage of water available (B), mean for block 1 till 4.0 m deep. D₁ to D₅ are the dates described in the text and D_j is the period between dates D_i and D_j.

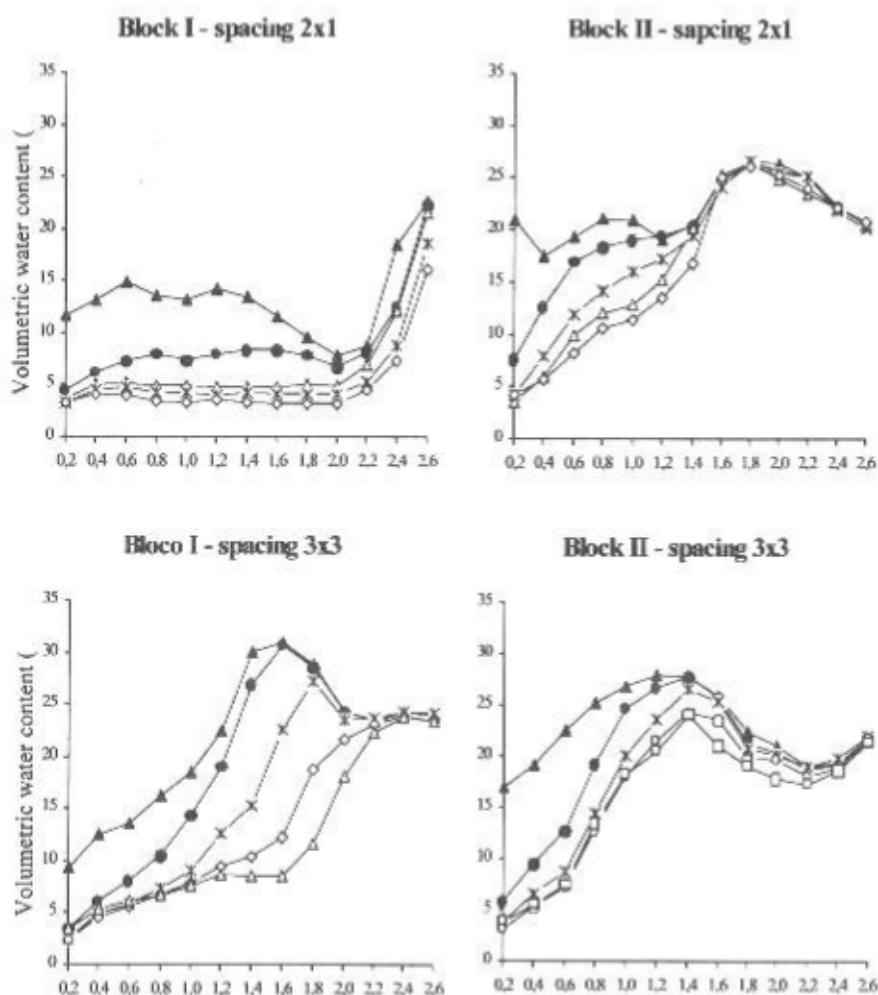


FIGURE 2. Pattern of water extraction by spacing during the growing season, up to 2.7 m deep.

not able to extract any water below the depth of 2,2 m, with a subsequent smaller amount of total water available, for equal soil depth, than in the block I (with an exception for the 1.0 m position). It is also apparent the fact that the more intense use of the soil water is mainly, at least in same cases, between the dates D1 and D2 (May 24 and June 21, respectively).

The relationship between the predawn water potential and the amount of available water, expressed in dm^3 per plant, is shown in figure 3. It can be seen that the minimum potentials vary between 0,6 and 0,8 MPa for the wider spacing and can be as low as 2,8 MPa for the closer spacing. A comparison of plots in figures 3 and figure 2 suggest that the evolution of pre-dawn leaf water potential is more related with the pattern of soil water extraction than to the total amount of water available. From the plant growth standpoint, the more favourable water profile is the one observed in block II, 3x3 spacing with a high leaf water potential until August (D4), decreasing abruptly from then. In fact, figure 2 shows that the volume of water extracted from the soil layer between 1,2 and 2,0 m is very high in comparison with the other situations observed. Taking into account that it has a sandy texture, the soil energy for water retention is very low, justifying the high leaf water potential. Most probably this layer is located above a sandstone layer with very low permeability, possibly with a physical obstacle hindering the lateral movement of water giving origin to a zone of water accumulation highly favourable to plant growth. A different situation, still for block II, is shown in figure 3 for 4x4 spacing in which there is a drastic decrease of potential between the dates D1 and D2 from 0,07 to 0,5 MPa, in approximately 1 month. This fact is also explained with the evaluation of the soil water profile. As can be seen, almost all the water available is used between the two referred dates. From then the leaf water potential does not decrease as much because the roots can explore the deeper soil layers. Another extreme situation is shown for block I, 2x1 spacing: The leaf water potential is very high until the date D2 and from then decreases abruptly to the potential of 2,8 MPa, value which is much lower than the observed for others plots. The analysis of the

respective soil water profile in figure 2 shows that between the dates D1 and D2 the plant could use a great amount of water extracted from the soil was still high with no significant contribution from the deeper soil layers. From D3 (July 16) the plant began the exploration of these layers and the leaf potential decreased accordingly first from 1.2 to 2.2 MPa (July - August) and later from 2.2 to 2.8 MPa (August - October). The plant, being able to use water from the deeper layers, does not use a strategy of stomata control.

Mean individual three height and dbh growth are plotted against the total amount of water available used during the same period in Figure 4. With the exception of one of the plots from block II, 4x4 spacing, there is a clear relationship between water used and height (Figure 4A); there is also a correspondence between water use and dbh growth, although it is not as clear as with height growth (Figure 4B).

Figure 5 shows individual tree height growth as a function of water consumption per plant relative to the periods June - July and August - September. During the first period, with higher water availability, the relationship between tree growth and water use is not clear, although two levels of tree growth are visible separating the closer (2x1) from the wider spacing (3x3 and 4x4). The plot with 4x4 m spacing in block II is again an exception. In the second period this relationship is much more evident with a clear higher growth rate in the two plots with higher amount of water available, irrespective of the spacing.

CONCLUSIONS

The present study shows that the variability present in sandstone sedimentary rock layers makes the traditional statistical analysis not applicable to this study case. The graphical analysis of the results for each one of the 6 observed plots, however, jointly with the study of the particularities that characterise soil in each plot, allowed the establishment of some important relationships.

In the sets of the experimental design the blocks were installed along the contours as it is usual to minimise internal variability. The analysis of the soil water profiles at field capacity measured in several tubes show,

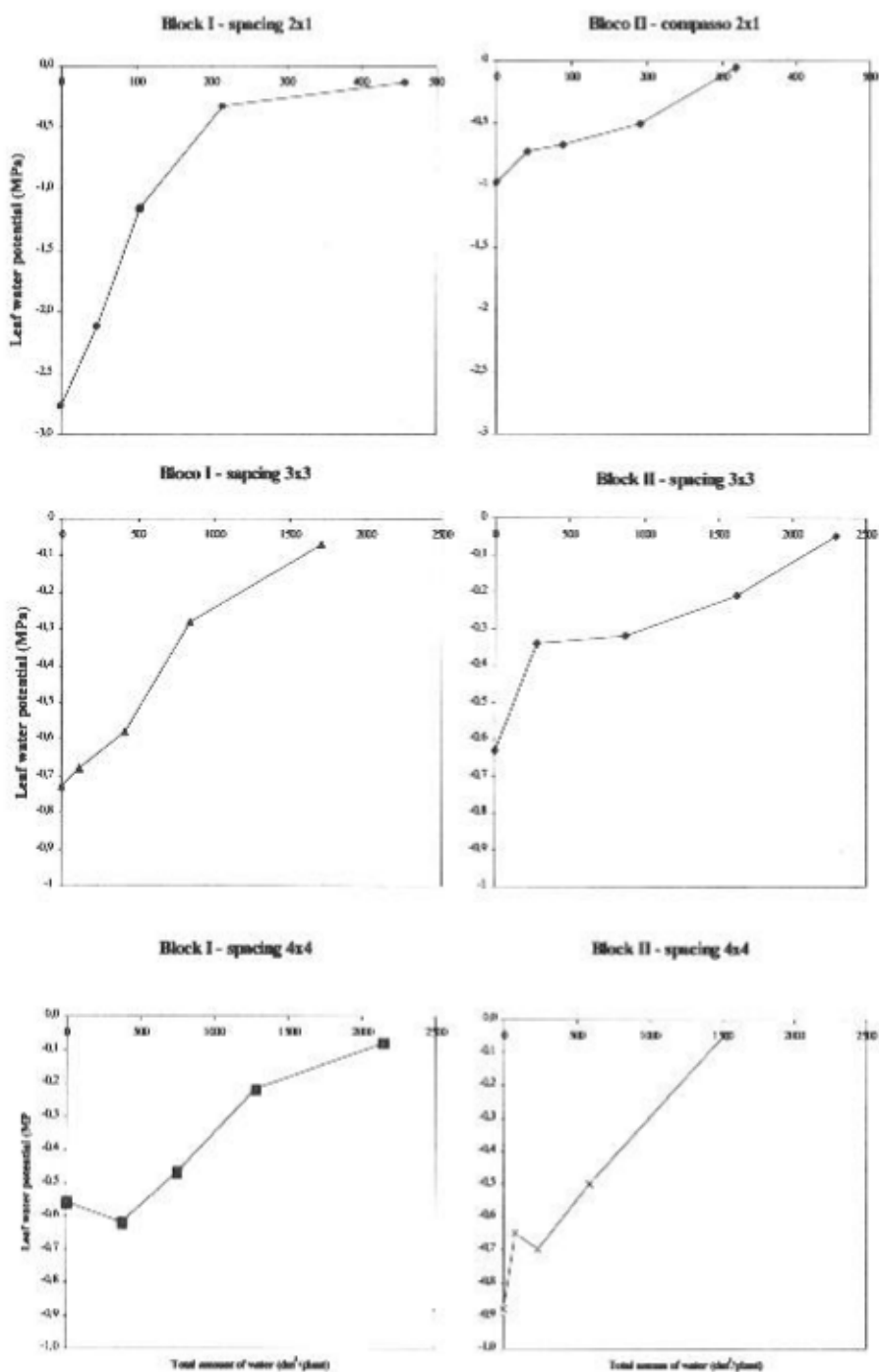


FIGURE 3. Relationship between predawn leaf water potential and available soil water per plant up to 2,7 m deep

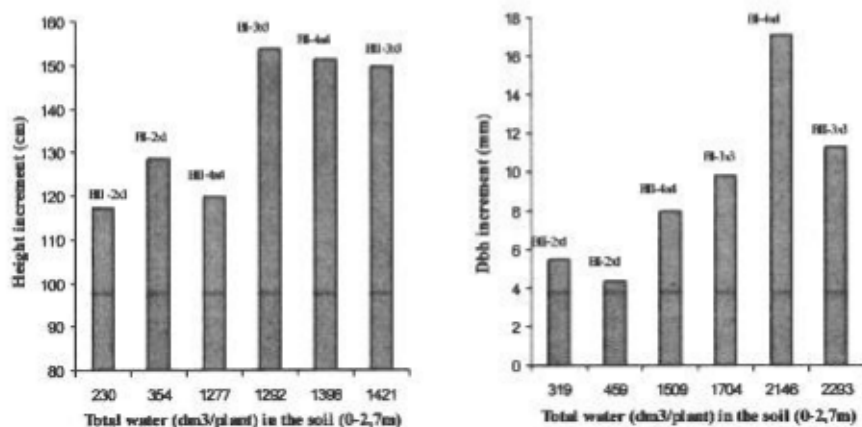


FIGURE 4. Relationship between water available per plant and individual tree growth during the growing season

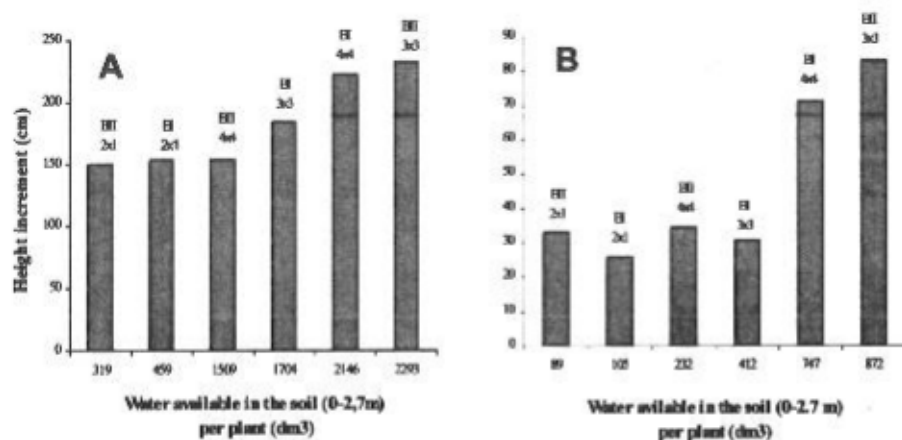


FIGURE 5. Relationship between water available per plant and individual tree height growth for two periods: June-July (A) and August-October (B)

however, that the geological layers are more homogeneous along the slope. The data show that in spite of the fact that most of the roots can be found in the superficial layer of the soil (Fabião *et al* 1991, Pereira *et al* 1991), the eucalyptus do also explore the deeper layers (up to 1.5 m) immediately after the humid period. This fact justifies the high predawn leaf water potential directly related to the humid soil volume (higher energy) that is explored by the roots, related more to the pattern of water extraction than to the total amount of water available per plant, which depends on spacing and controls individual tree height and dbh growth, although the relationship is not linear. The correlation is more evident for height than for the dbh growth. Height increments observed in the period in which the more easy water is used (June, July) shows a greater water use efficiency by spacing 2x1 in comparison to the other spacings tested. This fact is emphasised by the analysis of height growth during the period with less water available in which larger growth is clearly related to larger amounts of available water although at lower water use efficiency.

REFERENCES

- Fabião, A., Madeira, M. and Steen, E. 1987. Root mass in plantations of *Eucalyptus globulus* in Portugal in relation to soil characteristics. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 1, 185-194.
- Fabião, A., Madeira, M. and Steen, E. 1991. Effect of water and nutrient supply on root distribution in a *Eucalyptus globulus* plantations. *Water, Air and Soil Pollution* 54, 635-640.
- Pacheco, C.M.A. 1989. Influência de técnicas de não mobilização e de mobilização sobre aspectos estruturais e hídricos de solos com vinha, bem como sobre o respectivo sistema radical. Consequências sobre as relações hídricas solo-vinha na produção. Tese de doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Pereira, J. S. 1990. Whole plant regulation and productivity in forest trees. In: W.J. Davies and B. Jeffcoat (eds), *Importance of root to shoot communication in the response to environmental stress*. B.P.G.R.G. Monograph 21-1989. British Society for plant Growth Regulation, Bristol. Pp. 237-250.
- Pereira, J.S., Linder, S., Araujo, M.C., Pereira, H., Ericson, T., Borralho, N. and Leal, L. 1989. Optimization of biomass production in *Eucalyptus globulus* plantation. A case study. In: J.S. Pereira and J.J. Landsberg (eds), *Biomass Production by fast growing trees*, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands. pp. 101-121.
- Tomé, M., J.A. Tomé, M.C. Araújo e J.S. Pereira, 1994. Intracpecific competition in irrigated and fertilized eucalypt plantations. *Forest Ecology and Management* 68: 211-218.
- Tomé, M. 1990. Distance dependent competition measures to model growth of individual trees. In: H. E. Burkhart (ed), *Research in Forest Mensuration, Growth and Yield*. School of Forest and Wildlife resources, VPI&SU, Pub. n° FWS-2-90, Blacksburg, USA, PP. 219-231.
- Tomé, M. e J. S. Pereira, 1991. Growth and management of eucalypt plantations in Portugal. In: P.J. Ryan (ed), *Productivity in Perspective*, Proc. Third. Aust. For. Soils and Nutri. Conf., Melbourne, Austrália, 7-11 Out. (Forestry Commission NSW, Sydney), pp. 147-157.

POTENCIAL HÍDRICO E CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA DE *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla* NO SUDESTE DO BRASIL
HYDROLOGICAL POTENCIAL AND STOMATAL CONDUCTANCE OF *E. camaldulensis*, *E. pellita*, *E. urophylla* IN SOUTHEASTERN BRAZIL

REIS, G.G.*; REIS, M.G.F.; GOMES, R.T.^b; SILVA, J.F.^c

*Dep. Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa - 36571-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ^bEstudante de pós-graduação, Universidade Federal de Viçosa - 36571-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Endereço atual: Itaú Agro Florestal Ltda, Rod. GO230, km 22 CEP 73700-000 Padre Bernardo, GO; ^cCOSIGUA, Três Marias, MG

RESUMO

As relações hídricas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita* foram estudadas, em condições de campo, em plantas com idade variando de 14 a 26 meses, estabelecidas nos espaçamentos 3x1,5m, 3x3m e 3x4m, na região de cerrado, em Três Marias, Minas Gerais. Essa região é caracterizada por apresentar deficiência hídrica elevada, o que justifica a seleção de espécies com base no uso de água e a definição de espaçamento adequado para maximizar a produtividade florestal. O potencial hídrico e a condutância estomática foram medidos nos meses de março, agosto, outubro e dezembro/90 e março/91. As medições foram realizadas às 8:00, 13:00 e 17:00 horas. Todas as espécies apresentaram comportamento similar relativo a potencial hídrico na planta, tendo sido observado um alto potencial hídrico antes do amanhecer, que decresceu ao meio dia. A recuperação à tarde foi muito lenta durante a estação seca e muito alta durante a estação chuvosa. No espaçamento de 4x3m, o potencial hídrico das plantas foi muito menor que para as plantas nos outros dois espaçamentos para *E. camaldulensis* e *E. pellita* comparado com *E. urophylla* nesta faixa de idade, possivelmente em razão de se ter melhor cobertura do solo pela copa das plantas de *E. urophylla*. A condutância estomática e a transpiração foram muito menores para *E. camaldulensis* do que para outras espécies ao longo do dia e *E. pellita* apresentou o perda de água mais elevada, independentemente da hora do dia e estação do ano. *E. urophylla* apresentou a condutância estomática mais elevada pela manhã, o que foi similar para *E. pellita*, e, com o aumento da temperatura do

ar, a condutância estomática da primeira espécie decresceu rapidamente, mas ainda permaneceu mais elevada do que para *E. camaldulensis*. Nos espaçamentos mais amplos, a condutância estomática foi maior que para plantas no espaçamento 3x1,5m, para todas as espécies, provavelmente devido a uma menor competição entre as plantas. Em conclusão, *E. camaldulensis* e *E. urophylla* são melhor indicadas para serem plantadas na região de cerrado, em razão de sua habilidade de controlar as perdas d'água, quando comparadas com *E. pellita*, e, plantações densas devem ser evitadas onde a água constitui-se em fator limitante para o crescimento das plantas.

1. INTRODUÇÃO

A topografia e, inicialmente, o baixo custo e a disponibilidade de terra na região dos cerrados fizeram com que essa região apresentasse grande potencial de exploração agropecuária e florestal. Entretanto, os solos dessa região podem limitar o crescimento das plantas, principalmente devido a sua baixa fertilidade e disponibilidade de água. A baixa disponibilidade de água para as plantas é consequência de uma precipitação baixa e irregular, extensos períodos de seca e, ou, alta permeabilidade apresentada pelos solos arenosos, que ocupam extensas áreas na região sob vegetação dos cerrados (RANZANI, 1971; LOPES, 1983).

A definição dos espaçamentos no setor florestal na região de cerrados ainda motivo de controvérsia, uma vez que deverá ser alterada a depender, principalmente, da espécie e da disponibilidade de água e nutrientes daqueles sítios. A definição adequada desses

espaçamentos dever apresentar implicações silviculturais, tecnológicas e econômicas (BALLONI e SIMÕES, 1980), justificando estudos mais detalhados sobre esse assunto.

Em razão da acentuada deficiência hídrica e nutricional a que as plantas da região dos cerrados estão submetidas, é importante, dentre outros, que se defina uma adequada densidade populacional para o estabelecimento de plantios florestais. Essa densidade populacional deve ser também adotada com base nas respostas fisiológicas das plantas, de modo a garantir a máxima produtividade das florestas de *Eucalyptus*.

O presente estudo visa determinar as relações hídricas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, ao longo de um ano, envolvendo as estações chuvosa e seca, de modo a obter subsídios para melhor definir o espaçamento ideal para cada espécie.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi estabelecido na região de Três Marias-MG, utilizando-se plantas de um ensaio de espaçamento de *Eucalyptus* spp da Pains Florestal S.A., implantado em janeiro de 1989. *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla* foram estudadas por serem consideradas espécies importantes na produção de carvão vegetal naquela região. As plantas desse experimento encontram-se dispostas no campo nos espaçamentos de 4,0 x 3,0m (12m²/planta), 3,0 x 3,0m (9,0m²/planta) e 3,0 x 1,5m (4,5m²/planta), num delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições.

As determinações relativas ao potencial hídrico e condutância estomática das plantas foram avaliadas nas seguintes datas: 16/03/90, 01/08/90, 05/10/90, 27/12/90 e 30/3/91. O potencial hídrico foi determinado por meio de uma bomba de pressão (SCHOLANDER et alii, 1965) e a condutância estomática foi determinada na superfície abaxial das folhas, utilizando-se o porômetro de difusão LI-1600. Essas medições foram realizadas às 7:30-8:30 horas, 12:30-13:30 horas e 16:30-17:30 horas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Relações hídricas da planta em função

da espécie

O potencial hídrico das plantas manteve-se estável nas primeiras horas do dia, tendo ocorrido, posteriormente, uma redução drástica, com o mínimo acontecendo, de modo geral, após o meio dia (Figura 1), ocasião em que ocorre a maior demanda evaporativa, em razão de uma maior temperatura do ar. A capacidade de recuperação do status hídrico no final da tarde variou em função da espécie e da época do ano, o que possivelmente esteja relacionado com a disponibilidade de água no solo e mesmo com a área foliar e controle estomático das espécies. Nos meses de março e outubro de 1990, quando ocorreram períodos de seca pronunciados antecedendo as avaliações, foram observados decréscimos mais acentuados nos valores do potencial hídrico ao longo do dia. Essa resposta acontece em razão de ocorrer uma maior quantidade de água sendo liberada através da transpiração em comparação com a quantidade de água sendo absorvida pelas raízes. Nessas condições, desenvolve-se um aumento na tensão de água no interior da planta. Nas avaliações realizadas em agosto e dezembro de 1990 e março de 1991, quando ocorreu maior disponibilidade de água nos dias que antecederam as mesmas, as variações no potencial hídrico durante o dia foram reduzidas, mas, mesmo assim, observou-se tendência de decréscimo no meio do dia e recuperação ao final da tarde. A baixa recuperação observada no mês de dezembro possivelmente deveu-se ao fato de se ter dias mais longos nessa época, ou seja, quando da última medição realizada às dezessete horas a demanda evaporativa ainda se apresentava elevada.

É possível, também, observar que *E. camaldulensis* e *E. pellita* tenderam a apresentar queda mais brusca do potencial hídrico nas primeiras horas do dia em comparação com *E. urophylla*, quando as avaliações foram realizadas em épocas posteriores a períodos de seca mais intenso. No entanto, à noite, essas espécies apresentaram pronta recuperação do seu potencial hídrico. De um modo geral, o *E. urophylla* foi capaz de manter o potencial hídrico mais elevado por um período maior do dia, em comparação com as outras duas espécies. Quando as avaliações foram

realizadas em períodos com maior disponibilidade de água, não foram registradas diferenças significativas entre as três espécies, em relação ao potencial hídrico da planta.

A magnitude das diferenças na condutância estomática das espécies estudadas variou em função da hora do dia (Figura 2). Houve, também, variação nessa magnitude em função da época do ano, o que ocorreu em consequência da variação na disponibilidade hídrica no solo no período que antecedeu as avaliações. No mês de outubro, quando ocorreu um longo período sem precipitação, as plantas das três espécies apresentaram condutância estomática muito baixa ao longo de todo dia e, nessa época, o status hídrico (Figura 1) das plantas era muito baixo. Os valores de condutância estomática, às treze horas, de *E. pellita*, *E. urophylla* e *E. camaldulensis* atingiram 62, 31 e 14 $\text{mmoles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ nessa avaliação. Por outro lado, em março de 1990, esses valores foram bem mais elevados, atingindo 450, 280 e 200 $\text{mmoles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para essas espécies. É, também, interessante notar que no mês de março de 1990 a condutância estomática, principalmente de *E. pellita* e de *E. urophylla*, foi mais elevada do que em março de 1991. Uma possível explicação para esse comportamento deve estar relacionada com o crescimento do sistema radicular bem como com a área foliar das plantas. A produção de folhas e de raízes, quando do início do experimento, aos 14 meses de idade, certamente ainda não tinha atingido o seu máximo, ou seja, não estava ocorrendo competição intensa por água, entre as plantas, nesta idade.

A condutância estomática variou também com a espécie. *E. camaldulensis* foi a espécie que apresentou os menores valores de condutância estomática tanto na época de maior disponibilidade de água quanto na época de deficiência hídrica. *E. camaldulensis* foi a espécie mais eficiente no controle estomático da perda de água, em comparação com as demais estudadas, principalmente quando se leva em consideração que as folhas dessa espécie apresentam praticamente o mesmo número de estômatos nas duas faces foliares (REIS e REIS, 1991). *E. pellita* foi a espécie cujos estômatos se mantiveram mais abertos, comparada com as outras duas espécies, ao

longo do dia, em todas as épocas de medição. Esse resultado sugere que, dentre as três espécies estudadas, *E. pellita* seja menos eficiente no uso de água pois apresentou grande consumo de água e a menor produção de biomassa devido ter apresentado altura bem inferior às demais espécies.

3.2. Relações hídricas das plantas sob diferentes espaçamentos

Para todos os espaçamentos houve uma tendência à recuperação do potencial hídrico das plantas depois deste atingir níveis bastante baixos, às treze horas. Neste horário, em geral, a planta está submetida a uma intensa demanda evaporativa, o que estimula uma maior perda de água pela planta. Observando-se a inclinação das curvas de potencial hídrico, pode-se depreender que, nas plantas estabelecidas em espaçamentos mais amplos, há uma tendência de ocorrer maior redução de potencial hídrico (às treze horas), mas a sua recuperação foi mais rápida. Esta resposta talvez se deva ao fato de as plantas estabelecidas em espaçamentos mais amplos, no estágio juvenil, conseguirem desenvolver uma área foliar por planta maior do que aquela apresentada pelas plantas estabelecidas em espaçamentos mais densos. Também pode ser devido a uma maior produção de raízes finas mais à superfície do solo, que afetam o status hídrico do mesmo além de cobertura do solo deficiente sob a copa das árvores. É esperado que, com o passar do tempo, haja uma maior interação entre as plantas, em consequência do desenvolvimento de um intenso processo competitivo tanto a nível de parte aérea quanto a nível de sistema radicular. Por esta ocasião, as plantas estabelecidas em espaçamentos mais compactos deverão e apresentar em desvantagem, em razão da área explorada ser proporcionalmente menor, implicando em uma maior dificuldade de abastecimento de água, nutrientes e luz para suprir as necessidades da planta.

As respostas de potencial hídrico para plantas em diferentes espaçamentos foram de certo modo bastante similares, ao longo do ano. Em agosto e dezembro de 1990, no entanto, *E. pellita*, principalmente o estabelecido no espaçamento 3,0 x 4,0 m, foi incapaz de restabelecer o potencial hídrico ao final das

tardes, ao passo que tanto para *E. camaldulensis* quanto *E. urophylla* houve uma nítida recuperação do status hídrico. Dentre outros, essa resposta de *E. pellita* indica o deficiente controle estomático da perda de água por esta espécie.

O controle estomático variou com a espécie, o espaçamento e a hora do dia. Em média, *E. pellita* apresentou maior condutância estomática do que *E. urophylla* e, este, uma maior condutância do que *E. camaldulensis*, conforme discutido anteriormente. Estes resultados de condutância estomática em conjunto com os valores de transpiração podem indicar uma habilidade diferencial no uso de água dessas três espécies.

Até a idade de 26 meses, não foi possível detectar uma consistência nítida da influência dos espaçamentos sobre a condutância estomática das plantas das três espécies. Observou-se uma tendência de maior condutância estomática quando as plantas das três espécies foram estabelecidas nos espaçamentos mais amplos (3,0 x 3,0m e 3,0 x 4,0m). É certo que esta é uma idade em que as plantas apresentam pouca limitação de crescimento, ou seja, a competição entre plantas possivelmente ainda seja pequena nesses espaçamentos mais amplos havendo, portanto, maior disponibilidade de água para cada planta. É de se esperar que nos anos subsequentes essas diferenças entre espaçamentos diminua. No mês de outubro, em razão de ter ocorrido um longo período de estiagem antes das avaliações, ocorreu fechamento dos estômatos das plantas nos três espaçamentos. Os valores de condutância estomática foram inferiores a 80 mmol.m⁻².s⁻¹, ao meio dia, para todas as espécies em todos os espaçamentos, não tendo ocorrido diferenças significativas entre as diferentes densidades populacionais. Esses valores baixos indicam que os estômatos se encontravam fechados havendo, então, predominância da condutância cuticular, conforme relatado por REIS e HALL (1986).

LITERATURA CITADA

- BALLONI, E.A. & SIMÕES, J.W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. Piracicaba, IPEF, 1980. 16 p. (Série Técnica, 3)
- LOPES, A.S. A calagem em solos sob cerrado. In: van RAIJ, B.; SILVA, O.C.B. (coord.). Acidez e calagem no Brasil-Simpósio. Campinas, Soc. Bras. De Ciência do Solo, 361 p. 1983.
- RANZANI, G. Solos de cerrado no Brasil. In: M.G. FERREI. Ed. 3º. Simpósio sobre Cerrado. São Paulo, Edgard Blucher, 1971. P. 26-43.
- REIS, G.G. & HALL, A.E. Resistência à desidratação de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Com restrição do sistema radicular. R. Árv., 10(2):168-80, 1986.
- REIS, G.G. & REIS, M.G.F. Respostas estomáticas e mudanças nos níveis de reservas de platas intactas e de brotações de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn submetidas à deficiência hídrica no solo. R. Árv., 15(2):103-206, 1991.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plantas. Science, 148:339-46, 1965.

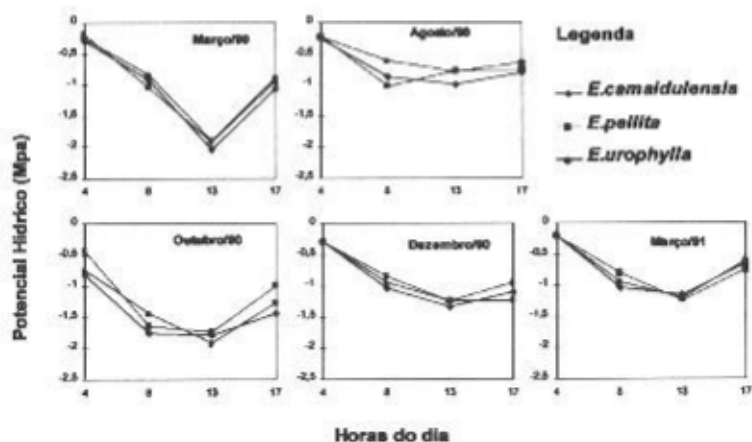


Figura 1 - Potencial Hídrico de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, com idade de 14 a 26 meses - média dos três espaçamentos.

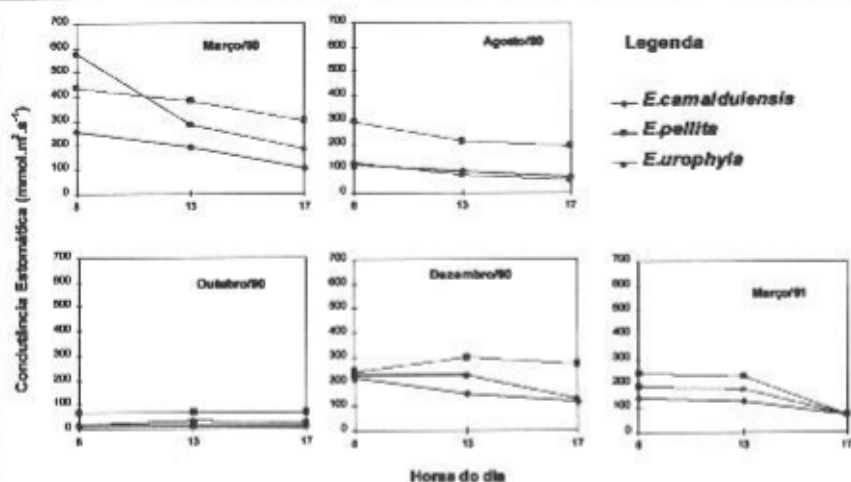


Figura 2 - Condutância Estomática de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, com idade de 14 a 26 meses - média dos três espaçamentos.

RELAÇÕES HÍDRICAS DE *Eucalyptus camaldulensis* E *E. pellita* NA REGIÃO DE CERRADO

HYDROLOGICAL RELATIONSHIP OF *Eucalyptus camaldulensis* AND *E. pellita* IN THE CERRADO REGION

Leles, P.S. dos S.¹, Reis, G.G. dos², Reis, M. das G.F.³ e Moraes, E.J. de³.

¹ Pós-Graduando, UENF/CCTA/LFIT - Av. Alberto Lamego, 2000, 28015-620 - Campos dos Goytacazes, RJ. E-mail: sanleles@uenf.br

² Prof. Departamento Engenharia Florestal - 36571-000 - Viçosa, MG - E-mail: greis@www.ufv.br

³ Mannesmann FI-EL Florestal Ltda - 30640-000 - Belo Horizonte, MG

RESUMO

As relações hídricas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita*, nos espaçamentos 9x9m, 6x4m, 3x3m, 3x2m e 3x1m, foram avaliadas aos 51 (janeiro), 56 (junho), 59 (setembro) e 64 (fevereiro) meses de idade, na região de cerrado, Estado de Minas Gerais. Em todos os espaçamentos e época de avaliação, exceto em setembro, época de maior deficiência hídrica no solo, na região de estudo, as plantas apresentaram redução do potencial hídrico às treze horas, seguida de uma recuperação no final da tarde. No entanto, nos espaçamentos mais adensados, as plantas de ambas espécies foram incapazes de restabelecer o potencial hídrico no final da tarde. *E. camaldulensis* apresentou valores de condutância estomática e transpiração inferiores àqueles observados para *E. pellita*, sendo que a diferença entre as espécies foi menor na época de acentuada deficiência hídrica, e principalmente após o meio-dia. As plantas estabelecidas no espaçamento 9x9m apresentaram maiores valores de condutância estomática do que aquelas dos demais espaçamentos, em razão de estarem explorando maior volume de solo. Estes resultados demonstram que *E. pellita* é uma espécie que não tolera déficit hídrico no solo e, que, para essa espécie, devem ser adotados espaçamentos superiores a 3x2m.

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos plantios de eucalipto tem sido realizada na região de cerrado, que apresenta grandes limitações ao crescimento das plantas, em razão da baixa precipitação e,

principalmente, da sua distribuição irregular, gerando acentuada deficiência hídrica (GOLFARI, 1975).

Plantas que se desenvolvem em solos com baixa disponibilidade de água, em geral, apresentam potenciais hídricos mais baixos, o que pode afetar vários processos metabólicos, como a movimentação dos estômatos, o que limita a perda de água e a fixação de CO₂ (REIS e HALL, 1987; REIS et al., 1988). Dessa forma, os mecanismos que previnem a tensão hídrica interna das plantas quase sempre são incompatíveis com a produção vegetal. Algumas espécies, no entanto, são capazes de suportarem deficiência hídrica acentuada, sem que haja fechamento total dos estômatos, permitindo que a fixação de CO₂ ocorra, mesmo sob variações acentuadas no conteúdo hídrico da folha (LEVITT, 1972).

Espaçamentos inadequados podem acentuar os efeitos da deficiência hídrica sobre as plantas diminuindo a produtividade das florestas, em razão da intensa competição intraespecífica, desenvolvida por água, nutrientes, luz e espaço ou da subutilização do sítio. O conhecimento das relações hídricas, dentre outras, auxiliará na definição dos espaçamentos mais adequados para as espécies florestais, visando à utilização desses fatores de maneira mais desejável para cada situação, de modo a aumentar a eficiência produtiva das plantas.

O presente trabalho tem como objetivo determinar as relações hídricas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita*, ao longo do ano, de modo a obter subsídios para definir espécie e espaçamento mais apropriados para a região de cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento envolvendo *E. camaldulensis* e *E. pellita* foi instalado na Fazenda Patagônia de propriedade da Mannesmann FI-EL Florestal Ltda, na região de cerrado, localizada na região noroeste do estado de Minas Gerais, no município de João Pinheiro, situada a 17°00' de latitude sul e 45°50' de longitude oeste e altitude aproximada de 520 m (OLIVEIRA et al., 1990). O clima da região é classificado como tropical seco-subúmido, com temperatura e precipitação média anual 23°C e 1100 mm, respectivamente, sendo o período de chuvas concentrado nos meses de verão e final da primavera, ocasionando um déficit hídrico de 70-140 mm (GOLFARI, 1975). O solo predominante da área é classificado como latossolo amarelo de textura franco arenosa, que apresenta baixa fertilidade e baixa capacidade de retenção de água.

As relações hídricas de árvores de *E. camaldulensis* e *E. pellita*, cultivadas nos espaçamentos 9x9m, 6x4m, 3x3m, 3x2m e 3x1m foram avaliadas nas idades de 51 (janeiro/93), 56 (junho/93), 59 (setembro/93) e 64 (fevereiro/94) meses, em folhas totalmente expostas, de galhos da posição mediana da copa de três plantas por tratamento. O potencial hídrico do xilema foi determinado, utilizando-se a bomba de pressão, antes do amanhecer (5 horas) e às 9, 13 e 17 horas, para obter variações diárias do potencial hídrico das plantas. As medidas de condutância estomática foliar foram tomadas, exceto às 5 horas, concomitantemente, às medições de potencial hídrico, utilizando-se porômetro de estado estacionário (LI-1600, LICOR).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em ambas espécies, o potencial hídrico das plantas foi mais elevado antes do amanhecer e no final da tarde, em todos os espaçamentos e épocas de medição estudados (Figuras 1 e 2). O decréscimo acentuado de potencial hídrico ocorrido por volta do meio-dia coincide com o aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa do ar (Quadro 1), consequência da defasagem entre a perda de água pela transpiração e a taxa de absorção pelas raízes (KOZLOWSKI, KRAMER e PALLARDY, 1991). Nessa condição, em que ocorre defasagem entre absor-

ção de água pelas raízes e perda através dos estômatos, a temperatura da folha se eleva, promovendo quase sempre o fechamento dos estômatos. Além disso, alta radiação e elevado déficit de saturação de água na atmosfera contribuem para reduzir o potencial hídrico da folha ao meio-dia. As plantas sempre recuperaram o potencial hídrico no final da tarde. Segundo SCHULZE (1986), o restabelecimento completo ou parcial da turgescência, no final da tarde e à noite, é importante em plantas lenhosas, porque, entre outros aspectos, se a água extraída durante o dia não for reposta à noite, o volume de elementos condutores funcionais poderá ser progressivamente reduzido.

Os valores de potencial hídrico foliar, antes do amanhecer, encontrado neste trabalho, foram mais negativos que os determinados por outros autores, com plantas de *Eucalyptus*, provavelmente porque as plantas usadas no presente trabalho são mais velhas. Para *E. urophylla* com idade de 26 meses, GOMES (1994) encontrou valores de -0,3 e -0,7 MPa nos períodos de elevada e de baixa disponibilidade de água no solo, respectivamente. OLIVEIRA NETO (1996) observou valores médios de -0,4 MPa na época de maior precipitação e de -0,7 MPa na época de menor precipitação em plantas de *E. camaldulensis*, aos 21 meses de idade. Estes autores trabalharam em região e solo semelhantes ao do presente trabalho.

E. camaldulensis apresentou valores de potencial hídrico às 13 horas, ligeiramente superior ao de *E. pellita*, mas tendo uma melhor recuperação nos finais das tardes. Essa capacidade das plantas de *E. camaldulensis* recuperar o potencial hídrico nos finais das tardes é, provavelmente, por esta espécie apresentar um sistema radicular com a raiz pivotante mais profunda, permitindo absorção de água a maiores profundidades no solo, principalmente, nos meses de menor precipitação, conforme foi também observado por AWE et al. (1976) e REIS e HALL (1987), em plantas de *E. camaldulensis*. REIS e HALL (1986a) mencionam que um número bastante reduzido de raízes, atingindo umidade das camadas mais profundas do solo, em condições de acentuada deficiência hídrica no solo, são suficientes para manter um elevado "status" hídrico da planta antes do amanhecer.

QUADRO 1. Valor médio da temperatura e umidade relativa do ar, ao longo do dia, em diferentes épocas do ano, em João Pinheiro, MG.

Hora	Janeiro/93		Junho/93		Setembro/93		Fevereiro/94	
	t(°C)	UR(%)	t(°C)	UR(%)	t(°C)	UR(%)	t(°C)	UR(%)
9	26,0	40	18,6	42	26,6	22	27,3	46
13	30,8	30	29,4	12	33,6	11	33,2	30
17	28,1	34	25,3	29	33,2	14	31,8	31

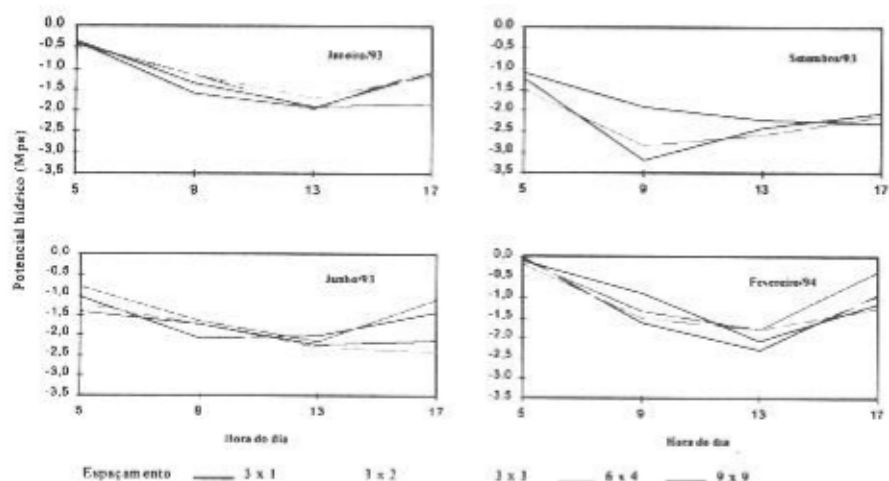


FIGURA 1. Potencial hídrico foliar em plantas de *E. camaldulensis*, com idade de 51 a 64 meses, nos espaçamentos de 9x9m, 6x4m, 3x3m, 3x2m e 3x1m, em João Pinheiro, MG.

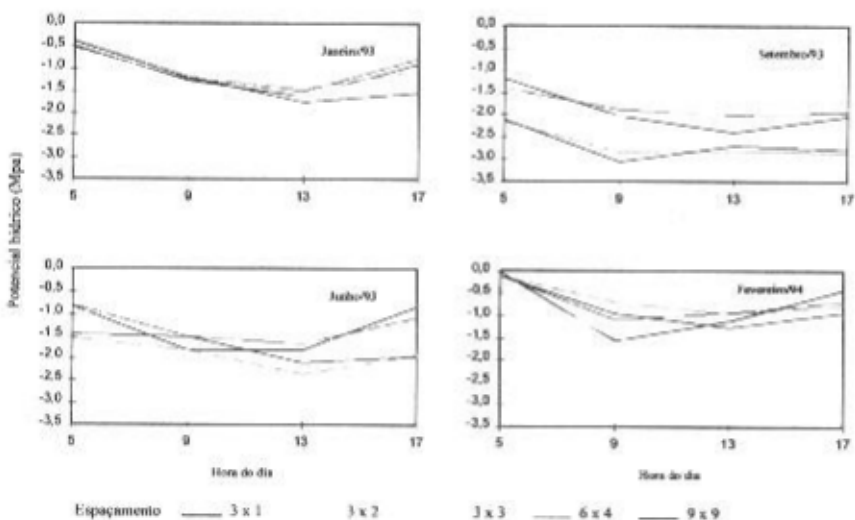


FIGURA 2. Potencial hídrico foliar em plantas de *E. pellita*, com idade de 51 a 64 meses, nos espaçamentos de 9x9m, 6x4m, 3x3m, 3x2m e 3x1m, em João Pinheiro, MG.

Através de medição efetuada em janeiro de 1993, evidenciou-se recuperação do potencial hídrico das plantas ao final da tarde, para todas as plantas, exceto aquelas no espaçamento mais fechado (3x1m). Esta resposta permitir inferir que já estava ocorrendo elevada competição entre as plantas, pelo uso da água, nos espaçamentos mais densos, mesmo no período de maior disponibilidade hídrica. Em junho de 1993, ocorreu gradual redução do potencial hídrico das plantas, principalmente, no horário de 13 horas, período de maior demanda evaporativa. Em vista da baixa disponibilidade hídrica no solo, nesta época do ano, as plantas de *E. camaldulensis*, nos espaçamentos inferiores a 3x3m, e de *E. pellita*, nos espaçamentos inferiores a 3x2m, apresentaram potencial hídrico em torno de -2,0 MPa, às 17 horas, exibindo baixa capacidade de recuperação ao final da tarde. No entanto, as plantas em espaçamentos mais amplos recuperaram rapidamente o potencial hídrico no final da tarde. Na época de maior déficit hídrico no solo (setembro de 1993), as árvores de *E. pellita* sob os espaçamentos 3x2m e 3x1m apresentaram potencial hídrico inferior ao apresentado pelas plantas nos demais espaçamentos, mesmo antes do amanhecer, certamente em consequência do elevado déficit de água no solo. Praticamente, não foram observadas diferenças das respostas das plantas nos vários espaçamentos, na avaliação de potencial hídrico, em fevereiro de 1994, provavelmente em decorrência de uma suficiente disponibilidade de água no solo.

No período de chuvas mais abundantes (janeiro e fevereiro), as árvores de ambas as espécies apresentaram maiores valores de condutância estomática, por volta das 13 horas, vindo a reduzir-se no final da tarde (Figuras 3 e 4), em razão do fechamento dos estômatos promovido pela temperatura mais elevada do ar e da folha e menor incidência de luminosidade nas folhas. Nas medições de junho e setembro de 1993, em razão da baixa disponibilidade de água no solo, principalmente em setembro, quando foram registrados 104 dias consecutivos sem ocorrência de chuvas na área experimental, as árvores apresentaram condutância estomática reduzida, sendo que os valores mais elevados foram observados pela manhã. Certamente que nesta época

de acentuada deficiência hídrica, a planta mesmo mantendo os estômatos fechados, a perda de água estava ocorrendo, principalmente, através da cutícula, conforme relatado por REIS e HALL (1986b). Esse comportamento estomático, por volta do meio-dia, pode ser explicado pelo aumento na eficiência do controle estomático. Nos meses de maior disponibilidade hídrica no solo o movimento estomático é mais intenso e favorável à sua abertura. Por outro lado, nos meses de menor disponibilidade de água no solo (junho e setembro) os estômatos se mantiveram praticamente fechados nos horários de maior demanda evaporativa, evitando, assim, severa dessecação dos tecidos, visto que a absorção de água pelas raízes é relativamente baixa.

E. camaldulensis sempre apresentou condutância estomática inferior àquela observada para *E. pellita*, sendo a diferença entre as espécies menor na época de acentuada deficiência hídrica e após o meio-dia, quando a temperatura do ar elevava-se e a umidade do ar decrescia (Quadro 1), aumentando a demanda evaporativa. Estas diferenças nas respostas estomáticas destas duas espécies, observadas no presente trabalho, corroboram com os dados de GOMES (1994), em condições de cerrado, demonstrando que *E. pellita* por manter os estômatos abertos, independentemente se havia ou não disponibilidade hídrica, não é uma espécie inteiramente recomendada para muitas regiões sujeitas a elevado déficit hídrico, como o cerrado. Esse autor observou valores bem mais elevados de condutância estomática para *E. camaldulensis* e *E. pellita*, em comparação com os resultados obtidos no presente trabalho, tanto na estação seca quanto na chuvosa. Isto ocorreu, provavelmente, porque as plantas do presente estudo são mais velhas e, certamente, já passaram por um processo mais severo de aclimação às condições de elevada deficiência hídrica. As plantas nos espaçamentos mais amplos, por apresentar maior disponibilidade de água, em razão de explorarem maior volume de solo, apresentaram maiores valores de condutância estomática do que aqueles de espaçamentos mais densos, principalmente para *E. camaldulensis*. Esta diferença entre as espécies foi mais nítida nas medições realizadas em janeiro de 1993.

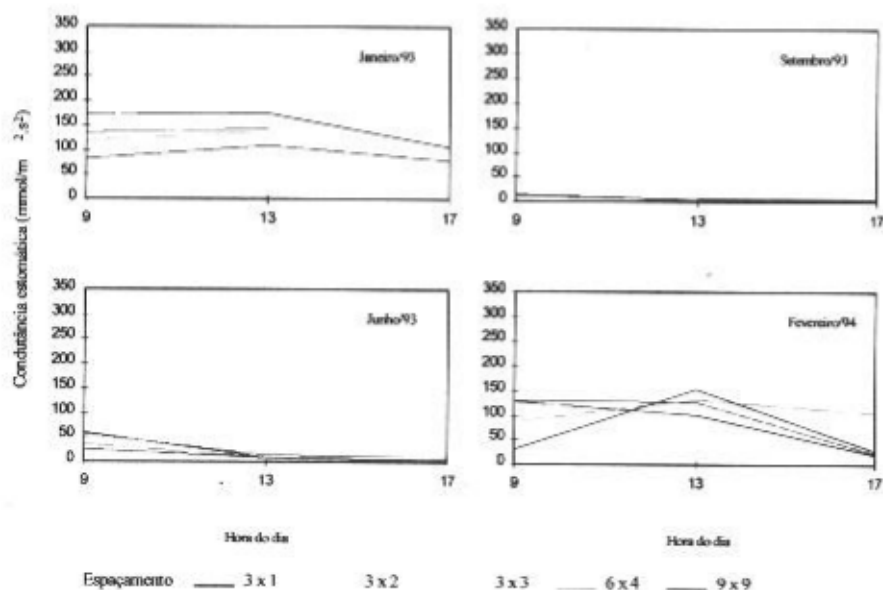


FIGURA 3. Condutância estomática em plantas de *E. camaldulensis*, com idade de 51 a 64 meses, nos espaçamentos de 9x9m, 6x4m, 3x3m, 3x2m e 3x1m, em João Pinheiro, MG.

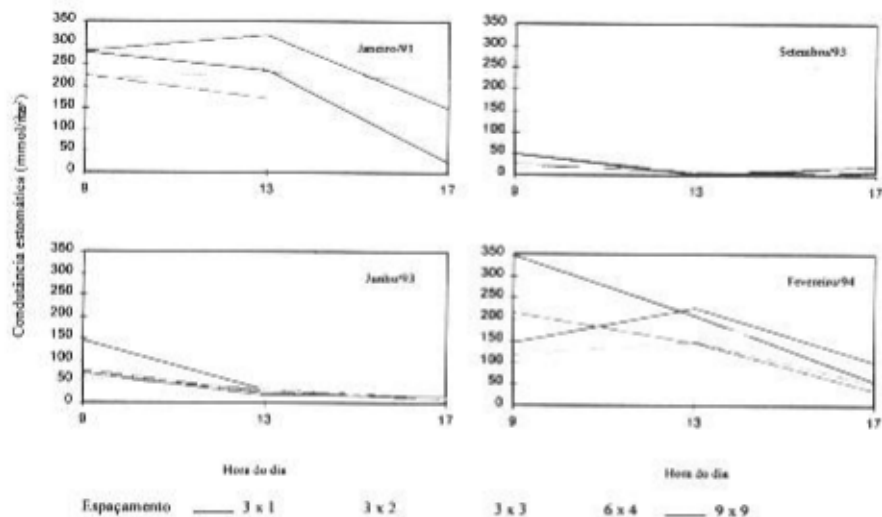


FIGURA 4. Condutância estomática em plantas de *E. pellita*, com idade de 51 a 64 meses, nos espaçamentos de 9x9m, 6x4m, 3x3m, 3x2m e 3x1m, em João Pinheiro, MG.

3. CONCLUSÕES

- *E. camaldulensis* foi mais indicada do *E. pellita* para as condições de estudo, por apresentar um melhor controle no sentido de evitar perda de água, além de um sistema radicular mais profundo.
- Espaçamentos inferiores a 3x2m, devem ser evitados na região de cerrado e em sítios que apresentam elevada deficiência hídrica, em razão das plantas, nesta idade, já estarem experimentando elevada competição por água, principalmente nos meses de maior déficit hídrico.

4. BIBLIOGRAFIA

- AWE, J.O.; SHEPHERD, K.R. FLORENCE, R.G. Root development in provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. *Australian Forest*, v.39, n.1, p.201-09, 1976.
- GOLFARI, Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento. Belo Horizonte, PRODEPEF, 65p. 1975. (Série Técnica, 3).
- GOMES, R.T. Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp na região de cerrado de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1994. 85p. (Tese M.S.).
- KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER, P.J.; PALLARDY, S.G. The physiological ecological of wood plants. San Diego, Academic Press, 1991, 657p.
- LEVITT, J. Responses of plants to environmental stress, New York, Academic Press, 1972.
- OLIVEIRA, A.C.; BERTOLUCCI, F.L.G.; ANDRADE, H.B. Avaliação do *Eucalyptus camaldulensis* nas condições edafoclimáticas do norte e nordeste de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO FLORESTAL., 6, 1990, Campos do Jordão, Anais... Campos do Jordão: SBS, SBEF, 1990. p.474-86.
- OLIVEIRA NETO, S.N. Biomassa, nutrientes e relações hídricas em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em respostas à adubação e ao espaçamento. Viçosa, UFV, 1996, 131p. (Tese M.S.).
- REIS, G.G. e HALL, A.E. Resistência à desidratação de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. com restrição do sistema radicular. *Revista Árvore*, v.10, n.2, p.168-80, 1986b.
- REIS, G.G. e HALL, A.E. Relações hídricas e atividade do sistema radicular em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em condições de campo. *Revista Árvore*, v.11, n.1, p.43-55, 1987.
- REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; MAESTRI, M. Crescimento e relações hídricas de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus camaldulensis* sob três regimes de irrigação. *Revista Árvore*, v.12, n.2, p.183-95, 1988.
- SCHULZE, E.D. Whole-plant responses to drought. *Australian Journal Plant Physiology*. v.13, n.2, p.127-41, 1986.

RESPONSES TO SUMMER STRESS OF CARBON ASSIMILATION AND PHOTOPROTECTION MECHANISMS IN *Eucalyptus* L.

Faria, T., Silvério, D., Breia, E., Cabral, R., Abadia, A., Abadia, J., Pereira, J.S. and
Chaves, M.M.

Instituto Superior de Agronomia. Departamento de Eng. Florestal. Tapada da Ajuda, 1399 Lisboa
codex. Portugal.

The objective of this work was the understanding of mechanisms enabling *Eucalyptus* L. growing in southern Portugal to tolerate water stress, high temperatures and high irradiances during summer under the Mediterranean-type of climate. Daily variations of carbon assimilation and photoprotective mechanisms were studied in sun and shade leaves. Under such conditions, these evergreen trees have to cope with excess intercepted solar radiation when carbon assimilation is limited either by stomatal closure or a decrease in photosynthetic capacity due to water stress and high temperatures. Even through stomatal closure explains most of the diurnal variation

in carbon assimilation along the year, photosynthetic capacity decreased during periods of water or temperature stress. Under such conditions at the photochemical level, a decline in the efficiency of PSII and the maximum photochemical yield of PSII (Fv/Fm) occurred, as well. These changes were accompanied by diurnal alterations in the pool of xanthophylls namely the conversion of violaxanthin in zeaxanthin which were more marked in the well exposed (sun) leaves of the canopy. This was correlated with down-regulation of photosynthesis and may indicate the ability of leaves to dissipate excess photon energy during summer.

RISK ANALYSIS OF EUCALYPTUS PLANTING IN SOUTH WESTERN FRANCE

Ph. BURGER-LEENHARDT¹ and J. Ph. TERREAUX^{2,3}

¹ AFOCEL Sud, 98 route de Tournefeuille, F-31270 CUGNAUX, France. e-mail: burger@afocel.fr

² INRA Economie et Sociologie Rurales

³ CEMAGREF, Groupement de Montpellier, 361 rue J.F. Breton, BP 5095, F-34033 Montpellier cedex 1, France. e-mail: Jean-Philippe.Terreaux@cemagref.fr

ABSTRACT

The deployment of eucalyptus in France is limited by frost. New varieties developed by AFOCEL are now available. These *E. gunnii* clones are more frost resistant than the previous *E. gunnii x dalrympleana* clones but also less productive. A risk analysis was undertaken to decide which varieties should be used and to assess where it is economically viable to plant. This analysis combined biological results on frost resistance, a climatic analysis of the frost risk and its distribution over the Midi-Pyrenees Region and an economic analysis including the risk factor. This approach led to the determination of a deployment zone where the Regional Council agreed to subsidize the plantations.

INTRODUCTION

Pyrenecell is a medium sized pulp company with a capacity of 250 000 tons of mixed hardwood pulp per year. The main part of its raw material is composed of *fagus sylvatica* harvested in the Pyrenees. However this resource is not completely sufficient and some of the wood is coming from more distant areas or from other tree species with less desirable pulp qualities. Thus there is a need to create a local resource to supplement the existing one. Ideally, this new resource should be of at least comparable pulp quality and/or with a cheaper cost of wood at the mill gate than the existing *fagus* resource. *Eucalyptus* plantations fit this role very well.

In 1987, Afocel has engaged, on behalf of Pyrenecell, a new phase of the eucalyptus breeding schedule. The main limitation of eucalyptus in France is frost resistance. The

program is based on clonal selection within the most frost hardy provenances of *E. gunnii*. This agenda is now reaching the point where commercial plantations can start with the release of commercial clones.

The Regional Council understood that eucalyptus plantations have an important role to play at the economic level and was prepared to subsidize this production. As investments will be made by small farmers or land owners, the Regional Council asked for a thorough risk analysis to demonstrate the feasibility of this project, the interest of such an investment for private owners, and the incitative power of the possible subsidies.

In 1996, AFOCEL undertook this analysis in cooperation with METEO-FRANCE the national meteorological service. Economic calculations were also part of the analysis to determine the acceptable limit of frost frequency in terms of profitability. This was done by the laboratory of economy and social studies (ESR) of INRA.

MATERIAL AND METHOD

Characteristics of the available clones

Two different types of varieties are available: pure *E. gunnii* clones and hybrid *E. gunnii x dalrympleana* (gundal). They differ in respect to their productivity and frost tolerance. Gundal clones are more productive than *gunnii* clones (fig 1) but are a lot more sensitive to frost.

The sensitivity to frost is expressed in terms of minimal temperatures (table 1). These are based on field results over the past 7 winters.

In addition to these temperature thresholds, the length of the frost events plays a role, though not very well inferred. In order to take this factor into account, the following conditions have been set as potentially hazardous to young plantations :

- 3 consecutive days with a minimal ground temperature below -14°C ,
- 6 days with minimal temperature below -12°C in a period of 10 days,
- a temperature of -12°C within 2 days following a 6 days long warm period where the minimal temperature is over 4°C .

The first two events have been experienced by the selected *gunnii* clones during the selection process and we know it didn't cause any lethal damage. The third event has never been observed in our field tests but

is very likely to produce severe damage to the trees.

The climatic data

The climatic study is based on long series of data from the network of meteorological stations of Meteo-France. Most stations measure only air temperature in a standard shelter (TN) but the temperatures given in table 1 are air temperature at the ground level (TNA). Fortunately the main stations measure air temperature in the shelter at 1.5 m above ground and temperature at 10 cm over the ground. The correlation between the two series is high ($r = 0.965$) and the following linear regression was used :

$$\text{TNA} = 1.105 \text{ TN} - 2.523.$$

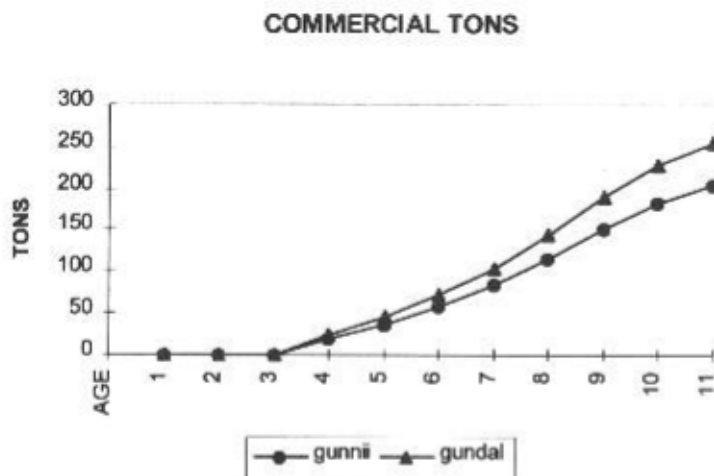


FIG 1. Production curve of the *gunnii* and *gundal* clones in south west France (commercial tons overbark, top diameter 7 cm).

TABLE 1. Frost sensitivity of eucalyptus clones in terms of minimal temperature according to the season of occurrence and the age of the plantation. Temperature are measured at the plant height level i.e. 10 to 20 cm above ground (TNA, see below).

FROST TYPE	WINTER FROST		EARLY FROST	
	1 YEAR	> 1 YEAR	1 YEAR	> 1 YEAR
<i>E. gundal</i>	-14°C	-16°C	-10°C	-12°C
<i>E. gunnii</i>	-18°C	-18°C^*	-10°C	-12°C

* estimated value

The risk of occurrence of a specified temperature can be computed in terms of number of years between two similar events by adjusting minimal annual temperature to the Gumbel probability law. This computation is valid only if the mean periodicity of occurrence is not greater than 4 times the number of years available in the records. In order to check the probability of events whose frequency is a priori less than one over forty years, one needs in consequence at least 10 years of records.

Moreover, to compare results from two meteorological stations, one has to use data covering the same period. Here one needs to compromise between accurate results on a few stations, or less accurate results but a better geographical coverage of the area. Finally the analysis was conducted with 51 stations on the period 1971-1993.

The areas over 400 meters in altitude are excluded from the analysis as we know they are unsuitable for planting: their main problem, apart from frost, is stem breakage due to snow.

Economic calculations

The calculations are based on a stochastic approach by simulation. The growth of a stand is simulated according to the production curve. The following frequencies of frost were investigated: one over 10, 15, 20 and 30 years. In each case, 20.000 simulations were made, which ensure a good precision of the results (for example 2% on the mean income; the calculus of the precision and more details are given in Terreaux, 1996).

The data are : establishment cost 11 000 FF, coppice selection cost 1800 FF and price of standing wood 66 FF/ton (overbark, top diameter of 7 cm). In case of frost in the first

winter, the trees will coppice without inducing any extra cost. The stand can be coppiced twice and is then replanted. The actualisation rate is 2% (in real terms, i.e. without inflation).

The results are expressed in terms of mean and standard deviation of the income over an infinite horizon. It represents the value of the land cultivated with eucalyptus. We give also the probability to have a result over 20.000 FF, under 10.000 FF, and the values which have respectively 5%, and 95% chance to be gone beyond. Moreover such results allow an optimisation of the age of harvest, according to the objective of the management.

RESULTS

climatic data

Early autumn frost are so rare that it is impracticable to compute a frequency. Only the number of occurrence can be recorded and it varies between 0 and 2 in a 40 to 50 years period. The risk is indeed very low and do not limit seriously the deployment of eucalyptus in this area.

Table 2 gives the periodicities for each of the mid-winter thresholds in some stations. The results confirm that the west of the area is very favourable. The north east (Tarn) is quite a bit colder than the Toulouse area though it is only 80 kilometres away. It is indeed more exposed to north fluxes which brings the polar air during a cold wave.

As one could expect, the length of the frost is very much correlated to its severity. In practice this means that a long frost occurs only if the cold wave is severe: the two types of events occurs during the same winters. In other words, the two types of risks do not add

TABLE 2. Frost periodicities in years computed using a 23 year long series.

Department	Station	-14°C	-16°C	-18°C
Ariège	Mirepoix (near Pamiers)	4	6	10
Haute Garonne	Cugnaux (near Toulouse)	6	10	16
Gers	Mirande (near Auch)	5	8	13
	Salles d'Armagnac (West of Auch)	7	13	23
Hte Pyrénées	Tarbes-Ossun	4	6	11
Tarn	Albi	3	5	7

(Source Météo-France)

to each other. Thus it is possible to sum up the risk by looking at the frequency of mid-winter thresholds.

ECONOMIC CALCULATIONS

Comparison of gundal versus gunnii

In the area of Toulouse, the periodicity of a destructive frost is 6 years for the first year and 10 years thereafter for the gundal clones and 16 years for the gunnii clones. The gundal clones are more profitable on average but the risk is high to have a low or even a negative income (table 3). Thus, in the Midi-Pyrenees area it is reasonable to advise private owners to use gunnii clones. Note that the results for *E. gunnii* are slightly underestimated as the frost risk after the first year is slightly overestimated.

Limits for *E. gunnii*

The economical limit for *E. gunnii* planting is a frequency of about 15-20 years (table 4) if the plantation is not subsidised. However, the Regional Council has decided to grant subsidies covering 50% of the planting cost in the final deployment zone. This makes gunnii planting

a lot more attractive and profitable for the farmer even in areas where frost frequency is down to 1 in 10 years (table 4). This is important as the area closer to the mill could not be planted otherwise.

Finally, to summarise the analysis, a map of the deployment area for *E. gunnii* planting in the Midi-Pyrenees Region has been established (fig 2). The criteria is that the frost frequency has to be less than 1 in 10 years. The map is based primarily on a simple mathematical isolining of these frequencies. The final limits of the deployment zone have been fine tuned using additional information such as soil type and experience of local foresters. It highlights the area where it is technically and economically feasible to plant eucalyptus. This is the area where the Regional Council subsidises the plantation.

In this area, an insurance covering frost damages in the first year (the most sensitive) is available. It increases the attractiveness of eucalyptus planting for small land owners.

This risk analysis proved to be an important step towards gaining confidence from all actors involved in eucalyptus planting in the region.

TABLE 3. Comparison of the two varieties in terms of profitability and risk

VARIETIES	GUNDAL	GUNNII
Mean Income	15 894 F	13 521 F
Standard deviation	9088 F	6211 F
5 % of results are worse than	- 495 F	2148 F
5 % of results are better than	29 167 F	22 322 F
probability of income < 10 000 F	24.1 %	25.9 %
probability of income > 20 000 F	35.6 %	14.2 %

The trees are harvested when 12 years old.

TABLE 4. Results of the simulation for *E. gunnii* for different frost frequencies

Frequency of frost	10 years		15 years		20 years		30 years	
	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes
Mean Income	4601 F	20124 F	12059 F	26315 F	15748 F	29290 F	19407 F	32217 F
Standard deviation	8142 F	6622 F	6585 F	5277 F	5646 F	4561 F	4515 F	3722 F
5% of result are worse than	-9811 F	8289 F	27 F	16687 F	5245 F	20911 F	11027 F	25291 F
5 % of results are better than	16741 F	29939 F	21513 F	33970 F	23677 F	35696 F	25375 F	37094 F
probability of income < 10 000 F	72.6 %	7.6%	34.1 %	0.5 %	15.2 %	0.1	3.6 %	0.01
probability of income > 30 000 F	0.0 %	4.8 %	0.0 %	26.3 %	0.0 %	48.9 %	0.0%	75.2 %

The trees are harvested when 11 years old.

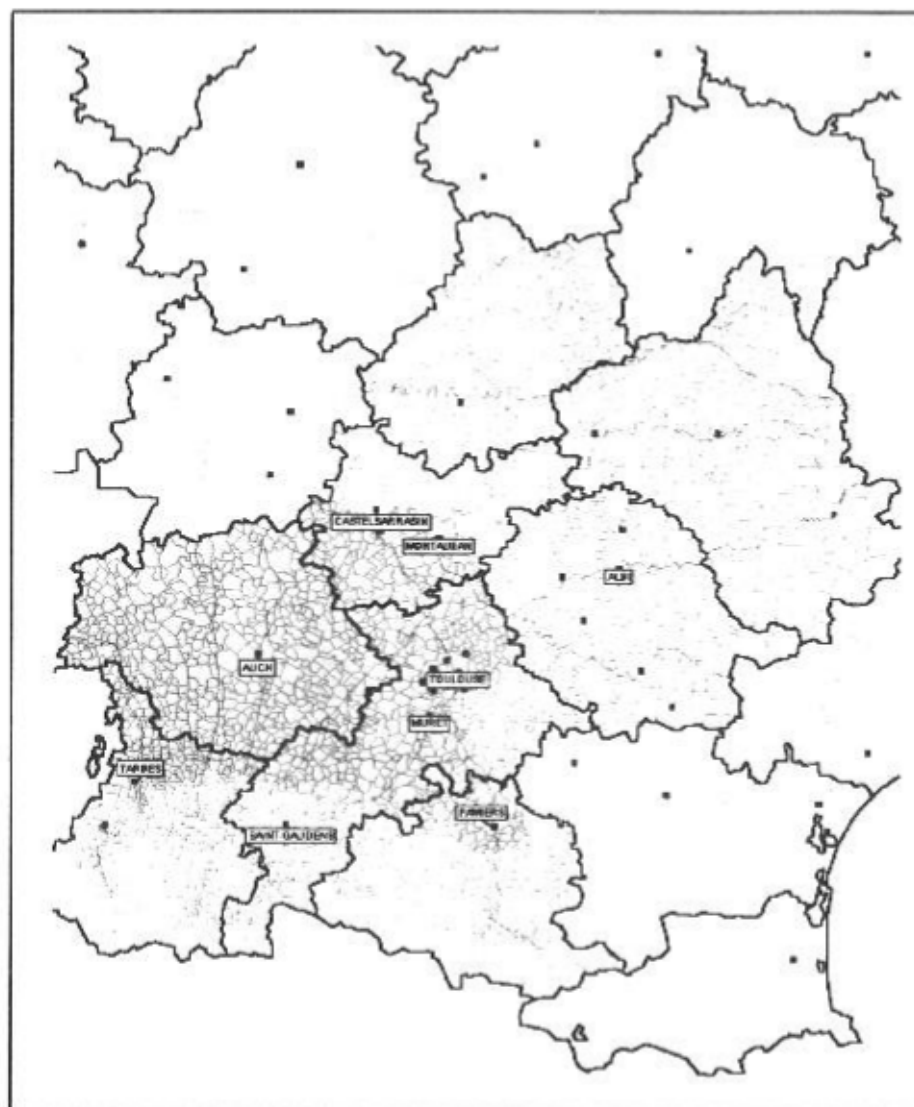


FIG 2. Area (in green) of Midi Pyrenees Region where eucalyptus planting is subsidised by the regional council and where an insurance policy covering frost damage is available.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study has been financed by the Regional Council of Midi-Pyrenees. AFOCEL (Association Forêt CELLulose) defined the temperature limits of the clones and co-ordinated the whole analysis. METEO-FRANCE was in charge of the climatic study and INRA-ESR (Institut National de la Recherche Agronomique, Economie et Sociologie Rurales) led the economic computations.

LITERATURE CITED

- Terreaux (1996): Gestion du risque de gel de l'eucalyptus. Rapport d'étape. Contrat de plan Etat-Region. INRA-ESR.
- Meteo France (1995): Etude régionale du risque de gel des eucalyptus. Unpublished study.

THE EFFECTS OF COMMERCIAL PLANTATIONS OF *Eucalyptus grandis* IN GROWTH ON SOILS IN AREAS INFLUENCED BY VOLCANIC ASHES (COLOMBIAN ANDES)

Sicard, T.L.¹; Castillo, T.L.²

¹Agrologist M.Sc. Corporacion Nacional de Investigaciones Forestales (CONIF). K 50 # 27-70 Bloque C Modulo 1. Tel 57 (1) 3150736 FAX 57 1 2213473 email conif@trauco.colomsat.net.co

²Ingeniero Forestal. CONIF

SUMMARY

To evaluate as a preliminary way the changes occurred in some physical and chemical properties in the soil of commercial forest plantations, there were selected two farms with *Eucalyptus grandis* in soils derived from volcanic ashes and in contrasting geomorphological unities at the Colombian Andes, using a factorial design with two levels and three repetitions. The results show that the climate and the parental material can disguise the possible effects of the vegetal coverture. Nevertheless, in some variables show a consistent effect attributed to the influence of the soil. All the farms presented high levels of organic matter, high CEC, low P and high desaturation. There were not detected consistent changes in pH but positive influence of geomorphological position in some properties of soil (%OM and C/N). It was not found a clear pattern of differences in the nutrient status nor of in the soil fertility, although there are evidences of a greater desaturation under the forest in relation with the witness (meadows of *Pennisetum clandestinum*). In one of the two farms there were found significative differences in the apparent density, field capacity point, the permanent wither point, profitable humidity and the infiltration values in favor of the plantation.

INTRODUCTION

With the purpose of studying long range environmental effects of the commercial plantations of the *Eucalyptus grandis* in Colombia, the CONIF (Corporación de Investigación y Fomento Forestal. -National Research Corporation and Forest Promotion) with the support of the Ministry of Environment and the World Bank began a research program directed in its first phase to establish the

changes occurred to some chemical and physical properties of the soils in contrasting geomorphic units and used continuously in forest exploitations of *Eucalyptus grandis* in areas influenced by volcanic ashes in the eastern mountain range of Colombia

On the level of the effects of the species on the soil, literature shows contrasting results in several biological aspects, eluviation phenomena, acidity, dynamics of organic matter, cycling of nutrients and changes in the physical characteristics of soils (Florenzano, 1956; Lima, 1987; Poore and Fries, 1987; Yadav, 1973; Jhan and Pande, 1984; Bagalopalan, 1984; Cozzo, 1971; Baker, 1983; Singhal and Dev, 1977; Singh and Banerjee, 1980). In Colombia, there have been few cases of those studies, being outstanding the work of Rubiano and Garzón (1989) on the effects of the *Eucalyptus* on the physical properties of soils located in dry and humid zones.

METHODOLOGY

A Statistic design was used at random with a factorial arrangement of two factors: Geomorphical Units and Coverings, each at two levels: Hillside-Peak and Plantation-Prairie. The dependent variables were: structural stability, capacity of water retention, apparent density, porosity, infiltration, hydrolic conductivity, organic matter, macronutrients, pH, the cationic exchange capacity and total saturation.

The farms La Suiza and Sinai were selected, with plantations of *Eucalyptus grandis* of 2 and 5 years of age, located on the eastern mountain range of Colombia (Valle Department) with soils derived from volcanic ashes and within the life zone rain forest Premontano (bh-PM). The geomorphologic units in La Suiza correspond to peak and hillside

positions of Torrential Deposits (TD), while in Sinai there is a Structural Plan (SP) and a Torrential Deposit (TD). The soils were classified as Typic Melanudands and Andic Humitropept. In general they have good drainage, deep, with high levels of organic matter content, of fine textures and well structured; desaturated, with high CIC, acids and low in phosphorus. 8 stations of 30x30 in the plantations, and of 30x15 Mts. on the sample (prairies of *Hyparrhenia rufa*) x 3 replications and 2 depths, for a total of 48 units were taken into account.

DISCUSSION OF RESULTS

LA SUIZA FARM

Changes in the chemical properties of soils

The statistical valuing confirmed the existence of significant differences in the levels of acidity of the Ap stratum in favor of prairies (5.6 Vs 4.9 at the peak of TD and 5.6 Vs 5.2 on the hillside) which, however, cannot be attributed particularly to the forest use, because of the lack of differences in pH in depth and of the similar values found for the same depths in the Sinai farm (Table 1).

On the peak of TD the organic carbon of litter under the eucalyptus (21.3%) surpasses significantly to that of the hillside plantation (9.1%). The major statistical difference of organic carbon of the Ap horizon was also proved for the two parcels of land (pine and prairie) located at the peak, showing evidently the greter accumulation or organic residues on the areas of less slope. The influence of the phisiographic position is also moved to the CICA and the magnesium contents which were superior on the humus at the peak in relation to the hillside (54.7 Vs 38.8 and 9.4 Vs 3.9 meq/100 grs).

For all the cases the percentages of CO of the superficial AP stratum were statistically superior in the plantations in relation to the samples, differences which can be attributed, on the first hand, to the greater contribution of vegetable material that the forest provides via the humus and to the protection it offers in terms of the retention of material against the wash. The difference between the same coverings which occupy different positions in the

landscape can so also be explained, and which also turned out to be statistically significant (10%vs 5.8% for the eucalyptus and 5.2% Vs 3.5% for the parries.) in favor of the peak.

The total content of bases on this same stratum were between high and very high on the prairies with respect to the plantation on the high part of the landscape. With the exception of Mg, such differences although broad, are not significant enough. The soil saturation under prairie on the peak reaches 47.6% (medium high) while on eucalyptus it only reaches 8.4% (very low). Although such differences are significant, they could be interpreted just as a partial effect of the eucalyptus forest, since the ionic richness detected in the humus permits us to think on a momentary accumulation of nutrients in the litter, which depresses the stock of cations on the superficial stratum.

On the hillside of the TD, there are no statistical differences with respect to the quantity of calcium, magnesium and potassium detected on the superficial horizon for the strips of land studied (6.6 Vs 8.3; 2.3 Vs 3.8 and 0.6 Vs 0.5 meq/100 grs respectively for eucalyptus and prairie.

On the other hand, except with calcium, the nutrient content in depth on the soil under eucalyptus on the peak of TD are less than those reported on the horizon Bw1 of the corresponding prairie (0.2 Vs 2.1 meq/100 grs for magnesium and 0.4 Vs 1.3 meq/100 grs for potassium), which will permit a supposition of a relative impoverishment at in depth due to a probable assimilation of these elements of trees. Even though the previous hypothesis becomes difficult because of the referred exception calcium reason which is significantly greater in horizon B of the soil under eucalyptus.

It also called our attention the fact that greater quantities of calcium and potassium (5.3 and 0.4 meq/100 grs) were registered in the endopedon of the plantation in relation to the contents of these elements in horizon Ap of the same soil, a fact which could be interpreted provisionally as a clue of a greater assimilation of nutrients of the eucalyptus on the superficial horizon.

On the hillside the situation is different: the general tendency is to maintain or decrease in

small proportions the contents of the nutrients with the depth (it must be taken into account, however, that on the hillside an horizon A was formed almost twice the width that its similar on the peak, which was subdivided into Ap and A1, so that for the same depth (for example, 30 to 60 cms) there is a horizon A1 on the hillside and a Bw1 on the peak.). Finally, the total Indicator of global fertility calculated for each covering and physiographic position did not show significant differences. The Indicators

were 5.7 and 7.2 for the plantations on the peaks and the hillside (moderate and high fertility) and 7.45 - 6.68 for the sample in the same positions (High and moderate fertility).

Changes in the physical properties of soils

In the superficial horizon Ap the apparent density was always significantly superior in the sample strips of land in the two geomorphologic positions (0.83 Vs 0.71 gr./c.c. on the peak of the TD and 1.17 Vs 0.83 gr./c.c. on the hillside),

TABLE 1. Chemical analysis under commercial plantations of *Eucalyptus grandis* in growth and witness meadows (3 replays average).

Farm	unit	Geomorphological Type of Cover	Hte	C.O.			P ppm	Complex of change (meg/100gr)					Saturation	
				pH	%	NT		C	Ca	Mg	K	Na	Al	Total (%)
L	Torrential		Cloak	5.4	21.3	0.80	26.8	54.7	14.7	9.4	0.9	0.3	0.3	42.8
A	deposit with	Eucalipto	Ap	4.9	10.2	0.52	2.5	43.1	2.5	0.7	0.2	0.2	1.2	8.4
	Volcanic ash		Bw1	5.7	2.5	0.17	3.2	40.6	5.3	0.2	0.4	0.2	0.1	13.7
S	(Top)													
U		Witness	Ap	5.6	5.2	0.64	8.7	34.6	9.3	5.5	1.3	0.2	0.2	47.6
I			Bw1	5.9	1.0	0.19	1.1	35.1	1.9	2.1	1.3	0.3	0.4	17.0
Z														
A	Torrential	Eucalipto	Cloak	5.6	9.1	1.40	13.6	38.0	14.8	3.9	0.8	0.5	0.0	52.8
	deposit with		A1	5.2	5.8	0.45	7.1	30.4	6.6	2.3	0.6	0.2	0.6	32.0
	Volcanic ash		A2	5.4	4.2	0.38	5.4	27.9	7.1	2.2	0.4	0.2	0.2	36.7
	(slope)		AB	5.2	1.9	0.15	3.6	28.0	3.6	2.0	0.3	0.2	0.7	22.6
		Witness	Ap	5.6	3.5	0.30	8.7	28.3	8.3	3.8	0.5	0.2	0.1	45.4
			A1	5.3	2.8	0.15	4.3	25.5	4.0	3.3	0.1	0.2	0.3	30.5
			AB	5.6	0.7	0.11	1.9	26.0	2.4	4.4	0.1	0.2	0.0	27.5
	Structural		Cloak	6.1	15.8	1.05	13.9	57.4	29.8	9.9	1.5	0.3	0.0	78.7
S	plane with	Eucalipto	Ap	5.8	4.3	0.29	3.5	37.9	5.9	2.8	0.3	0.2	0.0	24.5
	Volcanic ash		Bw1	6.1	2.2	0.13	3.3	41.8	1.2	1.5	0.3	0.2	0.0	8.1
I														
		Witness	Ap	5.5	6.5	0.69	1.6	39.2	7.5	3.1	0.9	0.2	0.1	30.2
N			A1	5.6	4.5	0.28	6.3	30.3	1.5	1.3	0.6	0.04	0.0	11.5
			Bw1	6.2	2.1	0.15	3.5	43.2	1.3	1.0	0.6	0.2	0.0	7.3
A														
	Torrential		Cloak	5.5	17.5	1.07	12.2	46.7	10.4	4.9	0.7	0.2	0.5	35.4
I	deposit with	Eucalipto	Ap	5.4	6.3	0.59	3.7	35.4	2.6	1.2	0.1	0.1	0.2	12.3
	Volcanic ash		Bw1	5.8	2.3	0.22	2.0	41.9	0.3	0.2	0.1	0.2	0.0	2.3
		Witness	Ap	6.1	5.1	0.58	2.7	40.1	10.7	1.8	0.1	0.1	0.0	31.5
			Bw1	6.2	2.1	0.22	6.4	41.0	4.2	1.2	0.03		0.0	14.1

a fact which suggest a beneficial effect of the forest covering, although the values reported and the recognition of the field do not indicate the presence of severe phenomena of compacting on the sample strips of land.

It cannot be discarded that those differences can be attributed to a combined effect of the soil and a geomorphologic position.

The point of field capacity (FC) ended up being significantly superior in the two parcels of land of *Eucalyptus grandis* in relation to the two respective samples (77.7 Vs 62.9% on the peak and 62.9 Vs 42.1 on the hillside) equal to the Permanent Withering Point (PWP) (44.3 Vs 35.9 on the peak and 36.2 Vs 28.8 on the hillside) and the Available Humidity (AH) (33.4 Vs 27.0 at the peak and 26.7 Vs 17.3 at the hillside). This implies that the forest covering generates more efficient mechanisms, probably through dead leaves to maintain humidity in the edaphic environment in comparison to the prairies studied here. Such results are repeated in depth (table 2).

The statistical analysis reported significant differences (to 50%) in the speed of infiltration which resulted being excessive in the *Eucalyptus grandis* plantations (above a 100mm/h) and very slow to slow on the prairies (less than 5 mm/h.). In itself, the hydrolic conductivity was significantly greater (to 1%) on the samples (140 and 408 MM./h (fast and very fast) for the peak and the Torrential Deposit respectively) that in the plantations, where the rate of 44 and 86 mm/h (moderate and moderately fast). Additionally, statistical differences were found both for the hydrolic conductivity (5%) as for infiltration (1%) in favor of the parcels of land located on the hillside reaffirming the previously mentioned effect of the slopes over the oblicuous flow of water.

On the other hand and correlating well with higher levels of organic matter and of apparent density, the statistical analysis shows significant differences to 1% in the F.C. PWP and AH values due to the effect of the geomorphologic position in favor of the parcels of land (*Eucalyptus* and prairie) located at the peak. Finally, the results seen in table 2 show a statistical similarity for the structural stability in the Ap stratum (percentages of aggregations between 82 and 95 % Considered Medium

Diameter between 3.62 and 4.95) which as a whole reveals stable soils in terms of aggregation.

THE SINAI FARM

Changes in the chemical properties of soils

No significant differences of pH were found in any depths of the soil, covering or physiograph position studied. The C/N values indicate, the same as in the La Suiza farm, a greater tendency toward the mineralization of organic matters (C/N of 9.4 and 8.7) on the A stratum of the soils under prairie than under the *Eucalyptus grandis* (C/N of 14.8 and 10.7) in the plain as in the torrential deposits. The litter of the forest, presents the predominance of the accumulation processes discussed.

In spite of the fact that the CICA is high and similar in all cases, the statistical analysis confirms a significant difference to 5% in the percentage of total saturation of the two depths of the soil, both in the PE (30.2 Vs 24.5% in the Ap and 11.5 Vs 8.1 in the Bw) as in the DT (31.3 Vs 12.3 and 14.1 Vs 2.3% in the Bw) in favor of the prairies. This desaturation of soils under *Eucalyptus grandis* indicate, in some way, a probable effect of greater nutrient assimilation in the tree covering, similar to that registered in the La Suiza Farm in the peak of the torrential deposit.

The total contents of interchangeable bases, are statistically superior in the sample prairies both in the stratum Ap as in the Bw1, in the two physiographic positions. The difference is greater in the torrential deposit, where levels of 12.7 Vs 4.0 meq/100 grs (Ap) and 5.5 Vs 0.8 meq/100 grs (Bw). This result agrees with greater saturation mentioned previously for the *Eucalyptus*. The stated differences are exclusively attributed to calcium, whose contents in the prairie are significantly superior (5%) to those of the plantation, in both depths.

The phosphorus contents are low in all soils, related to the phosphoric retention properties characteristic of the andosoles. In thorn in all the farm it is observable a complete lack of aluminum.

Finally the statistical analysis reports a significant effect (5%) of the physiographic position over the global fertility of the soil, in

favor of the structural plane, which confirms the positive incidence of the little inclination of the slope in the accumulation of materials and in the genetic processes of soils, which act as a "tampon effect" over the edaphic fertility counterbalancing, in a certain way, the influence of the vegetable coverings studied.

Changes in the physical properties of soils

The statistical analysis of the physical

properties of soils in the Sinai farm, shows significant differences just in the measurements of infiltration and hydrolic conductivity. (table 2).

The significant differences (to 5%) in the rate of water entrance to the superficial stratum seem to correspond to the nature and to the management of each covering. With respect to this, very fast speeds are observed (153 MM./h) in the plantation, located in the

TABLE 2. Physical properties of soils under commercial plantations of *Eucalyptus grandis* in growth and witness meadows (average 3 reply).

Farm	Geomorphological unit	Type of Cover	Hite	Structure	Real density	Apparent density	Porosity	% Agregation	Average weigh up diameter (DPM)
L	Torrential	Eucalipto	Ap	ArL-FArL	2.16	0.71	67.1	84.3	3.62
A	deposit with volcanic ash		BW1	FL	2.44	0.67	72.5	81.3	3.47
S	(top)	Witness	Ap	Ar-ArL	2.41	0.83	65.5	82.5	3.78
U			Bw1	Ar-ArL	2.74	0.99	63.8	72.4	2.57
I									
Z	Torrential	Eucalipto	Ap	ArL-FAr	2.28	0.83	63.5	83.5	4.22
A	deposit with volcanic ash		Al	ArL	2.36	1.02	56.7	84.2	4.55
	(slope).		AB	Ar	2.61	1.21	53.6	90.2	4.18
		Witness	Ap	ArL-Ar	2.46	1.17	52.4	95.4	4.95
			Al	Ar-ArL	2.57	1.20	53.3	83.7	4.58
			AB	Ar	2.79	0.85	69.5	53.3	1.77
S	Structural plane with	Eucalipto	Ap	ArL-FAr	2.31	0.83	64	88.5	4.05
I	volcanic ash		BW1	FL	6.59	107.5	76	2.69	
			Ap	ArL	2.27	0.74	67.4	68.9	3.34
N			Al	FArL	2.37	0.79	66.6	73.1	3.05
			Bw1	FArL	2.40	0.60	75	54.2	2.19
A									
	Torrential	Eucalipto	Ap	ArL-FAr	2.34	1.1	52.9	87.4	4.95
I	deposit with volcanic ash		Bw1	FL-FArL	2.48	0.64	74.2	76.0	3.91
		Witness	Ap	ArL-FArL	2.22	0.70	68.4	76.5	4.40
			Bw1	ArL-FL	2.37	0.61	74.3	64.8	3.18

PE, which contrast with the sample, where infiltration just gets to an average of 3.56 MM./h (very slow). In the DT, the differences, although small, they are equally significant. In the plantation it reaches speeds of 45.2 m./h (fast) and under prairie the infiltration presents rates of 19.7 MM./h (moderate).

Just as it was reported for the farm La Suiza, here statistical differences were detected to 5% between the infiltration rates due to the geomorphological unity, and an effect due to the interaction C X u. On one side, the PE favors the infiltration in the plantation in a more significant form than the torrential deposit and the inverse situation appears in the prairie (greater infiltration in the deposit than in the structural plane).

In what respects to hydrolic conductivity the statistical analysis reported differences to 1% as an effect of the geomorphologic unity. In effect, the *Eucalyptus* parcel and grass located in the torrential deposit present conductivity significantly superior to those reported for the structural plane parcels (393 and 286 m.m./h Vs 133 and 162 m.m./h for plantation and sample, respectively).

CONCLUSIONS

1. In the farms studied the factors which form soil (specially climate and parental material), influence strongly in some physical and chemical properties of the edaphic environment, masking, so to say, the possible effects of one or another covering, specially in the contents of organic matter and phosphorus, the capacity for cationic exchange and the apparent density.

2. It was proved in the same way, an effect due to the geographical location of the land parcels studied ('nucleus' effect), which makes it difficult to compare many variables among farms.

3. The slight consistency detected in some cases among parcels of land located in the same forest nucleus but in different geomorphologic positions, and even, the variability similar soil depths, reaffirm the need to refer continuously to the local conditions to avoid general extrapolations that might not be true under different circumstances.

REFERENCES

- Baker, T. G. 1983. Dry matter, nitrogen, and phosphorus content of litterfall and branchfall in *Pinus radiata* and *Eucalyptus* forests. *New Zealand Journal of Forestry Science* 13 (2): p. 205-221.
- Balogopalan, M. y A.I. Jose. 1984. Distribution of organic carbon and different forms of nitrogen in a natural forest and adjacent eucalypt plantation at Agrippa, Kerala. Abstract of Paper for National Seminar on *Eucalyptus*, January 30-31 1984, Kerala, India.
- Cozzo, D. 1971. La deposición de material orgánico durante 2 años en el suelo de un bosque de *E. camaldulensis* de 8-9 años. *Revista Florestal Argentina*, XV (1): pag. 5-7.
- Florenzano, G. 1956. Ricerche sui terreni coltivati ad eucalitti (II: Ricerche microbiologiche e biochimiche). Pubblicazioni del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale 1 pp 133-152.
- Jhan, M.N. y Pande, P.. 1984. Impact on growing *Eucalyptus* and sal monocultures on soil in natural sal areas of Doon Valley. *Indian Forester* 110 (1): pp 16-22
- Lima, W. de P. 1987. O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais. Sao Paulo. ARTPRESS. 114p.
- Poore, M. E. D. y Fries, C. 1987. Efectos ecológicos de los eucaliptos. Roma ; FAO, 80 p.
- Rubiano S. Y. y Garzón R. H. 1989. Efectos del *Eucalyptus globulus* sobre la estabilidad estructural y otras propiedades físicas y biológicas de suelos de ladera en climas húmedo y seco. Tesis. Facultad de Agrología. Universidad de Bogotá "Jorge tadeo Lozano". 160 p.
- Singhal, R.M. y Dev, S. 1977. Alterations in soil carbohydrates consequent upon growing *Eucalyptus* in natural sal (*Shorea*

robusta) areas of Doon Valley. Indian Forester. 103 (6): pp 403-410.

Singh, K y Banerjee, S.P. 1980. State of soil aggregation under plantations forest and agriculture in alluvial soil of Doon Valley. Van Vygian 18 (3/4): pp 31-38

Yadav, J.S.P.; Banerjee, S.P.; Badola, K.C. y K. Singh. 1973. Changes in soil properties consequent upon growin *Eucalyptus* in a natural sal (*Shorea robusta*) area. Indian Journal of Agricultural Chemistry 6 (2): pp 198-115.

THE EFFECTS OF ELEVATED CONCENTRATION OF CO₂ ON GAS EXCHANGE OF FIVE COMMERCIALY IMPORTANT EUCALYPTUS SPECIES

Lima, W.P. and Jarvis, P.G.

ESALQ/USP, Depto. Ciências Florestais - 13418-900 - Piracicaba - SP - Brazil

IERM - Edinburgh University - Darwin Building, Mayfield Road

EH9 3JG - Edinburgh - UK

ABSTRACT

Five *Eucalyptus* species (*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus torrelliana*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus phaeotrica*), which are among the ten most used in large scale plantations, were selected for a study of the effects of elevated concentration of CO₂ on the gas exchange of seedlings. 2.5-month old seedlings of these species, growing in four-liter pots, were put into four pairs of open-top chambers, so arranged to have 2 plants of each species in each chamber, with four replications in each of two CO₂ concentrations: 350 + 30 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ and 700 + 30 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$. The plants were watered daily with a solution of a 20:20:20 soluble commercial fertilizer and grew in the chambers during a 100 day period, after which gas exchange measurements were taken in at least two fully expanded leaves per plant. Elevated concentration of CO₂ resulted in substantial increases in the rate of photosynthesis of all studied species, with enhancement ratios ranging from 96% (*Eucalyptus urophylla*) to 82% (*Eucalyptus phaeotrica*). Stomatal conductance was not significantly affected by elevated CO₂, even though the overall results showed a slight trend of decreased stomatal conductance with elevated CO₂ concentration. Downregulation, or a decrease in the photosynthetic rate due to acclimation to high CO₂ has not been observed during the study period.

INTRODUCTION

Eucalyptus species have an important role in plantation forestry development. Up to 1973, the total planted area in some 90 countries of the world amounted to approximately four million hectares. In 1987, the area was

estimated to be around six million hectares, with a potential productivity of the order of 30 million tonnes of dry wood per year (ELDRIDGE & CROMER, 1987).

The ten most important eucalypt species used in plantations around the world, in terms of current annual increment of wood, are: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus viminalis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus deglupta*, *Eucalyptus exserta*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus paniculata* and *Eucalyptus robusta* (ELDRIDGE & CROMER, 1987). All these species are in the subgenus *Symphyomyrtus*, except for *Eucalyptus citriodora*, which is in the subgenus *Corymbia*.

Questions about the environmental effects of eucalypt plantations persist in many countries and the so called "eucalypt controversy" is far from resolved. Indeed, the debate parallels the increase in planted areas. A major environmental impact inherently associated with eucalypts is related to their water consumption, and their "soil drying power". Speculations about this have been exhaustively explored in most of the countries where eucalypts are planted, as can be inferred from many references (see LIMA, 1993).

Of particular importance in this respect is the quantitative knowledge about the closure of stomata in response to increasing soil water stress and to increasing atmospheric saturation deficit, which has been shown to occur in many tree species, including eucalypts (MCNAUGHTON & JARVIS, 1983, PEREIRA et al., 1986).

In a recent review of the available

evidence, LIMA (1993) concluded that studies related to stomatal responses are much needed for the eucalyptus genus. Such investigations are fundamental but have received little study so far, and this makes it difficult to generalize about canopy resistance, stomatal conductance, and stomatal control of transpiration for the eucalypts. Another interesting aspect of the response of stomata is their response to the rising atmospheric carbon dioxide concentration. Usually, stomata open as the intercellular concentration of carbon dioxide decreases and close as it increases. Clearly, interactions between water use, increased carbon dioxide concentration and stomatal functioning are likely to result in far reaching consequences with regard to photosynthesis, transpiration, and water use efficiency of future plantations forests. The steady build up of atmospheric CO_2 concentration is unquestionable and this is likely to have many direct and indirect effects on plant species (EAMUS & JARVIS, 1989, JARVIS, 1989, HOUGHTON et al, Eds., 1990, GOULDRIAN & UNSWORTH, 1990, EAMUS, 1991). Therefore, it is important to know where these effects may lead to in terms of survival, acclimation, productivity, water relations, and stomatal behaviour, in order to be able to anticipate significant ecological, socio-economic and management consequences.

In this work, five commercially important *Eucalyptus* species, among the most widely used species for large scale plantations, have been chosen for a study of the effects of elevated CO_2 concentration on gas exchange parameters.

Seedlings of these species were grown in a set of four pairs of open-top chambers, in which controlled CO_2 concentrations were continuously maintained by automated computerized system. Even though most of such studies of the effects of elevated CO_2 concentration on tree species have been done with seedlings in artificial, controlled environments (JARVIS, 1989), it is recognized that there are some limitations involved in this technique (KRAMER, 1981, EAMUS & JARVIS, 1989, LAWLOR & MITCHELL, 1991, ARP, 1991). Nevertheless, WONG & DUNIN (1987), measuring gas exchange of a

large *Eucalyptus maculata* tree growing in a weighing lysimeter located within a forest in Australia in relation to a range of CO_2 concentrations, observed that the responses of canopy photosynthesis, transpiration and stomatal conductance were similar to those obtained with a leaf clamped in the cuvette of a portable gas exchange system.

MATERIAL AND METHODS

Species

Five *Eucalyptus* species were selected for the experiment: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus torelliana* and *Eucalyptus phaeotrica*.

The selection was based, first of all, on the importance of the species with regard to their utilization in large-scale, industrial, plantation forests in tropical and sub-tropical regions.

A second selection criterion was the sub-genus. The first three species belong to the sub-genus *Symphyomyrtus*, whilst *Eucalyptus torelliana* is from the sub-genus *Corymbia*, and *Eucalyptus phaeotrica* is one of the few *Monocalyptus* that grows successfully in plantations outside Australia. As reviewed by NOBEL (1989), there may be contrasting growth responses amongst these sub-genera to environmental factors.

Within the group of *Symphyomyrtus* species, the final selection criterion was their growth habit in their natural environment. Both *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* are species of tall forests. However, the former is a Gum type tree species, whereas *Eucalyptus urophylla* is of the Fibrous Bark type. *Eucalyptus camaldulensis*, on the other hand, is a *Symphyomyrtus* species typical of open woodland.

Seeds of these five selected species were obtained from IPEF (Institute of Forest Research and Studies), in Piracicaba, State of São Paulo, Brazil. Seeds from *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus phaeotrica* were collected in the Anhembi Forest Experiment Station, of the Forestry Department, University of São Paulo. The seed

source of *Eucalyptus torelliana* was Ouricangas, State of Minas Gerais, Brazil.

Cultivation

Seeds were germinated during the first week of February 1992 in individual plastic containers filled with peat and topped with vermiculite, in the glasshouse. After establishment, the seedlings in each container were thinned periodically to a final density of one plant per container.

The seedlings stayed in the glasshouse for two months after germination, when they were transplanted to 4 dm³ plastic pots filled with a 7:3:2 mixture of loam soil:sand:peat. To this mixture, 150 g of lime and 75 g of ENMAG 4:19:10 fertilizer was added, which was equivalent to a rate of approximately 20 g of 4:19:10 N:P:K per plant. The potted seedlings remained in the glasshouse for two additional weeks, to allow for adequate adjustment to the new substrate.

The potted seedlings were finally placed in the open-top chambers on the 21st of April, at the age of 2.5 months. Two pots of each species were placed randomly in each chamber. During the study period, they were periodically relocated within each chamber. A set of plants of each species was maintained in the glasshouse outside the open-top chambers, but adjacent to them.

The plants were irrigated daily with a solution (one measure in 9 dm³ of water, Formula 3 Soluble Plant Food, Chempak Products, UK), containing 20:20:20 N:P:K plus micronutrients. Once a week, the amount of soluble fertilizer added to the irrigation water was doubled.

Open-top chambers

The system of open-top growth chambers consisted of a set of 8 chambers located inside a glasshouse at the University of Edinburgh (55° 31' N, 3° 12' W), at an elevation of 185 m, arranged as four pairs of chambers, one with ambient CO₂ and one elevated CO₂ concentration, giving an experimental layout in which each pair of chambers was replicated four times.

The chambers were made out of transparent polypropylene (about 15% light attenuation) and had dimensions of 1.25 m in

diameter, 1.25 m in height, and a total volume of about 1.5 m³.

Air from outside the glasshouse was constantly blown into the chambers. To ensure uniform air distribution over the chamber area, the air was blown into a plastic pillow with a perforated upper surface located below the chamber floor. Before entering the plastic pillow, the air stream was supplemented with pure CO₂ from cylinders, through a computerized control system which maintained the CO₂ concentration in the ambient CO₂ chambers at 350 ± 30 µmol.mol⁻¹, and at 700 ± 30 µmol.mol⁻¹ in the elevated CO₂ chambers. The CO₂ concentration in the chambers was continuously monitored by an infra-red gas analyzer (PP Systems, Hertfordshire, UK), which was calibrated regularly.

Micrometeorological conditions inside the chambers were monitored almost continuously throughout the period, using a set of four light sensors distributed in two of the four pairs of chambers, and a ventilated psychrometer mounted inside one of the chambers. The light sensors and the psychrometer were linked to a data logger (Model 7X, Campbell plc., Loughborough, UK). Average temperature for a 13-h photoperiod was approximately 13.4 °C. Relative humidity inside the chamber was around 62 % during daytime, and approximately 80 % at night. Daily photon flux density (PFD) at the beginning of the experiment was 9.9 mol.m⁻².d⁻¹, with midday maximum value of around 0.2 mmol.m⁻².s⁻¹. At the end of the experiment, daily photon flux density was around 11.5 mol.m⁻².d⁻¹, with a midday maximum around 0.4 mmol.m⁻².s⁻¹.

Gas Exchange Measurements

Gas exchange measurements were made on all the chamber plants, as well as on the plants that grew outside the open-top chambers, after 90 days of growth in elevated CO₂, on at least two fully expanded leaves per plant, using a portable gas exchange system (Model LCA3, ADC Co. Ltd., Herts, UK), according to the following scheme:

a) Growth in elevated CO₂ / Measured in elevated CO₂ (E/E): prior to the measurements, the air intake to the gas exchange system was placed in one of the high CO₂ chambers. After equilibration of the

chamber, the elevated CO_2 plants were measured. These plants were then transferred to the ambient CO_2 chambers for over one hour, for short-term acclimation.

b) Growth in ambient CO_2 / Measured in ambient CO_2 (A/A): the air intake was now placed into an ambient CO_2 chamber, and measurements were made on all ambient CO_2 plants. These plants were then placed into the elevated CO_2 chambers for short-term acclimation for a similar period of time.

After acclimation, the measurements were repeated inversely, that is:

c) Growth in elevated CO_2 / Measured in ambient CO_2 (E/A): elevated CO_2 plants, short-term acclimated to ambient CO_2 , were measured with the air intake in an elevated CO_2 chamber.

d) Growth in ambient CO_2 / Measured in elevated CO_2 (A/E): ambient CO_2 plants, short-term acclimated to elevated CO_2 , were measured with the air intake in an elevated CO_2 chamber.

All measurements were made during the period between 9:30 and 14:00 h each time, using a 12 V, battery operated, artificial light source (Nippon Keiki Works, Ltd., Japan) attached to the leaf cuvette; this provided a constant photon flux density of around $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Data analysis

First, gas exchange data were analyzed by split-plot analysis of variance, with individual chamber as the main plot, split into five species as sub-plots. The main effect of CO_2 was tested with the $\text{CO}_2 \times \text{Chamber}$ error term. The main effect of species and the interaction Species $\times \text{CO}_2$ was tested with the $\text{CO}_2 \times \text{Chamber} \times \text{Species}$ error term. Some of the gas exchange data were transformed prior to analysis, by taking either the logarithm or the square root of the original values to equalise the variances.

The analyses were performed with the GLM of SAS (SAS Inst. Inc, 1993). All tests of significance were made at the 0.05 level of probability. The significance of the differences among treatment means was evaluated by Duncan's Multiple Range Test.

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 shows the average micrometeorological conditions inside the open-top chambers during the week of gas exchange measurements. It can be seen that the prevailing average photon flux density were not adequate for a good set of gas exchange measurements and this was the reason we decided to use an artificial light source attached to the cuvette.

Growth in elevated CO_2 resulted in substantial, statistically significant, increases in the rate of photosynthesis of all species, as well as in the instantaneous water use efficiency (Table 1).

These positive responses to CO_2 enrichment are in agreement with the results found in similar studies with other tree species, including eucalypts (SIONIT et al, 1985, HIGGINBOTHAM et al, 1985, OBERBAUER et al, 1985, NORBY et al, 1986, HOLLINGER, 1987, BARLOW & CONROY, 1989, ZISKA et al, 1991, WULLSCHLEGER et al, 1992, ROUHIER et al, 1992, CONROY et al, 1992, BUNCE, 1992, RADOGLU et al, 1992, CEULEMANS & MOUSSEAU, 1994, AMTHOR, 1995, DRAKE & GONZALEZ-MELER, 1996). Nevertheless, there have been studies with tree species in which elevated CO_2 did not stimulate growth (REEKIE & BAZZAZ, 1989, KORNER & ARNONE, 1992).

Comparative values of photosynthetic rates among the species, in both ambient and elevated CO_2 concentrations, together with the CO_2 concentration in the cuvette during gas exchange measurements, are shown in Figure 2. Short-term acclimation of ambient CO_2 grown plants to elevated CO_2 concentration also increased photosynthesis, but not to the same extent as was achieved by the plants grown and measured in elevated CO_2 (long-term acclimation).

Conversely, plants grown in elevated CO_2 , and which were short-term acclimated to the ambient CO_2 concentration, had about the same photosynthetic rates as plants grown in ambient CO_2 . These results indicate that downregulation of photosynthesis in elevated CO_2 did not occur, a result that can also be deduced from analysis of the A/C_i curves for the species.

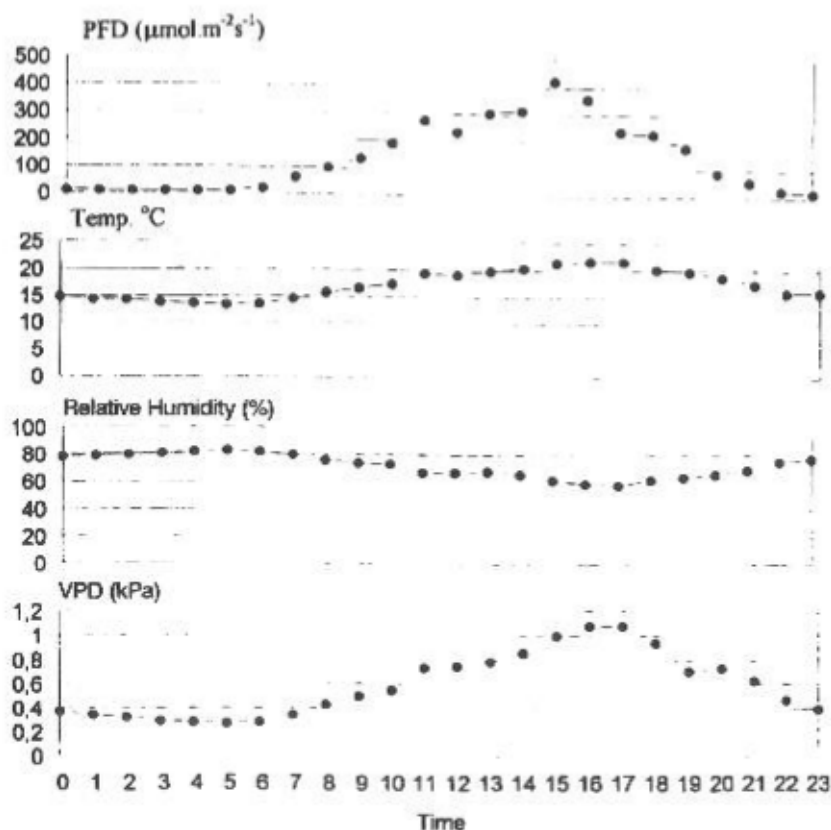


FIGURE 1. Average micrometeorological conditions inside the open-top chambers. Diurnal variations of PFD, air temperature, relative humidity, and vapour pressure deficit are averages for the week of gas exchange measurements (22-31 July, 1992).

TABLE 1. Average increases in photosynthetic rate (enhancement ratio, calculated as the percentage increase above the ambient CO_2) and water use efficiency (also calculated as a percentage increase above ambient CO_2) as a result of doubling the CO_2 concentration.

Species	Enhancement ratio	Increase in WUE	
		(%)	(%)
<i>E. grandis</i>	134		62
<i>E. phaeotrica</i>	130		82
<i>E. camaldulensis</i>	122		53
<i>E. torelliana</i>	107		72
<i>E. urophylla</i>	96		36

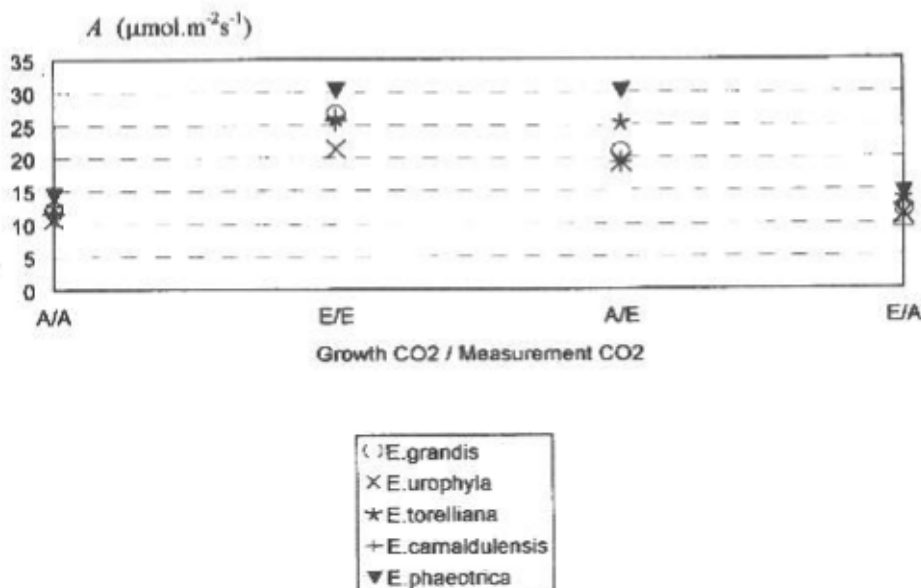


FIGURE 2. Net photosynthetic rate (A) of plants grown and measured in ambient CO_2 concentration (A/A), grown and measured in elevated CO_2 (E/E), as well as plants which were grown in ambient CO_2 , but measured in elevated CO_2 after short-term acclimation (A/E), and the reverse (E/A).

However, although significant, these results of elevated CO_2 concentration on photosynthesis should still be seen as a short-term response of seedlings to high CO_2 , and not used to make predictions of the likely impacts of increasing atmospheric CO_2 concentrations at the stand scale. Young trees are usually more sensitive to environmental changes than mature trees, and consequently their responses may be larger than in mature trees (EAMUS & JARVIS, 1989).

Nevertheless, long-term studies of the effects of elevated CO_2 concentration, such as those by IDSO & KIMBAL (1992a and 1992b) with sour orange trees growing in elevated CO_2 for four years, as well as modelling of whole canopy responses to elevated CO_2 concentration (REYNOLDS et al., 1992), suggest that these short-term responses may give a general indication of the possible effects of increasing atmospheric CO_2 concentration on tree growth.

Overall, stomatal conductance was not affected by growth in elevated CO_2 concentration. The overall results, however, do show a general downward trend in stomatal

conductance with increased CO_2 , and short-term acclimation to elevated CO_2 of plants grown in ambient CO_2 gave consistent, similar decreases in stomatal conductance for all species (Figure 3).

Stomatal conductance differed among the species. In general, the stomatal responses to elevated CO_2 varied from no-response (*Eucalyptus urophylla*), increased stomatal conductance (*Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus camaldulensis*), and decreased stomatal conductance (*Eucalyptus torelliana* and *Eucalyptus phaeotrica*).

The values of measured stomatal conductance are well within the range of values found in the literature for eucalypts (KUPPERS et al., 1986, PEREIRA et al., 1986, WONG & DUNIN, 1987, ITO & SUZAKI, 1990, ROBERTS et al., 1992, DYE & OLBRICH, 1992).

The average values of transpiration for each species in relation to the CO_2 concentration in which they were grown and in which they were measured are given in Table 2. Transpiration rates, taken collectively, are significantly higher for the plants grown in elevated CO_2 than in ambient CO_2 .

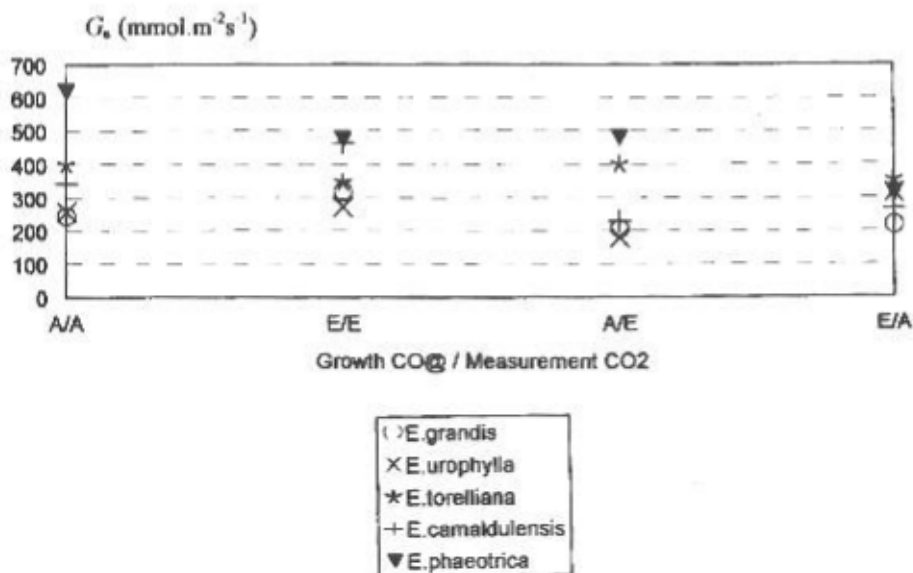


FIGURE 3. Stomatal conductance of plants grown and measured in ambient CO₂ concentrations (A/A), grown and measured in elevated CO₂ (E/E), grown in ambient but measured in elevated CO₂ (A/E), and grown in elevated but measured in ambient CO₂ (E/A).

TABLE 2. Average transpiration rate in relation to growth and measurement CO₂ concentrations, together with one standard error of the mean (SE) in parentheses.

Growth CO ₂	CO ₂ concentration during gas exchange measurements									
	(μmol.mol ⁻¹)									
	<i>Eucalyptus grandis</i>		<i>Eucalyptus urophylla</i>		<i>Eucalyptus torelliana</i>		<i>Eucalyptus camaldulensis</i>		<i>Eucalyptus phaeotrica</i>	
	350	700	350	700	350	700	350	700	350	700
350	(mmol.m ⁻² .s ⁻¹)									
	2.9	2.9	2.4	2.4	3.2	3.5	3.2	2.9	3.9	4.1
	(0.3)	(0.5)	(0.2)	(0.3)	(0.3)	(0.4)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.1)
700	(mmol.m ⁻² .s ⁻¹)									
	3.5	3.9	3.8	3.5	4.0	3.9	3.2	4.7	4.5	4.4
	(0.2)	(0.2)	(0.5)	(0.4)	(0.2)	(0.3)	(0.5)	(0.3)	(0.3)	(0.2)

The increases in water use efficiency which have been found in experiments with elevated CO_2 concentrations are usually a result of both increased photosynthesis and reduced transpiration (because of a decrease in stomatal conductance). The proportion of these two effects in eliciting an increase in WUE varies with species (ACOCK, 1990), and some studies on trees have shown an increase in stomatal conductance in elevated CO_2 concentration. A more realistic evaluation of the exact response of stomatal conductance to CO_2 should consider the interactive effects of CO_2 concentration, vapour pressure deficit, temperature, photon flux density and plant water status (EAMUS & JARVIS, 1989).

In this investigation, the observed increases in WUE of the plants grown in elevated CO_2 concentration (Figure 4) were mainly the result of the substantial increase in the photosynthetic rates of the plants.

Nevertheless, when we consider the results of short-term acclimation to elevated CO_2 of the plants grown in ambient CO_2 , there was a decrease in transpiration, and, in this case, the resultant increase in WUE was a consequence of both increased photosynthesis and

decreased transpiration.

CONCLUSIONS

Elevated CO_2 concentration resulted in substantial increases in the rate of photosynthesis of all five species, with enhancement ratios ranging from 96% (*Eucalyptus urophylla*) to 134% (*Eucalyptus grandis*).

Water use efficiency was also substantially increased in all five species, the increase ranging from 36% (*Eucalyptus urophylla*) to 82% (*Eucalyptus phaeotrica*).

During the 3-month period of growth in elevated CO_2 concentration, there was no indication of downregulation, or a decrease in photosynthetic rate resulting from acclimation to elevated CO_2 .

Stomatal conductance was not significantly affected by elevated CO_2 concentration, even though the results, taken collectively, showed a slight trend of decreased stomatal conductance with increased CO_2 concentration.

Most of the observed increase in water use efficiency in all species was primarily a result of the large increase in photosynthetic rate caused by elevated CO_2 concentration.

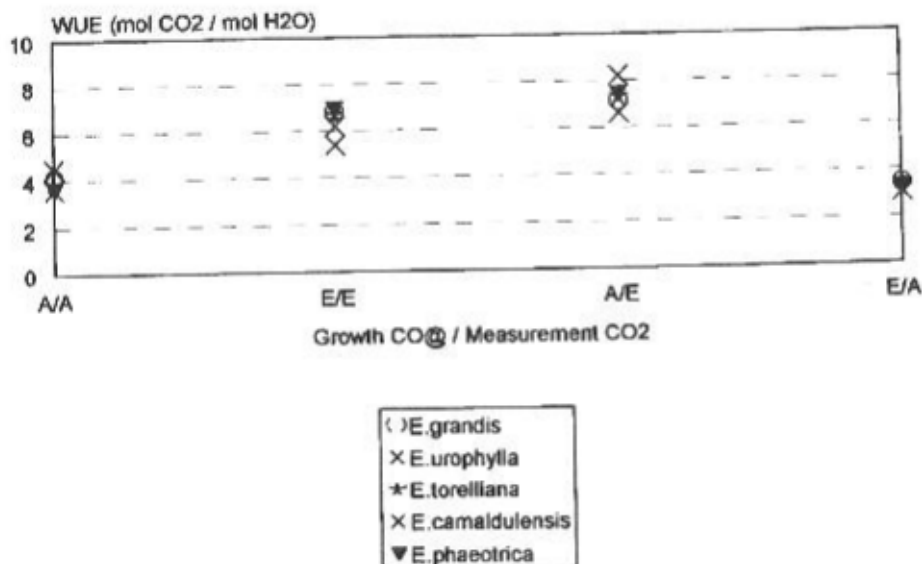


FIGURE 4. Instantaneous water use efficiency of plants grown and measured in ambient CO_2 (A/A), grown and measured in elevated CO_2 (E/E), grown in ambient but measured in elevated CO_2 (A/E) and grown in elevated but measured in ambient CO_2 concentration (E/A).

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was carried out whilst the senior author was a visitor at the Institute of Ecology and Resource Management, Edinburgh University, on a study leave granted by CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), of the Ministry of Education, Brazil, Proc. No. 5899-90-5).

Thanks are also due to Craig Barton, Helen Lee, Peter Levy, Mauro Centritto and Paul van Gardingen, of the IERM.

REFERENCES

- ACOCK, B., 1990. Effects of carbon dioxide on photosynthesis, plant growth, and other processes. In: *Impact of Carbon Dioxide, Trace Gases, and Climate Change on Global Agriculture*. ASA Special Publication No. 53: 45-60.
- AMTHOR, J.S., 1995. Terrestrial higher-plant response to increasing atmospheric [CO₂] in relation to the global carbon cycle. *Global Change Biology*, 1: 243-274.
- ARP, W.J., 1991. Effects of source-sink relations on photosynthetic acclimation to elevated CO₂. *Plant, Cell and Environment*, 14: 869-875.
- BARLOW, E.W.R. & J. CONROY, 1989. Influence of elevated atmospheric carbon dioxide on the productivity of Australian forestry plantations. *Greenhouse - Planning for Climate Change*. G.I. Pearman (Ed.). CSIRO, Division of Atmospheric Research: 520-533.
- BUNCE, J.A., 1992. Stomatal conductance, photosynthesis and respiration of temperate deciduous tree seedlings grown outdoors at an elevated concentration of carbon dioxide. *Plant, Cell and Environment*, 15: 541-549.
- CEULEMANS, R. & M. MOUSSEAU, 1994. Tansley Review N° 71. Effects of elevated atmospheric CO₂ on woody plants. *New Phytologist*, 127: 425-446.
- CONROY, J.P.; P.J. MILHAM; M. MAZUR; E.W.R. BARLOW, 1990. Growth, dry weight partitioning and wood properties of *Pinus radiata* D. Don. after two years of CO₂ enrichment. *Plant, Cell and Environment*, 13: 329-337.
- CONROY, J.P.; P.J. MILHAM; E.W.R. BARLOW, 1992. Effect of nitrogen and phosphorus availability on the growth response of *Eucalyptus grandis* to high CO₂. *Plant, Cell and Environment*, 15: 843-847.
- DRAKE, B.G. & M.A. GONZALEZ-MELER, 1996. More efficient plants: a consequence of rising atmospheric CO₂? *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48: 607-637.
- DYE, P.J. & B.W. OLBRICH, 1992. Heat pulse observations of *Eucalyptus grandis* transpiration in South Africa. In: *Growth and Water Use of Forest Plantations*. Calder et al., Eds. John-Wiley: 216-225.
- EAMUS, D., 1991. The interaction of rising CO₂ and temperatures with water use efficiency. *Plant, Cell and Environment*, 14: 843-852.
- EAMUS, D. & P.G. JARVIS, 1989. The direct effects of increase in the global atmospheric CO₂ concentration on natural and commercial temperate trees and forests. *Advances in Ecological Research*, 19: 1-55.
- ELDRIDGE, K. & R. N. CROMER, 1987. Adaptation and physiology of eucalypts in relation to genetic improvement. Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genetico de Especies Forestales. Buenos Aires, Argentina, CIEF: 1-15.

- GOUDRIAAN, J. & M. H. UNSWORTH, 1990. Implications of increasing carbon dioxide and climate change for agricultural productivity and water resources. *Impact of Carbon Dioxide, Trace Gases, and Climate Change on Global Agriculture*. ASA Special Publication Nº. 53: 111-130.
- HIGGINBOTHAM, K.O.; J.M. MAYO; S. L'HIRONDELLE; D.K. KRSTOFIAK, 1985. Physiological ecology of lodgepole pine (*Pinus contorta*) in an enriched CO₂ environment. *Canadian Journal of Forest Research*, 15:417-421.
- HOLLINGER, D.Y., 1987. Gas exchange and dry matter allocation responses to elevation of atmospheric CO₂ concentration in seedlings of three tree species. *Tree Physiology*, 3: 193-202.
- HOUGHTON, J.T.; G.J. JENKINS; J.J. EPHRAUMS (Eds.), 1990. *Climate Change - The IPCC Scientific Assessment*. Executive Summary. Cambridge University Press. New York. 364 p.
- IDSO, S.B. & B.A. KIMBALL, 1992a. Aboveground inventory of sour orange trees exposed to different atmospheric CO₂ concentrations for 3 full years. *Agricultural and Forest Meteorology*, 60: 145-151.
- IDSO, S.B. & B.A. KIMBALL, 1992b. Effects of atmospheric CO₂ enrichment on photosynthesis, respiration, and growth of sour orange trees. *Plant Physiology*, 99:341-343.
- ITO, S. & T. SUZAKI, 1990. Morphology and water relations of leaves of *Eucalyptus globulus* sprouts. *Bulletin of the Kyushu University Forests* (Reprint), 63: 37-53.
- JARVIS, P.G., 1989. Atmospheric carbon dioxide and forests. *Phil. Trans. Royal Society of London*, B-324: 369-392.
- KORNER, C. & J.A. ARNONE III, 1992. Responses to elevated carbon dioxide in artificial tropical ecosystems. *Science*, 257: 1672-1675.
- KRAMER, P.J., 1981. Carbon dioxide concentration, photosynthesis, and dry matter production. *Bioscience*, 31: 29-33.
- KUPPERS, M.; A.M. WHEELER; B.L.L. KUPPERS; M.U.F. KIRSHBAUM; G.D. FARQUHAR, 1986. Carbon fixation in eucalypt in the field. Analysis of diurnal variations in photosynthetic capacity. *Oecologia*, 70: 273-282.
- LAWLOR, D.W. & R.A.C. MITCHELL, 1991. The effect of increasing CO₂ on crop photosynthesis and productivity: a review of field studies. *Plant, Cell and Environment*, 14: 807-818.
- LIMA, W.P., 1993. *Impacto Ambiental do Eucalipto*. Editora da Universidade de São Paulo. 301 pp.
- MCNAUGHTON, K.G. & P.G. JARVIS, 1983. Predicting the effects of vegetation changes on transpiration and evaporation. *Water Deficits and Plant Growth*. Vol. VII. Academic Press: 1-47.
- NOBLE, I.R., 1989. Ecological traits of the *Eucalyptus* L'Herit, sub-genera *Monocalyptus* and *Symphyomyrtus*. *Australian Journal of Botany*, 37: 207-224.
- NORBY, R.J.; E.G. O'NEIL; R.J. LUXMOORE, 1986. Effects of atmospheric CO₂ enrichment on the growth and mineral nutrition of *Quercus alba* seedlings in nutrient-poor soil. *Plant Physiology*, 82: 83-89.
- OBERBAUER, S.T.; B.R. STRAIN; N. FETCHER, 1985. Effect of CO₂ enrichment on seedling physiology and growth of two tropical tree species. *Physiologia Plantarum*, 65: 352-356.
- PEREIRA, J.S.; J.D. TENHUNEN; O.L. LANGE; W. BEYSCHLAG; A. MEYER; M.M. DAVID, 1986. Seasonal and diurnal patterns in leaf gas exchange of *Eucalyptus globulus* trees growing in Portugal. *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 177-184.

- RADOGLU, K.M.; P. APHALO; P.G. JARVIS, 1992. Response of photosynthesis, stomatal conductance and water use efficiency to elevated CO₂ and nutrient supply in acclimated seedlings of *Phaseolus vulgaris* L. *Annals of Botany*, 70: 257-264.
- REEKIE, E.G. & F.A. BAZZAZ, 1989. Competition and patterns of resource use among seedlings of five tropical trees grown at ambient and elevated CO₂. *Oecologia*, 79:212-222.
- REYNOLDS, J.F.; J. CHEN; P.C. HARLEY; D.W. HILBERT; R.L. DOUGHERTY; J.D. TENHUNEN, 1992. Modelling the effects of elevated CO₂ on plants: extrapolating leaf response to a canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*, 61: 69-94.
- ROBERTS, J.; P.T.W. ROSIER; K.V. SRINIVASA MURTHY, 1992. Physiological studies in young *Eucalyptus* stands in Southern India and their use in estimating forest transpiration. In: *Growth and Water Use of Forest Plantations*. Calder et al. (Eds.). John-Wiley: 226-243.
- ROUHIER, H.; G. BILLES; P. BOTTNER; M. MOUSSEAU; M.M. COUTEAUX, 1992. The effect of increased atmospheric CO₂ concentration on the growth and nitrogen allocation of a woody plant (*Castanea sativa* Mill). In: *Responses of Forest Ecosystems to Environmental Changes*. Teller et al. (Eds.). Elsevier: 701-702.
- SAS Institute Inc, 1993. SAS / Insight® User's Guide, Version 6, Second Edition. NC. 490 p.
- SIONIT, N.; B.R. STRAIN; H. HELLMERS; G.H. RIECHERS; C.H. JAEGER, 1985. Long-term atmospheric CO₂ enrichment affects the growth and development of *Liquidambar styraciflua* and *Pinus taeda* seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 15: 468 - 471.
- WONG, S.C. & F.X. DUNIN, 1987. Photosynthesis and transpiration of trees in a eucalypt forest stand: CO₂, light and humidity responses. *Australian Journal of Plant Physiology*, 14: 619-632.
- WULLSCHLEGER, S.D.; R.J. NORBY; D.L. HENDRIX, 1992. Carbon exchange rates, chlorophyll content, and carbohydrate status of two forest tree species exposed to carbon dioxide enrichment. *Tree Physiology*, 10: 21-31.
- ZISKA, L.H.; K.P. HOGAN; A.P. SMITH; B.G. DRAKE, 1991. Growth and photosynthetic response on nine tropical species with long-term exposure to elevated carbon dioxide. *Oecologia*, 86: 383-389.

THE SUSTAINABILITY OF *Eucalyptus* COMMERCIAL PLANTATIONS: THE CONGOLESE APPROACH

Bouillet, J.P.¹, Nizinski, G.², Nzila, J.D.³, Ranger, J.¹

¹UR2PI/CIRAD-Forêt, BP 1291, Pointe-Noire, Congo. Fax: + 242-94-47-95

²ORSTOM, BP 1286, Pointe-Noire, Congo

³UR2PI, BP 1291, Pointe-Noire, Congo

⁴INRA, 54280 Champenoux, France. FAX +33-3-83-39-40-69 (corresponding author)

SUMMARY

It is essential that congolese research should be carried out on the fundamental problem of the sustainability of the commercial *Eucalyptus* plantations in the Kouilou area. This article first presents a scope of work and then examines the scientific questions arising from it. It goes on to develop a methodological approach and a projected schedule relating to a study on the biogeochemical cycles and the establishment of water and mineral balances. **Key words:** commercial plantations, sustainability, biogeochemical cycle, water balance, mineral balance, *Eucalyptus*, Congo.

I. INTRODUCTION

Since 1978, 43,000 ha of plantations have been set up on the savannah around Pointe Noire. The vast majority are planted with hybrid clones of *Eucalyptus* (*E. PF1* and *E. 12 ABL*saligna*). They have been found to be well suited to the conditions and, given an adequate silviculture of maintenance and fertilization, they perform well (20-25 m³/ha/year).

However, little is known about the durability of production concerning the nutrient needs of the plantations, nor about the effect this intensive culture has on the variation in soil fertility. This question is particularly relevant to the 20,000 ha on their second and third rotation and those planted on sandy, acidic and chemically very poor soil (NZILA, 1996). The sustainability of the plantations has therefore been identified by UR2PI as a priority for research. UR2PI is an association created with The Congo, CIRAD and ECO SA which has a mandate to carry out and coordinate research on the plantations.

II. SCOPE OF WORK

The sustainable management of an ecosystem should aim for a number of objectives. It should not only try to conserve the level of production, soil fertility and the biodiversity or quality of the surface water, but also to meet the economic and social needs of the inhabitants of the area (BARTHOD, 1994).

In our case, the focus will be to attain a level of production as close as possible to the optimum for the climatic conditions, both today and in the long term (MANICHON, 1996). This system must also lead to maximum profitability in the long term. It should use the most appropriate clones and optimize inputs and manpower. It is therefore necessary to define and understand some elements concerning production during a cycle and sustainable production.

Production during a cycle

Three points are apparent:

- The objectives of production in relation to potential production controlled by the climate (light energy and rainfall), taking into account the annual variabilities of these factors.
- The amount of nutritional factors needed to bring about these objectives, taking into account environmental inputs and losses.
- The conditions of the uptake of these factors and, thus, the installation mode of the root system in relation to implantation techniques (plantation, replantation,...).

Research work over the last 20 years has provided a number of results that are used (plantation spacing, fertilizing elements and doses,...).

Sustainable Production

Four points appear:

- The variation of water and nutrient resources and their sources in the medium and long term.
- The variation in the availability of water and nutrients.
- The consequences of these variations with regard to input needs.
- The consequences on the environment (fauna and flora, erosion,...).

Together, these different elements make the base for the research to be conducted on the sustainability of the production systems, *sensu stricto*.

III - SCIENTIFIC PROBLEMS

The research will be structured around a number of scientific problems.

1) The establishment of a production model on biomass potential.

It will be necessary to establish (perhaps by using groups of clones) a production model on biomass potential in relation to the climate (solar energy and pluviometry). It will also be possible to analyze the differences with this potential of the various production systems and to propose solutions (such as the use of fertilizers,...). Moreover, it should be possible to test the strength of the systems towards climatic variations. This is a medium-term objective (5 to 10 years) but work has already started on a project developed by ORSTOM (NIZINSKI, 1995).

2) A study on the biogeochemical cycle and the establishment of the water and mineral balances.

Most of the work in the next few years will concentrate on this problem. Further details follow in the fourth part of this article.

3) The dynamics and functioning of the root system.

In order to establish the water and mineral balances the root system has to be taken into account. Moreover, it is important to characterize it, in relation to the development of the above ground parts of the trees:

- The dynamics of implantation of the root system.
- The influence of age and silviculture (soil preparation,...) on the development of the root system and its functions source and sink for water and nutrients.

Initial work is already performed

(BOUILLET et al., 1997) which will eventually lead to a report of the development of SR, on the whole soil volume prospected by roots (at least to a depth of 5 metres), at both the tree and plantation level.

4) The evolution of the biological components during the production cycle in relation to time and space.

It is important to report on the eventual changes that could be induced by the production system in the areas of the soil micro-fauna (termites, bacteria,...) and in phytopathology and climatology.

5) The management of the area heterogeneity.

The management of the plantations has to take into account the heterogeneity of both inter areas (clone and age) and intra areas (slash/unloading inter-rows,...). A need therefore exists for a diagnostic method and/or a multi-criteria observation system showing early possible dysfunctioning of the plantations. For instance, foliar diagnostic could be very useful (BONNEAU, 1995).

IV. STUDY ON THE BIOGEOCHEMICAL CYCLE AND ESTABLISHMENT OF WATER AND MINERAL BALANCES

The nutrient cycle can be simplified through a model of compartments and fluxes (RANGER and BONNEAU, 1984) (Figure 1). The study of this cycle can lead to an assessment of, for example, the inputs and outputs of exchangeable elements and for the different time stages (vegetation season, year, rotation,...).

Previous Studies

Some studies dealing with the biogeochemical cycle have been undertaken on the plantations.

- On the nitrogen cycle (BERNHARD-REVERSAT, 1993, 1996 ; BERNHARD-REVERSAT et al., 1993). The soil under the *Eucalyptus* has a much higher potential for nitrogen mineralization than the soil under the savannah or *Acacia*. This mineralization is essentially ammoniacal, the nitrification being negligible.
- On the biomass and nutrient content of the plantations (LOUBELO, 1988 ; LOUMETO,

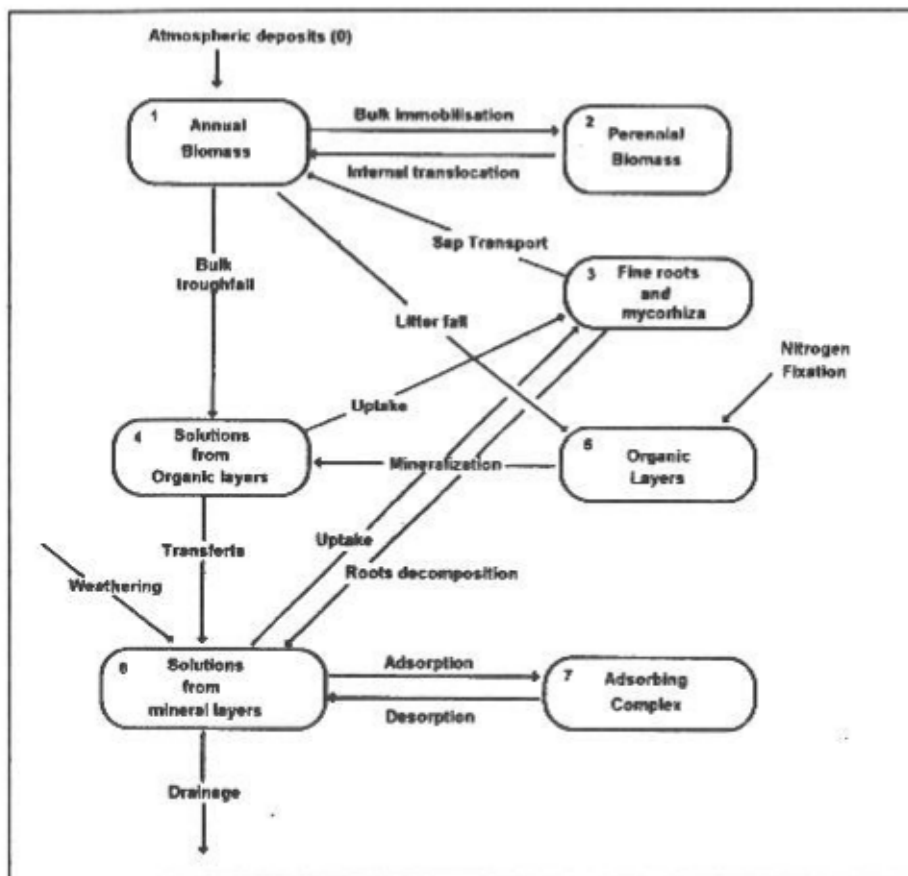


FIGURE 1. Representation of the functions of the forest ecosystems by a compartment and flux model (from RANGER, 1995)

1986). These studies were mainly carried out on the allocation of nutrients following the compartments of a tree. The number of individual trees was very small (3). Moreover the clone studied is used very little on the plantations. No conclusions can be drawn from these studies on the nutrients exported during harvesting.

The existing studies are, therefore, fragmentary and only supply a few of the elements needed for the establishment of a mineral balance of the plantations.

Anticipated Studies

Between 1997 and the end of 2000 a study will take place on the nutrient cycle and the

establishment of water and mineral balances on a planted crop E.PF1, clone 1-41. This clone has been planted the most (7,000 ha), is hardy and generally grows well. The initial vegetation was savannah. The station is moderately productive ($\approx 20\text{m}^3/\text{ha}/\text{year}$ at the end of a rotation: 7 years)

The nutrient cycle study is inspired mainly by the steps followed by the research team of INRA/Champenoux (RANGER, 1995). The water balance is to be carried out by a team from ORSTOM/Pointe Noire (NIZINSKI, 1995).

The work will consist of three parts.

1) A description of the state of the ecosystem at both the beginning and the end of the planted crop rotation.

A vegetation study

- In 1997 a botanical inventory will be carried out on the savannah and the planted crop.
- There will also be in 1997, an estimation by sampling of the biomass and the nutrient content of the above ground parts (the trunk, branches and leaves) of an 8 year-old stand.
- The root system will be described and thus on the whole soil volume prospected. It is projected that this operation will be spread over a number of years between 1997 and the year 2000 and will lead to:
 - an evaluation of the root biomass and nutrient content.
 - an identification of the preferred absorption zones of the roots and an estimation of the length of the absorbing roots.
 - an estimation of the biomass and nutrient content of the dead rootlets.

A soil study

- Between 1997 and 1998 a characterization of the principal parameters of the physics of the soil will be carried out which will permit a determination on the available water and hydrodynamics characteristics of the soils (bulk density, actual density, field capacity, wilting point, soil water potential, ...) for the whole section prospected.
- 1997-1998 will see the characterization of the mineral and organic stage: total chemical composition and the nutrients availability (total analyses, free and exchangeable elements) on the whole section prospected and on the first metre of soil of the stand. Mineralogical analyses will be carried out on some soil samples.
- Analyses reporting on the micro flora and fauna will also be carried out.

2) A study on the fluxes in the ecosystem

This study will lead to a better understanding of the dynamics, over a period of time, of the mineral and water functioning of the ecosystems being studied. It will necessitate the set-up of a lasting field design (rain gauges, lysimeters,...).

A study of water fluxes

- Between 1998 and 1999 the readily available water for the savannah and the planted crop will be estimated for saturated and stress

conditions for each of the different layers prospected.

- Between 1998 and 1999 drainage equations outside the savannah and planted crop ecosystems will be established.

A study on the fluxes of the nutrients

- An evaluation of atmospheric deposits (rain and dust) and leaching will be made along with an evaluation on the transfer of nutrients in the soil by gravitational solutions to the limit of the ecosystem. The composition of capillary solutions following the soil layers will be studied. This work will cover the savannah and the planted crop.
- A qualitative and quantitative estimation of root absorption on the planted crop will be carried out.
- The fixation, symbiotic or otherwise, of atmospheric nitrogen will be conducted on the savannah and the planted crop.
- On the planted crop, the dynamics of the return of organic matter and nutrients by the litter will be examined through mineralization tests in vitro and in situ.

These four operations will be carried out between 1998 and end of the year 2000.

- During 1997 and 1998 a study will be made on the dynamics of biomass and nutrient content incorporation in plantations of various ages covering the whole rotation of the planted crop.
- A model of weathering flux will be in place by the end of the year 2000 for both the savannah and the planted crop.

3) The establishment of the water and mineral balances. The consequences for the management of the plantations.

These assessments will follow on from the preceding studies.

ESTABLISHMENT OF THE WATER BALANCE

This balance will allow to reach a conclusion on the use of water resources by the planted crop compared to that of the savannah.

ESTABLISHMENT OF MINERAL BALANCES

- A balance of the stock of nutrients.

This balance is designed to provide information on whether or not the stock of nutrients is maintained between any two given dates (between the initial state of the savannah

and the harvesting of the first rotation or during the rotation). It will also be possible to estimate the risk of uptake restrictions.

The estimation can be used globally, indirectly, by using the following equation: (1)

Stock variation = atmospheric inputs + weathering + fertilization - drainage - immobilization in the wood - variation in the leaf and rootlet mineral mass - the variation of elements in the organic layers (RANGER, 1995).

The estimation can be used directly using the following equation: (2)

Stock variation for one layer = inputs through gravitational solution from the upper layer - losses of gravitational solution through drainage to the lower layer + the nutrient content of dead rootlets - root uptake of capillary solutions.

The total stock variation will be estimated by the sum of the variations calculated for each layer.

A comparison between the balances using equations (1) and (2) will provide:

- a validation of the global approach,
- a more detailed characterization on the sustained character of a system (an uptake limitation could become apparent at the level of one particular layer when there is no variation in global stock).

- The establishment of mineral inputs-outputs budget.

This will allow to judge if the system of culture being used is compatible with a sustainable maintenance of mineral fertility. The equation to establish is : budget = atmospheric inputs + weathering + fertilization - nutrient exported through harvesting - drainage (RANGER, 1995).

V. CONCLUSION

The study on the sustainability of forest plantations is obviously becoming an increasingly important theme in research. This problem is particularly acute for tropical countries or those plantations using fast growing species, such as the *Eucalyptus*, which are often planted in very poor soils. This huge area of research calls for the collaboration of different disciplines (silviculture, agronomy, pedology, ecophysiology,...) and the collaboration of countries (north and south).

Thus, there is a particular interest for networks (CIFOR,...).

As far as The Congo is concerned the first steps will focus on the biogeochemical study. This will lead to the establishment of the water and mineral balances on the planted crop of a clone which is used the most on the plantations. By the year 2000 the commercial plantations managers will have objective elements with which to judge which interventions it is necessary to use (lime, tillage, cover crops,...) on part of the plantations.

The work from this study will extend to the second rotation (coppice and plantation), to the stations of different fertility, to other clones, to other hybrids and in particular, to the *E. urophylla***grandis* which will have increasing importance in the coming years.

V. MEANING OF THE ACRONYMS

CIFOR: Center for International Forestry Research.

CIRAD: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

ECO SA: Eucalyptus du Congo Société Anonyme.

ORSTOM: Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération.

UR2PI: Unité de Recherche sur la Productivité des Plantations Industrielles

VI. REFERENCES

- BARTHOD C, 1994. Idées de nature et politique de l'Environnement: La forêt. La conférence d'Helsinki. Association des Ingénieurs de l'ENGREF, Bulletin N° 35, p.15-19.
- BERNHARD-REVERSAT F, 1993. Dynamic of litter and organic matter at the soil-litter interface in fast-growing tree plantation on sandy ferrallitic soils (Congo). Acta Oecol., 14: p.179-195.
- BERNHARD-REVERSAT F, 1996. Nitrogen cycling in tree plantations grown on a poor sandy savanna soil in Congo. Applied Soil Ecology, 4: p.161-172.

- BERNHARD-REVERSAT F, DIANGANA D, TSATSA M, 1993. Biomasse, minéralomasse et productivité en plantation d'Acacia mangium et Acacia auriculiformis au Congo. Bois et Forêts des Tropiques, 238: p. 35-44.
- BONNEAU M, 1995. Fertilisation des forêts dans les pays tempérés. ENGREF Nancy. Nancy, 367p.
- BOUILLET JP, OGNOUABIN, BAR-HEN A, 1997. Influence du mode de préparation du sol et des entretiens sur le développement racinaire d'eucalyptus hybride au Congo. Paper submitted to IUFRO meeting, "Silviculture and genetic improvement of *Eucalyptus*" Salvador, Bahia, Brazil, August 1997.
- LOUBELO E, 1990. Etude comparative de quelques éléments du fonctionnement de deux peuplements d'*Eucalyptus* au Congo. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Rennes, 150p.
- LOUMETO JJ, 1986. Contribution à l'étude de la distribution minérale dans les *Eucalyptus* du Congo. Thèse de Doctorat de troisième cycle en Sciences de la Vie et de l'Environnement, Université de Rennes, 133 p.
- MANICHON H, 1996. Les approches de la fertilité du sol: quelques éléments de discussion. Atelier: les indicateurs de diagnostic et de suivi des problèmes de fertilité. Atelier sur la fertilité des sols en zone tropicale humide, CIRAD (AGER), 13-17 novembre 1995, Montpellier, France, 8p.
- NIZINSKI G, 1995. Impact du reboisement sur les caractéristiques bioclimatiques de l'écosystème du littoral congolais: analyse des échanges d'énergie et de masse (H₂O, CO₂) entre savane, plantation et atmosphère. Projet de Recherche ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération), 14p.
- NZILA JD, 1996. Principales caractéristiques des sols des reboisements dans la région de Pointe-Noire - revue bibliographique. Pointe-Noire, UR2PI, Note interne, 15p.
- RANGER J, 1995. Le cycle biogéochimique des éléments nutritifs dans les écosystèmes forestiers. INRA, note interne, 108p.
- RANGER J, BONNEAU M, 1984. Effets prévisibles de l'intensification de la production et des récoltes sur la fertilité des sols de forêts. Le cycle biologique en forêt. Revue Forestière Française, vol XXXVIII, 2, p. 93-111.

WATER STRESS IN SEEDLINGS OF *Eucalyptus Camaldulensis* CLONES AND ITS EFFECTS ON GROWTH CHARACTERISTICS

Lemcoff, J.H.⁽¹⁾; Garau, A.; Guarnaschelli, A. and P. Prystupa

⁽¹⁾ Associate Professor (PhD in Ecology)

Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Av. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires, Argentina. e-mail: lemcoff@ifeva.edu.ar

ABSTRACT

Inter and intraprovenance variation was found among five clones of *Eucalyptus camaldulensis* in relation to growth responses to water stress. Water restriction affected leaf area in all clones and height was reduced significantly in only one of them. Hypothesis about physiological and/or morphological responses to stress are proposed to explain the results.

INTRODUCTION

Eucalypt plantations are present in several areas of Argentina with about 230.000 ha cultivated with these fast growing species. Plantations are generally exposed to abiotic (water, nutrients, frost) and/or biotic (herbivory, competence) stresses, mainly during the initial growth stages, being water availability one of the most limiting factors for establishment (Burdett, 1990; Margolis and Brand, 1990). Growth of eucalypt seedlings is not an exception (Bachelard, 1986; Myers y Landsberg, 1989).

However, these species exhibit different strategies resulting in drought tolerance (Stoneman, 1994b), that enable them to survive and grow in areas subjected to water deficits. Osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity, both contributing to turgor maintenance, have been detected in different eucalypt species (Ladiges, 1974; Myers y Neales, 1986; Wang *et al.*, 1988; Fan *et al.*, 1994; Lemcoff *et al.*, 1994). These mechanisms can be part of valuable strategies where wood production is the primary objective.

Genetic variation is conspicuous in species like *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. due to its wide distribution range (Midgley *et al.*, 1989). Interprovenance variation was documented specially in relation to root system, leaf production and seedling architecture

(Gibson *et al.*, 1995; Gibson and Bachelard, 1990/1991) when plants were submitted to water restrictions.

Phenotypically superior genotypes may result in a more successful establishment in drought-prone sites, and also, those individuals may have advantages in relation to interspecific competition (Nambiar and Sands, 1993). After selection, best individuals can be propagated as rooted cuttings or as seed production trees (Blake and Filho, 1988; Florence, 1996).

Due to the long growing cycle of eucalypt species, early selection based on solid ecophysiological knowledge, seems necessary.

In this paper we examined inter and intraprovenance variation in relation to water stress in eucalypt seedlings. We analyzed growth responses of five *E. camaldulensis* Dehn. clones after a drought cycle. This species has been selected because of its importance in Argentina (Golfari, 1985) and its contrasting ability to develop osmotic and elastic adjustment (Lemcoff *et al.*, 1997).

MATERIAL AND METHODS

Five clones of *E. camaldulensis* Dehn. were obtained from a collection of the National Institute of Agricultural Technology (INTA) (Castelar, Argentina): 106 and 109 from Gilgandra (New South Wales), 125 and 119 from Lake Albacutya (Victoria) and 105 from Condamine (Queensland).

Seedlings were rooted during January 1996 in a greenhouse with controlled temperature (26/28°C) and humidity (95%), following Rodriguez Traverso and Bunse (1991) methodology and were transplanted to plastic pots (diameter 0.1 m, depth 0.2 m) containing sieved topsoil of medium texture. Plants were laid out in a completely randomized design at a density of 100 plants/m² and were allowed to

growth with no water restriction (April to June) in the field of the Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (34°30'S, 58°30'W). When plants reached five months old the water restriction treatment began. Control plants were kept with water soil at field capacity. Water lost daily, estimated by pot weight difference, was replenished. Water stressed plants were gradually submitted to water restriction. During the first term (20 days), daily water supply was equivalent to 50% of the control. Supply diminished to 20% in the next 21 days (second term), and was nil during the last five days (third term). End point was established when dawn relative water content (RWC) of stressed plants of one of the clones failed under 52 %. RWC was estimated following Barrs and Weatherley (1962).

Leaf area of control and stressed plants was estimated by a non destructive technique, using models that considered blade length and maximum or medium blade width. To develop regression models, six plants per clon were selected previously. Variables of all leaves were measured with ruler and leaf area was obtained using a leaf area meter (LI-3000, LI-COR Inc; Lincoln, Nebraska).

Seddlings height was measured using a ruler with 0.1 cm intervals.

Relative growth rate (RGR) was calculated for both leaf area and height

Results were processed through analysis of variance (Little and Hills, 1978). Separation of means, when performed, was done using Tukey test ($P < 0.05$). Statistical analysis were

done using SAS System (SAS Institute Inc., 1987)

RESULTS AND DISCUSSION

Relative water content:

At the end of the drought cycle water status of control and stressed plants was characterized by leaf RWC (Table 1). Under water restriction there were interprovenance variation. *Gilgandra* clonal lines (109 and 106) had the lower values, without significant differences between them. *Lake Albacutya* clones (119 and 125) had higher values but responses were different between them. Finally RWC in *Condamine* clon (105) was similar to 119 one.

Leaf area:

Leaf area inicial and at the end of the first term, was similar among clones and between water levels. When water stress was intensified (second and third terms), it restricted significantly (highly significant in clon 125) leaf expansion in clonal lines, confirming the sensibility of this process to drought (Fig. 1).

Under conditions of optimal water availability, RGR was bigger in *Lake Albacutya* clones (125 and 119), followed by *Gilgandra* clones (109 and 106). Small increment was observed in *Condamine* clon (105). Although there was no significant differences among clones. Under stress conditions, significant reduction in leaf area was observed in clones 125 (*L. Albacutya*) and 105 (*Condamine*) in relation to 119 (*L. Albacutya*).

TABLE 1. Leaf RWC at dawn of control and stressed eucalypts clones at the end of the drought cycle

	RWC Control	RWC Stress
109	0.915	0.523
106	0.87	0.572
125	0.922	0.791
119	0.902	0.670
105	0.922	0.791

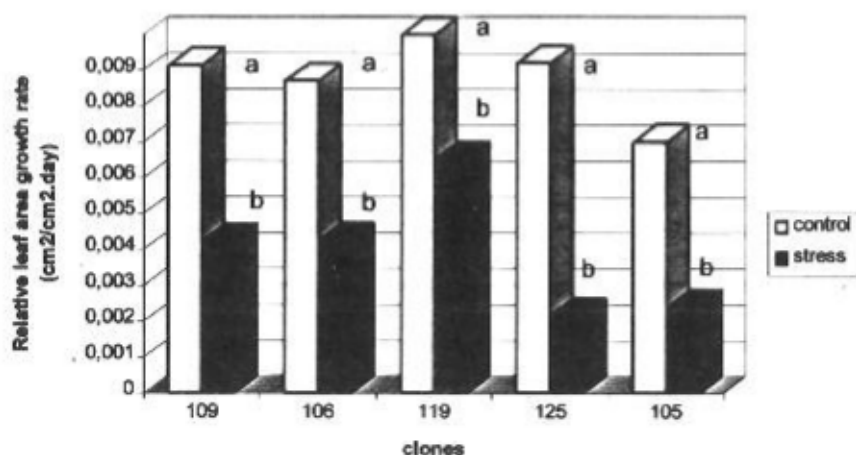


FIGURE 1. Relative leaf area growth rate of eucalypt clonal seedlings, with (stress) and without water stress (control) during the last two drought terms.

TABLE 2. Initial, final and difference in height (cm) in eucalypts clonal seedlings with (stress) and without (control) water restriction.

	109		106		119		125		105	
	contr.	stress	contr.	stress	contr.	stress	contr.	stress	contr.	stress
Initial height (cm)	20.7	20.9	25.4	25.1	21.8	21.6	19.3	19.8	17.7	19
Final height (cm)	24.9	22.7	29.6	27.7	25	23.7	21.6	21.3	19.7	19.8
Difference (cm)	4.2	1.8	4.2	2.6	3.2	2.1	2.3	1.5	2	0.8

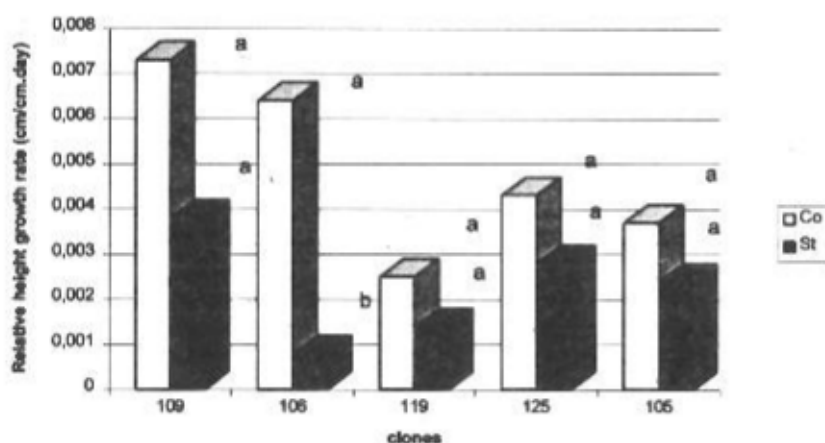


FIGURE 2. Height relative growth rate of eucalypt clonal seedlings, with (St) and without water stress (Co), for the second and third drought terms.

Height:

Initial height was similar among clones except for 106 that presented the tallest plants. Clones 109 and 106 controls had the biggest height values during the whole trial but they strongly suffered the effect of water stress (Table 2).

Under control conditions clone 105 showed significant differences in relative height growth rate. Water restriction affected all clones, and its effect was highly significant in clone 106 being that reduction significant too among clones.

DISCUSSION

During the first term of the water restriction period, water stress did not affect significantly leaf area and/or height of *E. camaldulensis* clones. However, the most severe drought established during the second term, reduced significantly both height and leaf area in some clones.

Leaf area and shoot reduction caused by water stress were shown by Pereira y Kozłowski (1976) working in *E. camaldulensis* seedlings, and by Metcalfe *et al.*, (1990) in *E. globulus*.

Our results demonstrate the existence of interprovenance variation between Lake Albacutya, Gilgandra and Condamine clonal lines. Interprovenance variation was also detected in *E. camaldulensis* clonal lines from five different geographical locations in Australia (Farrel *et al.*, 1996). But also, intraprovenance variation is reported here in relation to a drought cycle. Gilgandra clones (109 and 106) responded in a similar way to the water stress treatment in relation to leaf area reduction, but not in height growth. Intraprovenance variation was also present in Lake Albacutya clones, mainly in leaf area, as 125 was highly affected. Although all clones diminished leaf area in a significant way, it seems the clone 119 showed a "more tolerant" response to the drought imposed.

Even though previous studies (Lemcoff *et al.*, 1997) demonstrated differences between clones in their ability to develop osmotic and elastic adjustment, no a strong relation between these strategies and leaf area expansion was found. However, *E. camaldulensis* has the ability to develop a deep root system and

reduce their stomatal conductance under water stress conditions (Pereira and Kozłowski, 1976; Farrel *et al.*, 1996). We hypothesize that reduction in stomatal conductance and/or a change in allocation, favoring root development may also explain differences between clon lines.

BIBLIOGRAPHY

- Bachelard, E. P. 1986. Effectes of soil moisture stress on the growth of seedlings of three eucalypt species. II. Growth effects. *Aus. For. Res.* 16: 51-61.
- Barrs, H. and P. Weatherley. 1962. A reexamination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Austr. J. Biol. Sci.* 15: 413-428.
- Blake, T. and W. Suiter Philo. 1988. Drought tolerance, growth partitioning and vigor in eucalypt seedlings and rooted cuttings. *Tree Physiol.* 4:325-335.
- Burdett, A. N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Can. J. For. Res.* 20: 415-427.
- Farrel, C.C.; Bell, T. D. Akilan, K. and J. K. Marshall. 1996. Morphological and physiological comparison of clonal lines of *Eucalyptus camaldulensis*. I. Responses to drought and waterlogging. *Aust. J. Plant. Physiol.* 23: 497-507.
- Fan, S.; Blake, T. J.; and E. Blumwald. 1994. The relative contribution of os elastic and osmotic adjustment to turgor maintenance of woody plants. *Physiologia Plantarum* 90: 414-419.
- Florence, R. 1996. Ecology and Silviculture of eucalyptus forests. CSIRO. 413 pp.
- Gibson, A. and E. P. Bachelard. 1990/1991. Stress related changes in the architecture of seedlings of three provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Water, Air and Soil Pollution* 54: 315-322.
- Gibson, A.; Bachelard, E. P.; and K. T. Hubick. 1995. Relationships between climate and provenance variation in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. *Aust. J.*

- Plant. Physiol.* 22: 453-460.
- Golfari, L. 1985. Distribución regional y condiciones ecológicas de los eucaliptos cultivados en la Argentina. Problemas inherentes. Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales, Buenos Aires, Argentina. Publ. Tecn. 1.
- Ladiges, P. Y. 1974. Variation in drought tolerance in *Eucalyptus viminalis* Labill. *New Phytol.* 75: 53-62.
- Lemcoff, J.H., Guarnaschelli, A. B.; Garau, A. Bascialli, M. E. and C. M. Ghersa. 1994. Osmotic adjustment and its use as selection criterion in *Eucalyptus* species. *Can. J. For. Res.* 24: 2404-2409.
- Lemcoff, J.; Garau, A.; Guarnaschelli, A. and P. Prystupa. 1997. Water stress tolerance in *Eucalyptus* clones. Accepted XI World Forestry Congress. Antalya, Turkey.
- Little, T.M. and Hills, F.J. 1978. Agricultural Experimentation. Design and Analysis. Wiley, New York. 350 pp.
- Margolis, H. A. and D. G. Brand. 1990. An ecophysiological basis for understanding establishment. *Can. J. For. Res.* 20: 375-390.
- Metcalf, J. C.; Davies, W. J. and J. S. Pereira. 1990. Leaf growth of *Eucalyptus globulus* seedlings under water deficit. *Tree Physiol.* 6: 221-227.
- Midgley, S. J.; Eldridge, K. G. and J. C. Doran. 1989. Genetic resources of *Eucalyptus camaldulensis*. *Commonw. For. Rev.* 68(4): 295-308.
- Myers, B. A. and T. F. Neales. 1986. Osmotic adjustment, induced by drought, in seedlings of *Eucalyptus* species. *Aust. J. Plant Physiol.* 13: 597-603.
- Myers, B. A. and J. J. Landsberg. 1989. Water stress and seedling growth of two eucalypt species from contrasting habitats. *Tree Physiol.* 5: 207-218.
- Nambiar, E. K. S. and R. Sands. 1993. Competition for water and nutrients in forests. *Can. J. For. Res.* 23: 1955-1968.
- Pereira, J. S. and T. T. Kozłowski. 1976. Leaf anatomy and water relations of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. globulus* seedlings. *Can. J. Bot.* 54: 2868-2880.
- Rodríguez Traverso, J. and G. Bunse. 1991. Multiplicación por estacas en especies de eucaliptos. In Jornadas sobre eucaliptos de alta productividad. Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales. Bs. As. Tomo I: 178-182.
- SAS Institute Inc. 1987. SAS/Stat guide for personal computers, version 6 edition. Cary, NC.
- Stoneman, G. L. 1994. Ecology and physiology of establishment of eucalyptus seedling from seed: A review. *Aus. For. Res.* 5: 11-30.
- Wang, D.; Bachelard, E. P. and C. G. Banks. 1988. Growth and water relations of two subspecies of *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiol.* 4: 129-138.