

– modificação de sistemas tradicionais – entende-se que sistemas de uso da terra têm sido desenvolvidos ao longo do tempo, e que por mudanças socioeconômicas e de entendimento global do universo, é importante buscar alternativas que não só possibilitem a manutenção da produtividade, assim como aumentem a eficiência na utilização dos recursos naturais. Neste caso específico, o enfoque é o tradicional sistema de derruba e queima, que depende fortemente de uma fase de pousio para a manutenção da sua produtividade;

– desenvolvimento de novos sistemas – esta abordagem preconiza sistemas de policultivo com plantas perenes, tanto do ponto de vista florestal como de fruteiras e espécies de alto valor econômico agroindustrial, supondo que a diversidade biológica da área plantada contribui à estabilidade e sustentabilidade tanto ecológica como econômica dos respectivos sistemas.

Além dos aspectos de incorporação/manutenção dessas áreas ao processo produtivo, a longo prazo espera-se que tais sistemas possibilitem a utilização de tais áreas por um período tal, que venha a refletir tanto no processo de migração para outras frentes agrícolas ou áreas urbanas, quanto no processo de conservação das matas primárias.

Os projetos e seus resultados aqui reportados representam um esforço conjunto de instituições financiadoras, de pesquisa e ensino, tanto brasileiras como alemãs em busca de respostas e entendimentos com o objetivo comum de promover o desenvolvimento equilibrado desse singular ecossistema amazônico.

Milton Kanashiro (Embrapa - Amazônia Oriental)
Manfred Denich (IAT - Universidade de Göttingen)
Editores

I. USO SUSTENTADO DE PLANTACÕES FLORESTAIS

1	INTRODUÇÃO	13
2	METODOLOGIA	14
2.1	Levantamento de nutrientes na biomassa e no solo.....	14
2.2	Perdas de nutrientes por conversão, por queima e lixiviação.....	16
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1	Exportação de nutrientes em plantações de <i>Eucalyptus spp.</i>	17
3.1.1	A exportação de nutrientes em plantações de <i>Eucalyptus urograndis</i> na Amazônia Oriental (Jari)	17
3.1.2	Exportação de nutrientes em plantações florestais de <i>Eucalyptus tereticornis</i> e <i>Eucalyptus urophilla</i> no Maranhão e no sul do Pará.	20
3.1.3	Exportação de nutrientes pelo <i>Pinus caribaea</i>	25
3.2	Transferência de nutrientes para a atmosfera devido à queima dos restos orgânicos	25
3.2.1	Lixiviação de nutrientes da clareira (após derrubada)	26
3.2.2	Total de nutrientes transferidos da clareira	27
3.2.3	Nutrientes transferidos direto para a atmosfera	27
3.3	Dinâmica de água e de nutrientes durante a fase de conversão	28
3.4	Plantações de espécies arbóreas nativas	36
3.4.1	Exportação de nutrientes durante a renovação das plantações de <i>Hevea</i>	38
3.4.2	Exportação de nutrientes nos plantios de espécies nativas para madeira	40
3.4.3	Perdas e danos nas copas de <i>Cordia goeldiana</i> e degradação local	41
4	PUBLICAÇÕES E OUTROS MEIOS DE DIFUSÃO	42
5	INSTITUIÇÕES E PESQUISADORES PARTICIPANTES	44
6	REFERÊNCIAS	45

I. USO SUSTENTADO DE PLANTAÇÕES FLORESTAIS

1 INTRODUÇÃO

Um modo de utilização de áreas degradadas e abandonadas é o plantio de árvores. Em propriedades de pequenos agricultores, este poderia ser um meio de produção – madeira para piquetes de cercado, carvão vegetal – em áreas de produção de pimenta abandonadas, ou em áreas de vegetação secundária melhorada (capoeira). Para plantios de média escala, poderiam substituir as extensas pastagens abandonadas, bem como, áreas inutilizadas após operações de mineração. Plantios em larga escala, em áreas naturais não florestais (campos cerrados) no Amapá e no Brasil Central, mas também em substituição da floresta natural, como no Jari (Fearnside *and* Rankin, 1980).

Na região operacional do projeto (Pará, nordeste do Maranhão), os plantios florestais concentram-se para produção de papel, fibras de madeira e carvão vegetal, usando-se espécies de rápido crescimento. Algumas empresas já operam em larga escala, enquanto outras estão, ainda, em fase experimental. Formas alternativas de produção madeireira não têm sido buscadas na região, exceto para algumas áreas experimentais com espécies arbóreas nativas (Santarém) e algumas pesquisas sobre produção de madeira de subsistência para pequenos produtores em Belém. Por esta razão, a ênfase no presente projeto tem sido dada para espécies de rápido crescimento com curtos ciclos de produção, apesar de alguns outros aspectos também serem considerados.

Em plantios florestais a madeira é usualmente produzida em monocultura. Rotações seguidas sem pousio ou rotações de espécies planejadas. O sistema apresenta uma monocultura simples. O sucesso e a sustentabilidade a longo prazo dependem, de um lado, de um direcionamento genético e silvicultural competente. Igualmente importante é o reconhecimento que – como na produção agrícola – a fertilidade do solo tem de ser mantida e que isto influencia a produtividade (Fölster, 1996).

O projeto SHIFT “Uso sustentável de plantações florestais”, tem focalizado suas atividades de pesquisa sobre um aspecto, a fertilidade do solo, que é o suprimento de nutrientes, embora outros problemas, como a compactação do solo, reserva de água ou erosão, possam ser gravemente limitantes sob certas condições locais. Este enfoque pode ser justificado:

- muitos solos nos trópicos úmidos são mal abastecidos com nutrientes e deficientes na retenção destes. Esta característica pode não ser tão aparente na(s) primeira(s) rotação(ões) após uma conversão da floresta primária, porém é dominante em áreas degradadas ou abandonadas após uso da terra.

- Plantios florestais com espécies de rápido crescimento representam um sistema de cultivo relativamente intenso. No final de cada rotação, enorme quantidade de nutrientes é exportada das áreas junto com a madeira e casca dos troncos coletados (perdas por exportação). O corte e a preparação do local para a próxima rotação incluem vários processos que resultam em uma perda adicional de nutrientes (perda por conversão), como nas

queimas da biomassa residual (folhas, galhos, litereira), empobrecimento do humus do solo e das raízes mortas da biomassa do solo. Ambos os processos liberam nutrientes para a atmosfera e lixiviação. Em uma superfície descoberta do solo, a lavagem superficial e o vento podem também, provocar perda de nutrientes contidos nas cinzas após a queima.

- Este dreno de nutrientes põe em risco a sustentabilidade dos plantios florestais em rotações subseqüentes (Ulrich *et al.* 1975, Chijike, 1980, Hase *and* Fölster, 1983). Considerando-se esse fato, é surpreendente que a maioria dos plantios nos trópicos úmidos opere com um mínimo de conhecimento sobre a quantidade de nutrientes envolvidos, relativos não só às perdas ocorridas como também à avaliação das reservas no solo. A explicação mais provável é: o conceito de plantio florestal origina-se em regiões temperadas, geralmente possuindo solos ricos e árvores de crescimento lento. Com rotações de 100 anos de duração, as perdas de nutrientes foram ignoradas, ou até, nem consideradas. A transferência desta atitude – injustificada – para espécies de rápido crescimento nos trópicos (5 a 20 rotações por 100 anos), com enorme produção de madeira e com maior freqüência de distúrbios entre rotações, tem certamente de ser considerada como um dos muitos repasses de conceitos não analisados, ocorrida durante a história das aventuras européias nos trópicos.

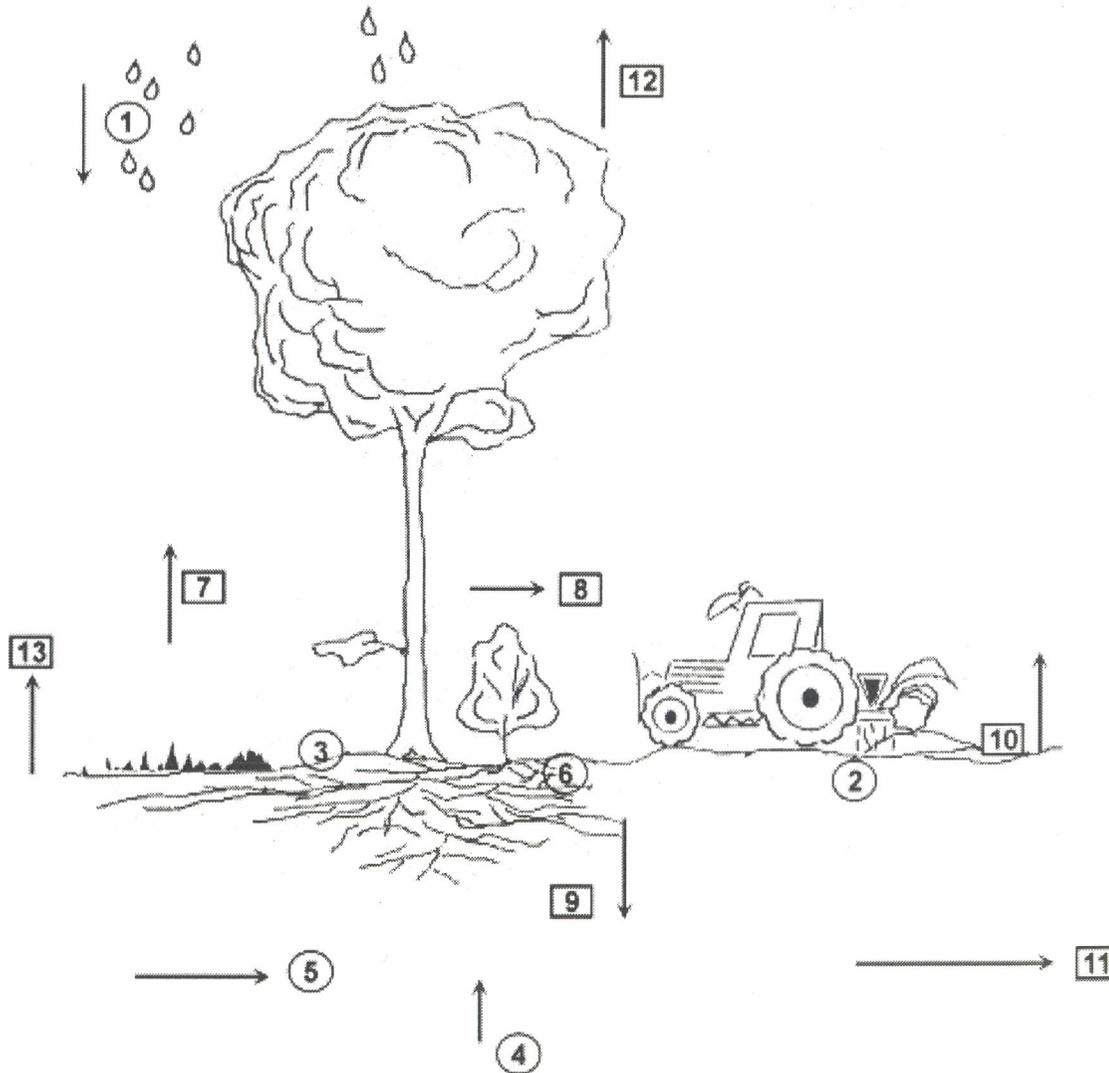
A figura 1, a seguir, resume os diferentes fluxos de água e nutrientes em sistemas de plantio, os quais podem ser importantes para o manejo de plantações. No presente projeto de pesquisa, foram estudados somente os maiores fluxos; as sínteses e as estimativas de perda por exportação e conversão não foram ainda iniciadas.

2 METODOLOGIA

2.1 Levantamento de nutrientes na biomassa e no solo

A concentração de nutrientes coletados na madeira e casca varia de acordo com as espécies, (e proveniência do material plantado selecionado), a idade do *stand* no momento do corte e as condições locais (clima, solo) porém, também, dos tratamentos silviculturais (i.e. operações de limpeza). A reserva de nutrientes no solo pode também variar enormemente dentro das parcelas da mesma plantação. Resultados exatos requerem levantamentos das parcelas, implicando grande quantidade de análises caras. Entretanto, estimativas menos precisas de perdas já ajudariam o silvicultor a planejar as demandas a longo prazo e o suprimento de nutrientes. Ele já possuiria o controle do esperado rendimento em madeira. Ele não poderia esquivar-se de um levantamento do estoque de nutrientes no solo, no mínimo, dos macroelementos. Não é possível fornecer ao silvicultor uma fórmula mostrando as concentrações de nutrientes nos troncos e casca em função das espécies, idade, solo, etc. Foi começada, entretanto, a montagem de um banco de dados que deve incluir tantos dados quantos for possível, para os diversos casos, com os quais o silvicultor poderá optar pela aplicação da mais apropriada aproximação para a sua situação. O caso estudado no presente trabalho pode, então, ser considerado uma ampliação dos dados básicos, especificamente para a Amazônia Oriental.

FIGURA 1 – Fluxo de nutrientes em plantações florestais.



Positivo:

1. Chuva
2. Fertilização, melhoramento
3. Freixo da biomassa queimada
4. Desgaste das rochas
5. Absorção lateral
6. Decomposição



Negativo:

7. Volatilização
8. Transporte de cascas e madeira
9. Lixiviação
10. Erosão
11. Perdas de drenagem
12. Transpiração
13. Saída de gases do solo

Parcelas de cultivos foram analisadas por meio da altura e diâmetro. A biomassa do *stand* (madeira, casca, copa), foi estimada por regressão mediante d^2h , baseada na biomassa dos compartimentos do selecionamento das árvores colhidas. Os compartimentos adicionais como liter, madeira morta e espécies rasteiras foram estimadas pela amostragem da área, porém não serão considerados no presente contexto. A concentração de nutrientes foi analisada nos compartimentos e esses resultados foram usados para calcular a reserva de nutrientes na biomassa. A quantidade de nutrientes do solo relaciona-se às análises de cinco amostras (mistura de 20 amostras simples), uma para cada das quatro profundidades dentro de um metro.

Esta metodologia foi aplicada para 46 *stands* de espécies de rápido crescimento de *Eucalyptus* e *Pinus* com rotação entre 4,5 a 9 anos. Vários plantios de espécies nativas (*Hevea*) ou plantios experimentais com a idade do *stand* acima de 30 anos foram estudados com uma pequena modificação na metodologia.

2.2 Perdas de nutrientes por conversão, por queima e lixiviação

Dados significativos para estes processos somente podem ser obtidos através de experimentação e monitoramento prolongados do fluxo de nutrientes dentro do ecossistema, durante e após os distúrbios ocorridos. Todas as tentativas para se chegar a tais informações por meio de repetidas análises de nutrientes do solo e na biomassa, com intervalo de tempo de um a dois anos têm falhado, principalmente porque é grande a variação espacial da concentração de nutrientes encontrada geralmente no solo. Como tais estudos de monitoramento requerem alto nível de instrumentalização, cuidado e análise das entradas, estes instrumentos tiveram de estar concentrados em áreas próximas à Belém.

A instrumentalização consiste de:

- um conjunto de cápsulas cerâmicas (lisímetros) em várias profundidades de solo, com o qual a solução do solo é extraída com intervalos bi-semanais. Análises químicas da solução revelam uma mudança na composição química durante e após os distúrbios, os quais são causados em consequência do corte raso da floresta ou da plantação;
- um conjunto similar de cápsulas cerâmicas, também colocado em profundidades variadas no solo, porém planejado para medir a tensão de água do solo. O gradiente vertical de tensão de água determina a direção e intensidade do movimento da água no solo. Com o auxílio de informações sobre a porosidade do solo e a condutividade da água, precipitação e alguns dados microclimáticos, é possível uma simulação computadorizada do total de água no sistema e aquela interna lixiviada, através da coluna do solo por unidade de tempo. Ambos os dados combinados dão uma estimativa das perdas de nutrientes via lixiviação.

A tensão de água do solo e os dados microclimáticos foram registrados automaticamente em intervalos de 15 minutos. Estes ajudam a estimar os movimentos de água em

eventos individuais de chuva e incrementam os dados de laboratório sobre porosidade e condutividade. Ocorreram alguns eventos de chuva intensa, entretanto, houve alguns problemas na simulação do programa que precisaram ser resolvidos.

Perdas de nutrientes para a atmosfera, via transporte e volatilização de partículas, foram estudadas pelas avaliações antes e após a queima, mas somente da biomassa residual (restos orgânicos) deixados sobre a superfície do solo após o corte raso do *stand* e remoção dos troncos. Para este propósito, os restos orgânicos foram deixados em cima de 72 placas de metal (por parcela) antes da queima, na camada superficial do solo.

Como o resíduo de biomassa perde nutrientes por lixiviação durante o período entre o corte e a queima, com a secagem do material, esta perda por lixiviação precisa ser estudada em experimentos individuais.

A maioria das análises químicas foi estudada no laboratório do Instituto de Ciências do Solo e Nutrição Florestal, Universidade de Göttingen. Métodos padronizados (extrato por pressão com HNO₃, AAS, Colorímetro de fluxo contínuo, C/N-Análises) foram usados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Exportação de nutrientes em plantações de *Eucalyptus spp.*

3.1.1 A exportação de nutrientes em plantações de *Eucalyptus urograndis* na Amazônia Oriental (Jari)

Esta é uma área de plantio florestal extensivo no norte do Rio Amazonas, na Amazônia Oriental (Pará) do Brasil (Jari Celulose S. A., Monte Dourado). Os solos são Oxisols originados de sedimentos de pleistocenos tardios, mais ou menos diferenciados, mostrando diferentes camadas sedimentares. Os solos das áreas estudadas por Spangenberg (1994) variam na posição do declive, teor de argila e no número de rotações prévias cultivadas por espécies de rápido crescimento. Os solos são ácidos, mas a CTC dos solos caulíníticos é baixa e a diminuição de bases do complexo de troca atinge uma profundidade de vários metros. O nível de reserva de bases catiônicas (0-100 cm) é estreita e com baixo teor:

K ® 40 - 380 kg/ha

Mg ® 80 - 290 kg/ha

Ca ® 13 - 1360 kg/ha

As reservas de nutrientes nos solos não têm correlação com a posição da declividade ou com o teor de argila, porém uma influência do uso prévio da área (i.e. o número de

rotação de *Gmelina aborea*, *Pinus caribaea* e *Eucalyptus urograndis*) sobre o estoque de Ca e de Mg pode ser mostrado.

Para estudar a exportação de nutrientes com a madeira e a casca do tronco, 13 áreas de *Eucalyptus urograndis* (*E. orograndis* x *E. grandis*) foram selecionados com a idade de 4,5 anos, normal idade que atualmente é efetuado o corte. Os dados de três áreas estão reproduzidos na tabela 1 (Spangenberg *et al.* 1996).

TABELA 1: Exportação de nutrientes (kg/ha), durante o corte de madeira e de casca de tronco (em parenteses: total de biomassa t/ha) com idade de 4,5 anos de *Eucalyptus urograndis*, e nível de nutrientes deixados a 100 cm de profundidade de solo, em três áreas (a-c), Jari, Amazônia Oriental.

	N	P	K	Ca	Mg
a) Solo	12924	1350	150	1365	253
Exportação (109)	245	12	154	581	50
b) Solo	3548	1268	45	435	117
Exportação (91)	204	9	128	452	42
c) Solo	11676	3606	301	13	161
Exportação (88)	197	10	124	254	40

As perdas de N são pequenas, enquanto que para P não são significativas, comparadas com as reservas totais destes elementos. A questão é, entretanto, qual a extensão e a rapidez com que esta reserva pode ser mobilizada, uma vez que a produção dependeria mais da facilidade de mobilização de N e P – para os quais não há métodos de extração satisfatórios aplicáveis aos solos florestais. A demanda real pode ser encontrada somente através de experimentos com fertilizantes.

Isto é diferente no caso de bases catiônicas, no mínimo até o ponto em que os cátions trocáveis estão disponíveis às plantas. Embora o estoque de Mg no solo sempre exceda o total exportado com o último corte, este não é o caso do Ca e do K. A reserva de K deixada no solo cai abaixo das quantidades exportadas em quatro das 13 áreas. No caso do Ca, isto já ocorre em seis das 13 áreas. A maioria dos solos está isenta de Ca trocáveis, um fenômeno que é raro até mesmo em solos tropicais. Treze kg/ha de Ca (solo C, tabela 1) é o nível para elementos traços. A tabela 1 mostra que o K e o Ca não variam correlacionadamente, apesar de ambos terem um baixo nível, se comparadas as exportações dos mesmos.

A média das perdas por exportação de bases catiônicas nas 13 áreas foi de 90 kg/ha de K, 313 kg/ha de Ca e 32 kg/ha de Mg. Russel, 1983, também no Jari, estimou as perdas

em uma ordem de magnitude similar para *Pinus caribaea*, com 11 anos de idade, e para *Gmelina arborea*, com 8,5 anos de idade. Jorgenson e Wells, 1986, obtiveram uma fixação média de *Eucalyptus spp*, com 6 anos, de diferentes origens com uma biomassa similar à de Spangenberg, (93 t/ha de madeira e casca) com um potencial de exportação de 170 (N), 14 (P), 262 (K), 312 (Ca) e 52 (Mg) kg/ha de nutrientes. Doze dos nossos *stands* representantes da 2ª para a 4ª rotação, o que significa que de 1 a 3 rotações de *Gmelina*, *Pinus* ou *Eucalyptus* já extraíram sua parte das bases catiônicas dos solos e deixaram estes fortemente empobrecidos.

A extraordinariamente alta fixação de Ca em *Eucalyptus* de somente 4,5 anos, encontra-se principalmente na casca. Embora a casca componha somente 13% do tronco exportado, ela contém 87% do total de Ca, 48% do total de K e 68% do total de Mg. Isto mostra que a questão sobre a casca dever ser deixada ou retornada para o campo tem de ser considerada muito seriamente, também do ponto de vista econômico. A exportação da casca implica uma compensação adicional de fertilizantes de 272 kg/ha de Ca, 43 kg/ha de K e 22 kg/ha de Mg em cada rotação.

A justaposição que existe entre a exportação dos nutrientes e a reserva nos solos na tabela 1 mostra que a situação é tão próxima e que, pelo menos no caso do Ca e do K, não há praticamente uma reserva em excesso, e isto ainda sem considerar as perdas ocorridas por outros processos (queima da biomassa residual, lixiviação, erosão), nem com o possível ganho pela deposição atmosférica. Não se sabe a profundidade que o sistema radicular é capaz de desenvolver em seu curto ciclo de vida (Proctor, 1992), nem a capacidade para captar nutrientes no processo de lixiviação. Existem também dúvidas com respeito à quantidade mínima de nutrientes necessária para que um *stand* produza uma biomassa desejável e economicamente rentável (Turner, 1981). A concentração de elementos, atualmente, encontra-se exatamente nos compartimentos dos *stands* coletados. Não foram encontradas correlações nas concentrações de nutrientes nos compartimentos das plantas com o estoque dos respectivos elementos no solo, exceto no caso do Ca, que pode sugerir que o sistema tenha chegado ao seu nível crítico de exaustão de Ca. A comparação das perdas por exportação e as reservas de nutrientes do solo tem sido considerada uma necessidade, mas ainda muito rudimentar.

Equilibrar a exportação de nutrientes por meio de fertilizantes (Fearnside *and* Rankin 1982, Jordan, 1985) não é somente uma questão econômica, mas também técnica. Em solos de floresta temperada, extremamente acidificados por chuva ácida, a transferência de CaCO₃ aplicados diretamente no subsolo para melhorar as condições para o sistema radicular está provando ser um processo muito lento. Primeiro poderíamos esperar que as chuvas intensas nos trópicos úmidos acelerassem este processo. Entretanto, fertilizando e limitando os cultivos contínuos no Yurimagua, Peru, reduziu-se a acidez do solo abaixo de 45 cm de profundidade do solo, porém não acima, mesmo após 7,5 anos (Bandy & Sanches, 1986). Mas como transferir a reposição de Ca direto na camada do solo, entre 50 e 100 cm, continua em aberto. A casca é usada no Jari para gerar energia. É praticável retornar a cinza para o campo? (Ohno e Erich, 1990). O Ca em cinza pode ser mais móvel do que em cal.

3.1.2 Exportação de nutrientes em plantações florestais de *Eucalyptus tereticornis* e *Eucalyptus urophylla* no Maranhão e no sul do Pará.

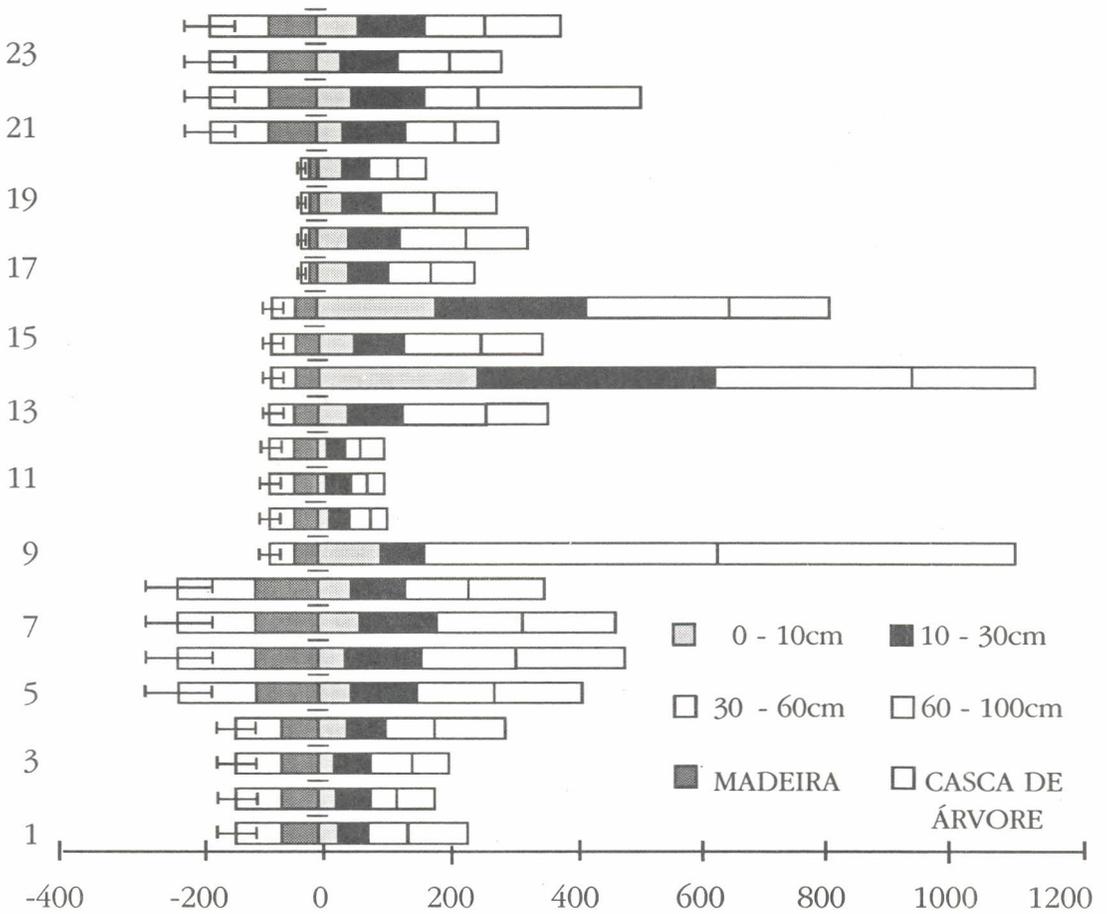
Os plantios florestais de espécies de rápido crescimento que foram estudadas no norte do Maranhão e no sul do Pará, pertencentes a Cia. Floresta Rio Doce S.A. (FRDSA), estão localizadas em Marabá (Pa) e Pindaré-Mirim (junto à Santa Inês-Ma), ao longo da estrada Carajás/São Luís. Eles têm contudo ainda caráter de experimentos, principalmente de ensaios especiais. A produção objetiva o material em estado natural, para papel e fibra, produzido em pequenas rotações de 7,5 anos. A madeira é exportada do campo, usualmente junto com a casca. Ambos contêm nutrientes extraídos do solo. O objetivo desse estudo foi determinar o total de nutrientes, assim exportados e, comparar isto com o estoque contido no solo (Mügge, 1995).

Os estudos de levantamento foram realizados em plantios estabilizados de *Eucalyptus spp*, principalmente em pastagens degradadas. A vegetação original consiste de floresta perenifolia ou floresta folhosa semi-decidual, ou floresta de babaçu crescendo em um clima Aw (Koppen) com 1700 a 2000 mm anuais de chuva. Os solos da região são principalmente tipos diferentes de Latossolos (Ferralsols) moderadamente ácidos, sedimentados sobre formações rochosas, variando de paleozóicos para terciários, da Bacia do Parnaíba. Os tipos de solos que se somam a estes são solos Arenosos e Cambissolos de baixo pH e baixa saturação base.

A tabela 2, a seguir, mostra as áreas, número de lotes, locais, a idade do *stand* e a quantidade de biomassa das plantações estudadas. Por causa do caráter experimental das plantações, a idade do *stand* não foi uniforme, porém variou entre 6 e 12 anos. No final do balanço, entretanto, foram usados os dados do *stand* registrados para a idade de sete anos, enquanto a regressão entre a biomassa e a d2h – bem como a concentração de nutrientes – foram tomadas de nove árvores coletadas nos diferentes *stands*. Para cada local, dois lotes foram selecionados, por espécie, com alta e baixa produtividade, respectivamente. A baixa produtividade é resultante de condições locais adversas, solos degradados e gerenciamento do *stand* impróprio. O nível da média anual de incrementos (tabela 2) mostra como estes fatores podem influenciar fortemente na produtividade. Entretanto, áreas de baixa produtividade não foram incluídas no balanço das figuras 2 e 3.

FIGURA 2: Comparação da exportação esperada de Potássio (K) com a retirada de tronco e casca de *Eucalyptus urophylla* de 7,5 anos, com o estoque de elemento existente a 100 cm de profundidade de solo.

números de lotes

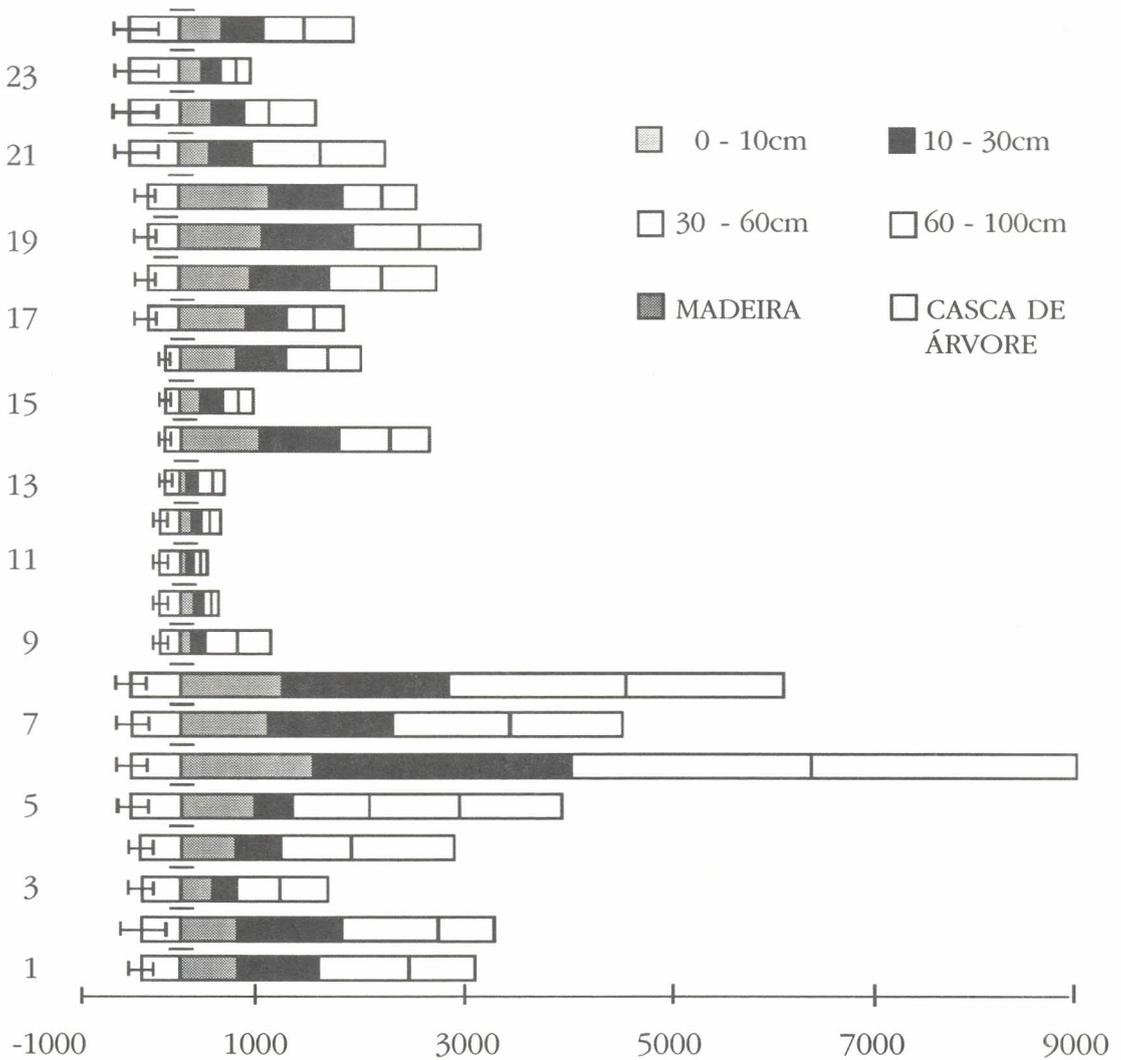


K - exportação de madeira e casca por um período de 7,5 anos - gerações

Armazenamento K - solo (0-100cm) [kg/ha]

FIGURA 3 - Comparação da exportação de Cálcio (Ca) esperada com a retirada de tronco e casca de *Eucalyptus tereticomis*, de 7,5 anos, com o estoque do elemento existente a 100 cm de profundidade de solo.

números de lotes



Ca - exportação de madeira e casca por um período de 7,5 anos - gerações

Armazenamento Ca - solo (0 - 100cm) [kg/ha]

TABELA 2 – Símbolos, números e localização das áreas estudadas no Maranhão e sul do Pará, juntamente com idade e M.A.I. (mean annual increment – média de incremento anual)

Símbolo	Localização	M.A.I. [t/ha/yr]		
		Idade	<i>Euc. tereticornis</i>	<i>Euc. urophylla</i>
AC	01 - 04 Açailândia Comodato	8,3	6,8 - 15,1	7,7 - 15,7
AF	05 - 08 Açailândia Fazenda	6,3	9,2 - 16,4	6,5 - 23,7
MC	09 - 12 Marabá Comodato*	10,4	2,7 - 13,0	0,9 - 11,5
MR	13 - 16 Marabá Reserva	10,4	2,0 - 7,8	0,7 - 15,0
NV	17 - 20 Nova Vida*	9,7	5,2 - 9,0	3,0 - 15,6
PM	21 - 24 Pindaré-Mirim	11,6	7,6 - 15,0	10,8 - 21,4

E. tereticornis (1,3,5 ...), *E. urophylla* (2,4,6 ...) * impactos pelo fogo

Para a obtenção de estimativas significativas dos nutrientes exportados sob as condições de cultivo, foram usados os valores médios para mensurar o *log* do volume para a idade de corte de 7,5 anos, os quais foram transformados para peso de madeira e casca, por ha, baseando-se na média das árvores selecionadas colhidas, e.g. madeira do tronco: proporção da casca do tronco e densidades específicas medidas durante o estudo.

As reservas do solo de N, P, K, Ca e Mg variam entre 4100 - 13700 (N), 650 - 2700 (P), 110 - 1130 (K), 180 - 7600 (Ca), 50 - 940 (Mg) kg/ha. A concentração no solo de Ca e Mg está correlacionada com o C e o teor de argila. Os solos do Maranhão estão geralmente mais bem abastecidos com bases catiônicas do que aqueles de Marabá, provavelmente porque o clima é menos úmido. A efetiva saturação de bases tem uma ampla variação: 35 - 95% para o Maranhão e 7 - 45% para Marabá (0 - 100 cm). A fertilidade do solo depende mais do estado de acidificação do que dos tipos de solo. A acidificação em termos gerais significa, além de um baixíssimo pH, um decréscimo no estoque de bases catiônicas no complexo de troca no solo. Rocha parental, idade do solo e clima podem contribuir para acidez do solo. N e P refletem a reserva total, e não a fração mais facilmente mobilizável, da qual depende a produtividade. Por isso, não há ainda métodos químicos apropriados para quantificar essas frações. O suprimento relativo com os elementos terá de ser estabelecido em ensaios de campo. Como a maioria dos cultivos foi estabelecida em pastagens degradadas, espera-se primeiro maior influência de N e de P facilmente mobilizáveis, na produtividade, que do suprimento de bases catiônicas.

Considerando-se a parte aérea da vegetação, a maior concentração de nutrientes está localizada nas folhas (N) e na casca do tronco (Ca), e a menor na madeira do tronco. A ênfase deveria estar colocada nas diferentes concentrações de elementos na madeira e na casca. A tabela 3 mostra a concentração proporcional casca/madeira para N, P, K, Ca e Mg.

TABELA 3 - Relação casca/madeira referente à concentração de elementos (N, P, K, Ca, Mg).

Nutrientes	<i>Euc. tereticornis</i>			<i>Euc. urophylla</i>				
	Média	+/-	Min	Max	Média	+/-	Min	Max
N*	2,4	0,9	1,2	4,6	2,7	1,2	0,6	4,7
P	4,4	1,3	2,1	6,5	8,0	4,7	3,2	18,4
K	8,3	2,4	3,2	11,7	10,6	4,3	3,7	17,8
Ca	75	16	49	112	33	11	15	59
Mg	19	6	9	29	14	7	6	29

* representa somente valores acima dos limites analíticos

Dependendo da produtividade, da idade de distúrbios causados por fogo nas áreas de cultivo, a biomassa da parte aérea da vegetação e as reservas de N, P, K, Ca e Mg do *E. urophylla* variam entre 13 - 320 t/ha (peso seco), 38 - 710 kg/ha (N), 3 - 48 kg/ha (P), 23 - 610 kg/ha (K), 21 - 660 kg/ha (Ca), 4 - 180 kg/ha (mg) e para *E. tereticornis* entre 43 - 230 kg/ha (dw), 80 - 360 kg/ha (N), 11 - 54 kg/ha (P), 70 - 490 kg/ha (K), 180 - 1330 kg/ha (Ca), 18 - 150 kg/ha (Mg).

Destes estoques, somente a madeira e a casca do tronco são usualmente exportadas. As figuras 2 e 3 mostram como esta exportação relata que ainda existe estoque no solo (esperado para o próximo corte). Nós selecionamos somente o K e o Ca como exemplos. No caso do K, existe uma proporção relativamente estreita (K exportado/K no solo) entre 0,3 e 1, nas plantações de Açailândia, Comodato de Marabá e em Pindaré-Mirim. No caso do Ca, a relação é menos estreita, próxima de 1, e é encontrada no Comodato de Marabá, porém também no Comodato de Açailândia, Reserva de Marabá e Pindaré-Mirim, onde os estoques do solo encontrados são insuficientes.

A relação de nutrientes exportação/existente esperada no solo tem sido considerada por Fassbender & Bornamisz (1987) como índice de estabilização. Isso indica a relativa urgência da reposição das bases catiônicas por fertilizantes ou a relativa capacidade de poder tampão. O conceito está baseado no cálculo simplificado de como as várias rotações podem ainda ser supridas adequadamente com bases catiônicas originárias das reservas existentes no solo. Este cálculo foi simplificado, não foi quantificada “adequadamente” essa duração, já que não se sabe a entrada anual pela deposição atmosférica e pela intemperização. Apesar dessa aproximação, a duração e a proporção poderão ainda ser úteis, e isto mostra ao silvicultor como ainda é precária a situação.

Conclusão: por causa da relativamente alta fixação de K e Ca na madeira e na casca do tronco de *Eucalyptus tereticornis* e *Eucalyptus urophylla*, o corte da madeira irá mais cedo ou mais tarde causar situações críticas no caso do K – e reservas de Ca – nos solos de baixa fertilidade como no AC, MC e MR. O principal fator agravante é a exportação da

casca, como as proporções das reservas de cátions entre a casca e o tronco são aproximadamente 5 (Ca), 2 (Mg), 1 (K) para *E. urophilla* e 9 (Ca), 2 (Mg), 1 (K) para *E. tereticornis*. Por causa da alta concentração, especialmente de Ca na casca do tronco, seria bastante satisfatório, para um monitoramento sustentável de produção, a devolução da casca para o campo, ou anterior descascamento.

Essa comparação das exportações e estoques provê ao silvicultor uma idéia sobre os impactos nos estoques das bases catiônicas, embora a omissão de outros fluxos (volatilização, lixiviação, deposição atmosférica, intemperização) ainda tornem a informação incompleta. Como para N e P, a quantidade da reserva total no solo não indica sua disponibilidade para a planta. Prováveis déficits terão de ser encontrados através de ensaios de fertilização.

3.1.3 Exportação de nutrientes pelo *Pinus caribaea*

Foram feitos levantamentos em nove *stands* de *Pinus caribaea* em Jari, Belém e Marabá para se estimar a exportação de nutrientes com a biomassa dos troncos. Os dados ainda não foram avaliados.

3.2 Transferência de nutrientes para a atmosfera devido à queima dos restos orgânicos

Após a substituição da floresta tropical primária, o fogo tornou-se um importante modo de manejo nos posteriores sistemas de uso da terra, e foram estudadas as conseqüências do fogo para a reserva de nutrientes nos ecossistemas. Na Amazônia Oriental, foi estimada a exportação de macronutrientes do ecossistema para a atmosfera devido à queima, durante o estabelecimento de plantios de espécies de rápido crescimento após vegetação secundária, conforme a agricultura de derruba e queima (Mackensen *et al.* 1996).

Para se avaliar essa transferência de nutrientes, as quantidades de fitomassa e cinza foram medidas antes e após a queima. Os cálculos de diferentes tipos de perdas por transferência, bem como os termos usados, foram desenvolvidos a partir das seguintes equações:

$$nsD_1 - Le = nsD_2 \quad [\text{kg ha}^{-1}] \quad (1)$$

$$nsD_2 - nsD_3 - nsA = aTL \quad [\text{kg ha}^{-1}] \quad (2)$$

– nsD_1 - armazenamento inicial de nutrientes nos restos vegetais; – Le - perdas devido à lixiviação, – nsD_2 - armazenamento de nutrientes dos restos antes da queimada; – aTL - perdas da fitomassa queimada, por transferência à atmosfera, devido a volatilização e mecanismos de transporte das partículas; – nsD_3 - armazenamento de nutrientes de restos não queimados após a queima; – nsA - armazenamento de nutrientes da cinza (incluindo o carvão vegetal).

As análises químicas foram realizadas no laboratório do Instituto de Ciências do Solo e Nutrição Florestal, Universidade de Göttingen. Foram utilizados métodos padronizados (extração por pressão de HNO₃; AAS; C/N - análises).

Foram estudadas três parcelas na Amazônia Oriental:

Parcela A1

- vegetação precedente - floresta secundária de 40 anos;
- biomassa residual - 33,5 t/ha;
- proporção de madeira combustível deixada - 1:72;
- período de secagem - 101 dias;
- 296 mm de precipitação durante o período de secagem;
- qualidade da queima - média para baixa (pobre).

Parcela A2

- vegetação precedente - floresta secundária de 40 anos;
- biomassa residual - 95,2 t/ha;
- proporção de madeira combustível deixada - 1:72;
- período de secagem - 93 dias;
- 250 mm de precipitação durante o período de secagem;
- qualidade da queima - boa para excelente.

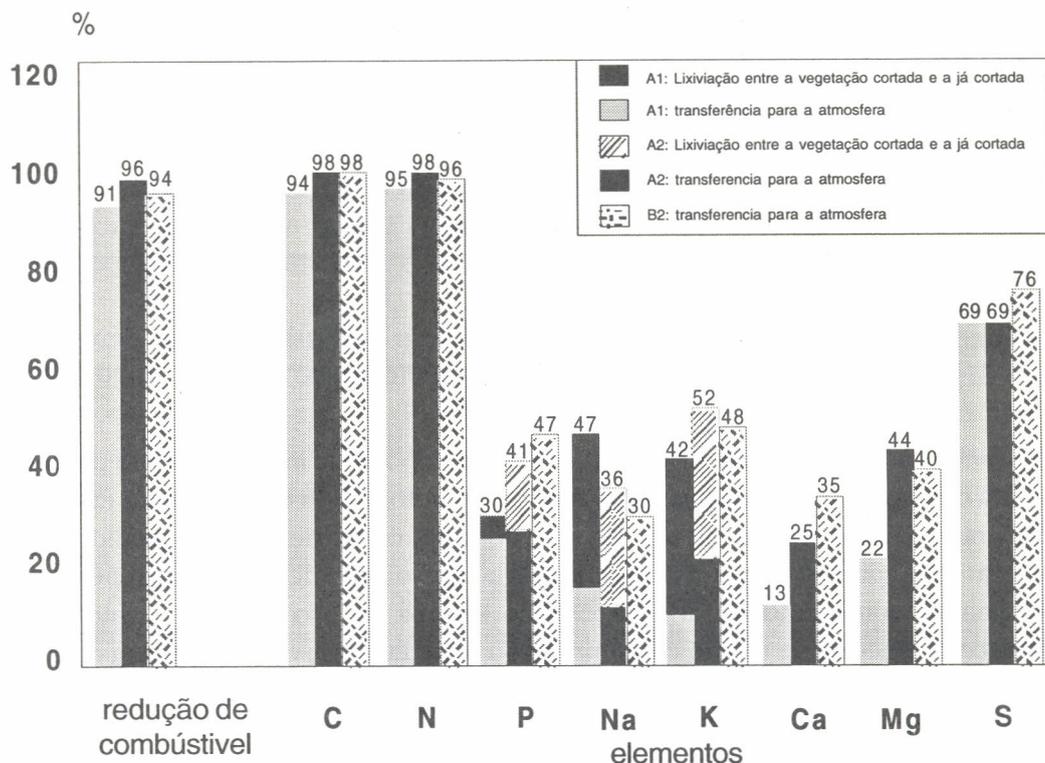
Parcela B1

- vegetação precedente - floresta secundária de 7 anos;
- biomassa - 31,2 t/ha;
- proporção de madeira combustível deixada - 1:73;
- período de secagem - 31 dias;
- 9 mm de precipitação durante o período de secagem;
- qualidade da queima - boa para excelente.

3.2.1 Lixiviação de nutrientes da clareira (após derrubada)

Para as parcelas A1 e A2, ocorreram perdas significativas dos restos vegetais para os elementos K, N e P (figura 4). Na parcela B1 as perdas detectadas por lixiviação não foram significantes. Nutrientes lixiviados da fitomassa não necessariamente deixam a zona radicular.

FIGURA 4 - Lixiviação de nutrientes da vegetação cortada (antes da queima) e transferência para a atmosfera (durante a queima) em relação (%) ao estoque de nutrientes na vegetação cortada.



3.2.2 Total de nutrientes transferidos da vegetação cortada

O N perdido (95 - 98% do estoque nos restos orgânicos) corresponde ao percentual da redução combustível (91 - 98% do estoque nos restos). As perdas relativas de S (66 - 76%) e de K (42 - 48%) não variaram entre as parcelas. Para P (30 - 47%), Mg (21 - 43%), Ca (13 - 35%) e Na (30 - 48%) a exportação mostrou alta variação.

3.2.3 Nutrientes transferidos diretamente para a atmosfera

Como não foi observada uma lixiviação não significativa na parcela B1, o total de perda é igual ao grau de perdas transferidas para a atmosfera. Os resultados obtidos nas parcelas A1, A2 e B1 estão resumidos na tabela 1 (ver também figura 1). Uma grande diferença entre as parcelas A e B está documentada para o fluxo de Ca. O Ca transferido supõe-se estar restrito ao transporte de partículas. A parcela B foi a área mais aberta, enquanto que a parcela A estava circundada por *stands* de florestas altas. A velocidade do vento foi mais elevada na parcela B que na A. Estas condições da parcela B podem ter favorecido a exportação de Ca. O total de restos queimados parece não ter influência significativa na proporção relativa de nutrientes transferidos para a atmosfera.

TABELA 4 - Transferência de nutrientes do ecossistema para a atmosfera, devido à queima. Valores absolutos (kg/ha) e relativos (%) referentes ao estoque de nutrientes nos restos vegetais queimados.

	N	S	P	Na	K	Ca	Mg
A1							
kg ha-1	325	26	2	3	12	28	6
%	95	67	27	23	16	9	17
A2							
kg ha-1	817	72	8	7	84	188	41
%	98	68	33	17	31	24	43
B1							
kg ha-1	199	34	4	6	35	102	17
%	96	76	47	30	48	35	40

Conclusão: a utilização do fogo parece ser um importante instrumento no preparo de áreas para cultivos e o abastecimento de nutrientes na forma de cinza mineral em cultivos subseqüentes. De outro lado, devido ao uso do fogo, os nutrientes são perdidos para a atmosfera. Nas parcelas examinadas poderia ser mostrado que estas perdas são extraordinariamente grandes. Na Amazônia, o sistema de uso da terra, como plantios florestais com espécies de rápido crescimento ou agricultura de corte e queima com vegetação secundária como pousio, compreende um período de rotação comum, incluindo derruba, queima, de cerca de nove anos. Durante este período, a entrada de nutrientes no ecossistema pela atmosfera não compensa a magnitude das perdas. Do ponto de vista da proteção ambiental e do uso sustentável da terra, há uma forte exigência para reduzir a freqüência do fogo, ou até mesmo, estabelecer sistemas sem o uso do fogo. Alternativas com aspectos econômicos aceitáveis e que forneçam colheitas similares têm sido desenvolvidas e introduzidas aos agricultores.

3.3 Dinâmica de água e de nutrientes durante a fase de conversão

O experimento foi instalado a 20 km de Belém, no campo da Estação Experimental da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac). Por se querer obter um plantio conveniente sobre solo igualmente conveniente (profundo, homogêneo e livre de água no solo ao longo de 5 m de profundidade), foi selecionada uma floresta secundária de 40 anos. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo (Oxisol), sedimentado sobre Pleistocenos. A média anual de precipitação totalizou 3026 mm, embora o primeiro ano de experimentação tenha sido relativamente seco, com somente 2335 mm.

Foram estabelecidas três parcelas de 50 x 50 m, das quais uma permaneceu como controle, enquanto as outras duas tiveram corte raso. Foram combinados a essa intervenção, a biomassa da parte aérea, total e dos compartimentos, os correspondentes estoque de nutrientes, baseados na regressão de 16 árvores amostradas. Para simular situações, assim

como são esperadas durante a conversão das rotações de plantios, todo o material lenhoso de troncos e de galhos foi removido das duas parcelas, e no caso, também parte das copas. Foram deixadas as seguintes quantidades de biomassa residual (com conhecida quantidade de nutrientes) no solo:

Área 2: 33,5 t/ha

Área 3: 95,2 t/ha

Os restos foram deixados durante dois meses para secar, antes da queimada e do plantio com *Eucalyptus urophylla*. O experimento foi utilizado, também, para a determinação das perdas para a atmosfera (ver 3.2).

Foram estabelecidas, dois meses antes da intervenção, parcelas experimentais centrais de 20 x 20 m em todas as parcelas, e foram equipadas com lisímetros e tensiômetros. De tal modo que, teve-se cerca de seis meses para caracterizar o gradiente de tensão da água e a solução química do solo da floresta antes da intervenção, e para garantir a homogeneidade das três parcelas.

Cada parcela central foi equipada com:

- oito grupos de lisímetros com duas capsúlas lisimétricas em cada profundidade do solo (25, 40, 60 e 110 cm). A solução do solo foi extraída quinzenalmente, e não houve interrupção durante as fases de derrubada, secagem e queima;

- tensiômetros em seis profundidades do solo (10, 25, 45, 95, 145 e 500 cm), sendo 19 por área. Todos os tensiômetros foram conectados com a estação central automática com registros regulares a cada 15 minutos de intervalo.

Automaticamente foram também registrados dados de precipitação e clima. Foram coletadas e analisadas as águas da chuva, interna e escorrida nos troncos (THF e *stem flow*). O balanço final de água e do fluxo de elementos, entretanto, não foi ainda completado.

Foi mostrada a mudança química da solução do solo com o elemento Ca em 25 cm de profundidade (figura 5). Logo após a operação de corte e muito tempo antes da queima, a concentração de Ca disparou. A fonte principal é a decomposição da matéria orgânica morta e de finas raízes no solo. Realizando-se a queima, o acréscimo na concentração sobe para o máximo (3 meses após a primeira intervenção) de 27 vezes (área 2) e mais 43 vezes (área 3) em relação ao nível da área controle. Com o início de chuvas intensas em fevereiro de 1992, o Ca é lixiviado dos horizontes superiores e sua concentração decresce rapidamente. Seis meses após o corte, a concentração de Ca cai para o nível original anterior à intervenção ou equivalente ao controle. A primeira limpeza do *stand* de *Eucalyptus*, em junho, também resultou em uma liberação de Ca claramente visível, embora muito pequena. Ambas as reações mostram que não há necessidade da queima, para obter uma rápida liberação de nutrientes (mineralização).

FIGURA 5 - Flutuações das concentrações de cálcio na solução de solo a 25 cm de profundidade em duas áreas experimentais e uma área de controle florestada (precipitações diárias mostradas abaixo).

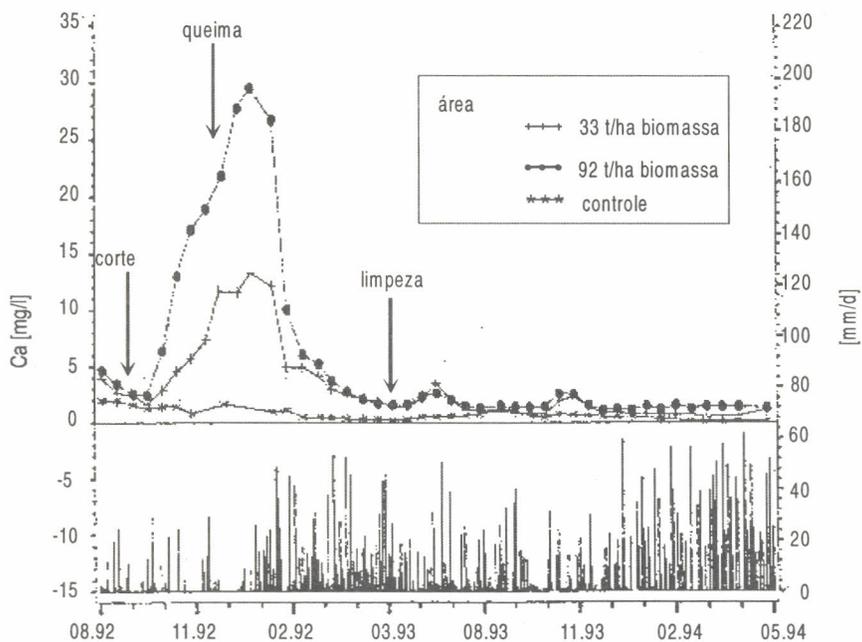


FIGURA 6 - Flutuações das concentrações de cálcio nas soluções de solo em várias profundidades na área 3 com 92t/ha de biomassa (precipitações diárias mostradas abaixo).

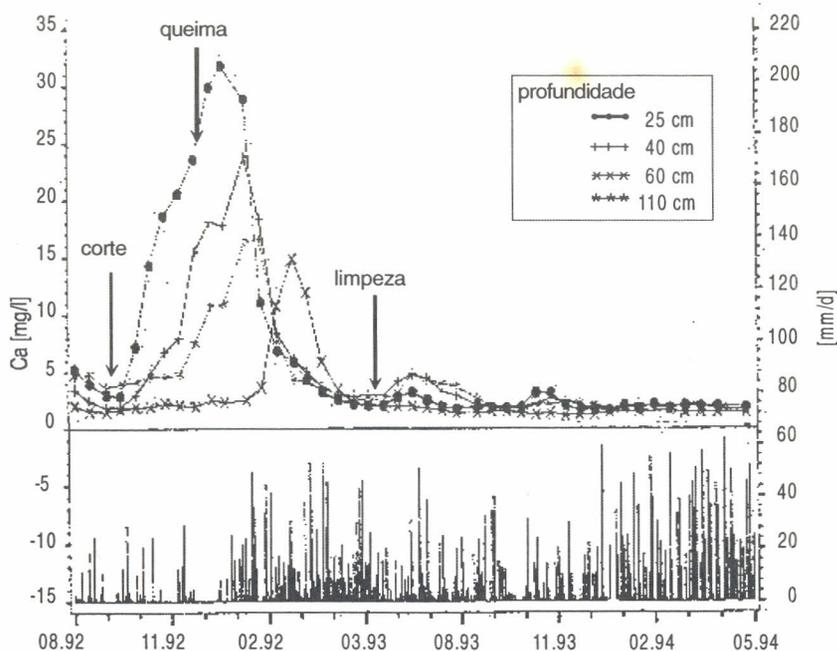


FIGURA 7 - Flutuações de NO₃-N na solução de solo a 25cm de profundidade de solo em duas áreas experimentais e uma área de controle florestada (precipitações diárias mostradas abaixo).

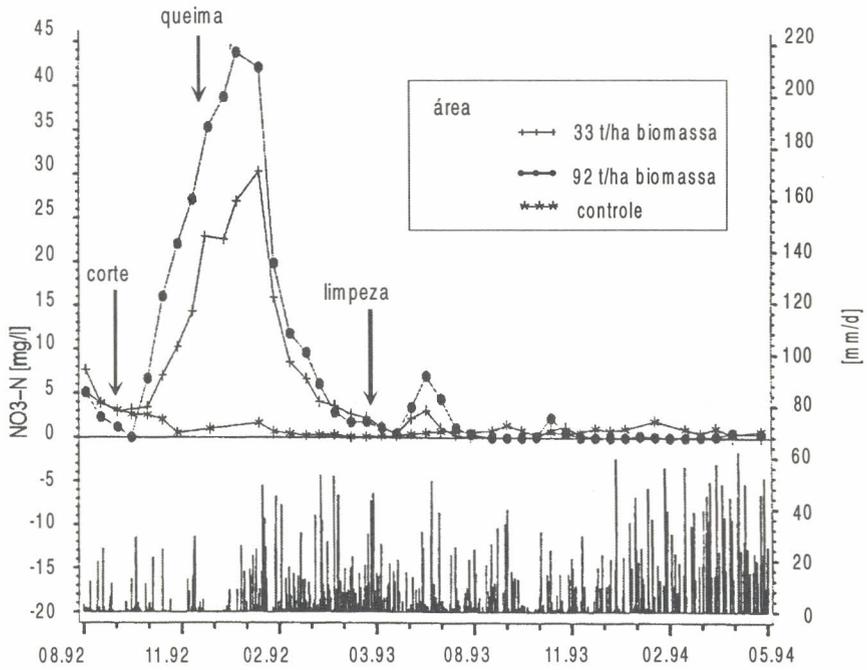
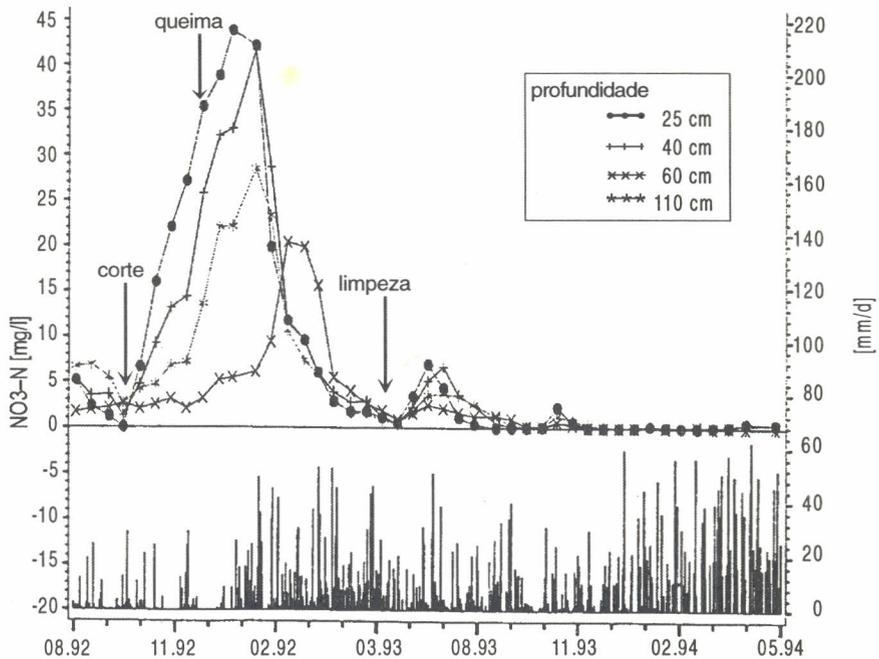


FIGURA 8 - Flutuações de NO₃-N nas soluções de solo em várias profundidade na área 3 com 92 t/ha de biomassa (precipitações diárias mostradas abaixo).



O Ca, como as outras bases catiônicas, não pode se mover por si só descendentemente no solo, mas tem de ser acompanhado por ânions. O mais proeminente destes é o NO_3 , o qual é também liberado durante o processo de mineralização. Esta liberação (área 3, figura 6) é até mais rápida do que do Ca. Porém, a concentração decresce igualmente rápida, abaixo do nível zero, o que nunca acontece na área controle. Pode-se supor que o NO_3 seja rapidamente levado para cima pela vegetação em desenvolvimento.

As figuras 7 e 8 mostram o deslocamento do Ca e do NO_3 abaixo de 1 m de profundidade. A concentração aumenta com uma demora moderada nos 40 e 60 cm. Por causa das chuvas intensas em janeiro de 1992, o pico foi atingido simultaneamente em ambas as profundidades, e o rápido declínio das concentrações dos elementos ocorreu simultaneamente em todas as três camadas. Uma visível demora do pico e declínio pode ser observada para os 110 cm, porém aqui o nível básico foi atingido já em março, ou seja seis meses após a primeira intervenção. Os picos nos 60 e 110 cm de profundidade são distintamente mais baixos que na superfície do solo, o que poderia ser explicado com a diluição de nutrientes devido à absorção das raízes.

NO_3 é o ânion mais comum na solução do solo durante esta fase, porém também o Cl mostra uma marca de nível crítico (figura 9) junto com o Na (figura 10). Como primeira explicação, poder-se-ia pensar que o NaCl – originado através de deposição pela chuva – se torna mais concentrado na solução do solo durante a estação mais seca. Observando-se as duas curvas de Na e de Cl na figura 10, percebemos que elas constituem picos duplos, e que o segundo pico após a queima ocorre já dentro do período chuvoso. No 3.2 já foi demonstrado que o Na é lixiviado da biomassa residual junto com o K. Não existe um caminho para concluir que o Na e o Cl estão contidos na vegetação e que são liberados após a derrubada e ainda após a queimada. Como o Cl é usualmente considerado fisiologicamente inerte, foi analisado através de reuniões de amostras simples (amostras compostas) para Cl e foi encontrado o seguinte:

folhas	→	1,5 - 3,4 mg/g
epífitas	→	4,0 - 12,5 mg/g
galhos finos	→	1,1 - 4,3 mg/g
cascas	→	0,2 - 3,0 mg/g
madeira	→	0,15 - 0,6 mg/g

A primeira razão para a relativamente alta concentração de Cl poderia ser a deposição com a água da chuva, devido à proximidade com o mar.

Dois elementos se liberam com um retardamento. No caso do Al, isto pode ser explicado visto que o Al existente na solução do solo é liberado por trocas complexas como

reação para o aumento da concentração de bases catiônicas. As reações com retardo do K não podem ser calculadas, exceto se o K desempenhar um papel dominante na troca do Al.

A liberação de elementos provenientes da matéria orgânica e das cinzas, como também a lixiviação deles abaixo da principal zona radicular, é um processo rápido e certamente favorecido pela intensas chuvas após a estação seca. Parte dos nutrientes existentes é transportada ascendentemente pelo desenvolvimento da vegetação; outra parte é perdida pela lixiviação. Até agora, não foi possível uma quantificação, pois espera-se pela avaliação final do total de água percolada. O NO_3 pode ser de grande importância, tal como a base catiônica liberada requer uma ação contrária durante o processo de lixiviação.

O regime de água do solo é firmemente influenciado pela interferência humana. O corte raso da cobertura florestal anterior, para o fluxo de água que retorna à atmosfera via transpiração, o qual reduz a flutuação da umidade do solo. Isto está mostrado na figura 11, em que a tensão da água do solo para 10 cm de profundidade é comparada entre a área florestada de controle e a área 2, que sofreu corte raso. O gráfico abrange o período de tempo (1.8.92 - 25.11.92) da parte mais seca da estação chuvosa; o corte raso (20 a 30.9.92), um período de estiagem e um período seguinte mais úmido. Antes do corte as duas curvas são idênticas. Quando as medidas se iniciaram após a intervenção, o solo na área 2 permaneceu úmido, ou seja principalmente na e abaixo da capacidade de campo (100 hPa). Na área de controle, por outro lado, o solo foi umidecido a cada evento de chuva intenso, porém posteriormente foi rapidamente seco (elevação da tensão de água).

Nos 95 cm de profundidade (figura 12), o solo torna-se gradualmente seco, durante a primeira fase, visto que as chuvas não bastam para preencher as reservas do subsolo. Esta tendência continua na área de controle, para o máximo na estação seca. Na área 2, entretanto, as grandes chuvas esporadicamente são suficientes para encharcar o subsolo ao nível da capacidade de campo, ou abaixo. Pode-se observar alguns efeitos de encharcamento raros, irregulares e muito breves, porém estes podem ser devido ao fluxo nos macroporos.

Simulação: o próximo passo no estudo da água do solo é a quantificação da evapotranspiração e do fluxo de lixiviação. Isto não pode ser obtido por medições, porém tem de ser calculado de acordo com a equação de Darcy, na qual as variáveis são o fluxo de entrada e de saída da água, em cada camada do solo. A distribuição do tamanho de poros e a condutividade da água entram como constantes. Como a determinação em laboratório não faz mais que uma aproximação da realidade, estas constantes tem de ser corrigidas com cálculos consecutivos, até que as tensões de água calculadas e medidas coincidam em um prolongado período de tempo. A simulação completa envolve os fluxos verticais através da sequência completa de camadas do perfil do solo.

FIGURA 9 - Flutuações de NO₃-N, Cl, e Ca na solução de solo a 25cm de profundidade na 3 com 92 t/ha de biomassa (precipitações diárias mostradas abaixo).

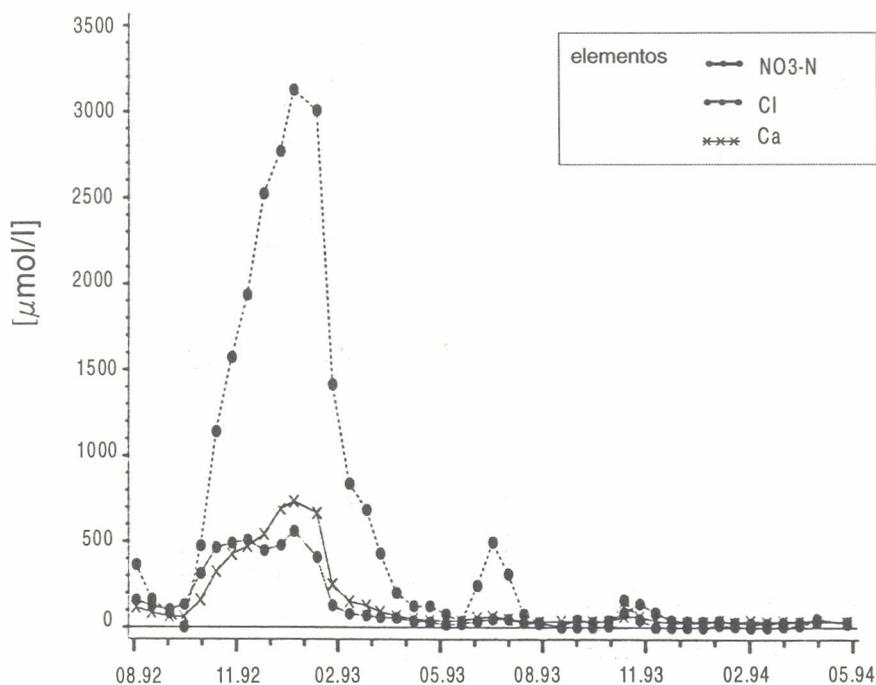


FIGURA 10 - Flutuações de vários nutrientes na solução de solo a 25 cm de profundidade na área 3 com 92 t/ha de biomassa (precipitações diárias mostradas abaixo).

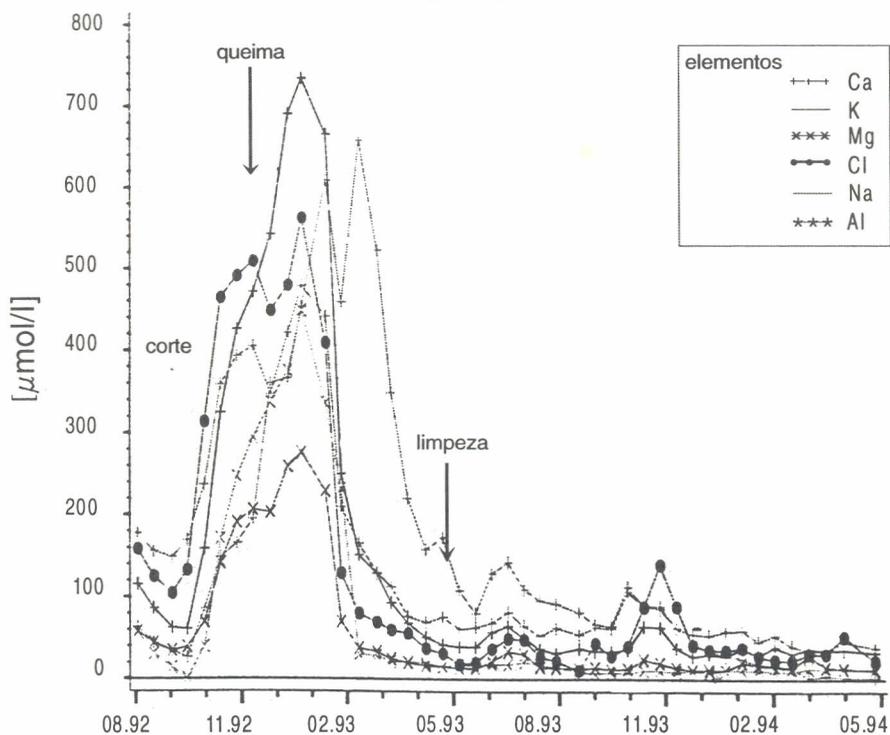


FIGURA 11 - Flutuações de tensão de água do solo a 10cm de profundidade de solo na área controle e área experimental 2, antes e depois do corte (linha b interrompida), com precipitações diárias mostradas abaixo.

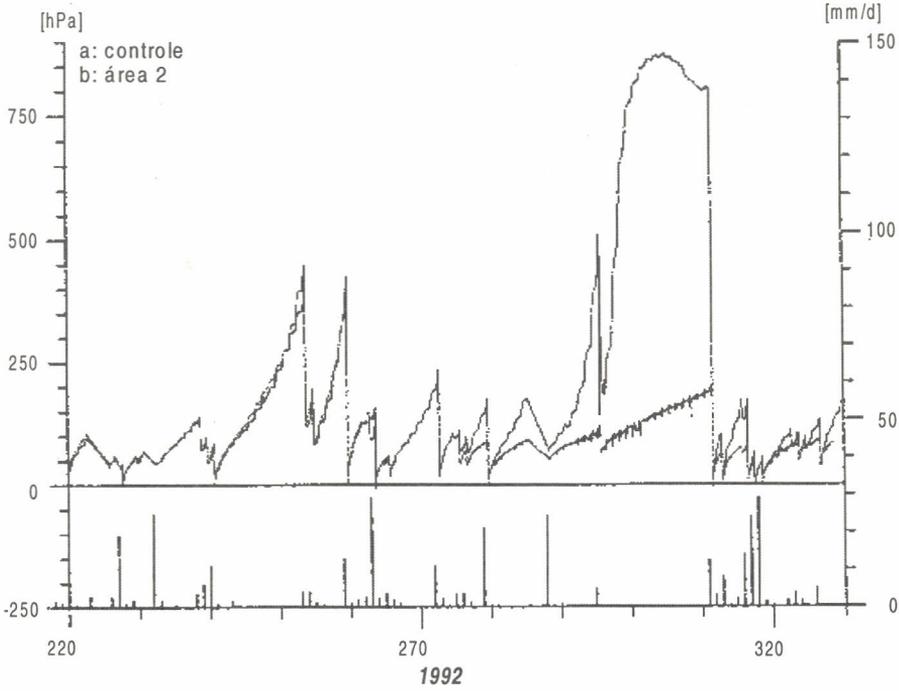
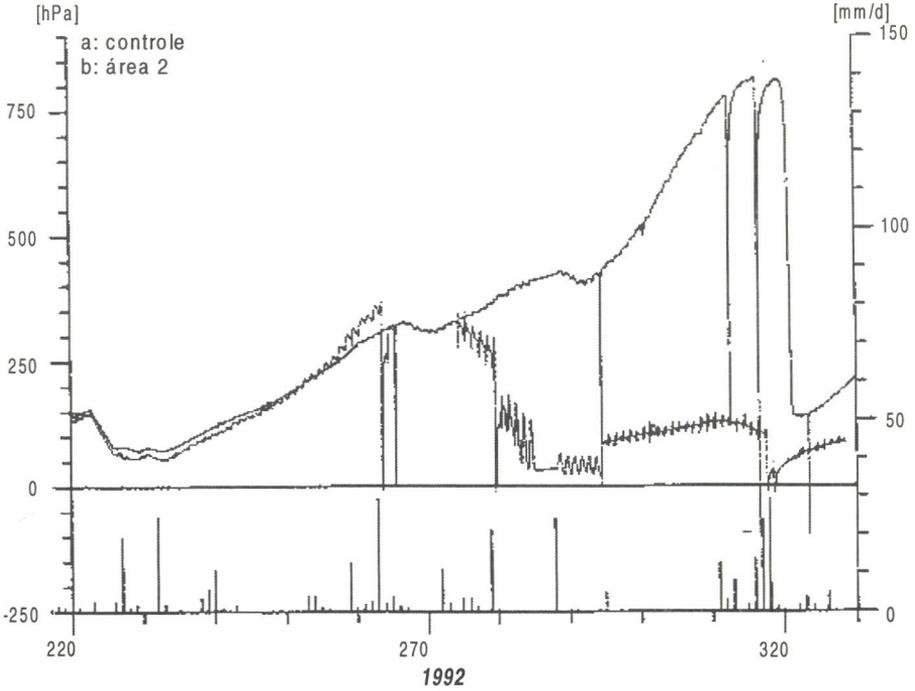


FIGURA 12 - Flutuação da tensão de água do solo a 95cm de profundidade de solo na área controlada, com precipitações diárias mostradas abaixo.



A figura 13 comprova um exemplo em que a variação simulada da tensão da água é comparada com o que foi mensurado durante um período de 90 dias (área 3, 45 cm de profundidade) mostrando boa coincidência de ambas as curvas. O período final deverá ser de três anos seguidos.

Conclusão: o corte raso de uma floresta ou de um *stand* de plantio florestal fornece grande quantidade de matéria orgânica morta, abaixo e acima do solo. Mesmo antes das queimadas, os nutrientes são lixiviados dos restos acima do solo, diretamente para dentro do solo, durante chuvas ocasionais. O declínio microbiano da raízes mortas finas e matéria orgânica no solo conduz a uma rápida liberação de elementos e alto decréscimo na concentração de elementos na solução do solo. Logo que se iniciam as chuvas regulares, estes nutrientes são lixiviados. Isto é importante para se entender que os nutrientes são liberados e lixiviados com ou sem queimada. As queimadas, entretanto, aceleram o processo, especialmente considerando os restos orgânicos acima do solo mineral.

O corte raso, além disso, muda o regime de água do solo. Interromper a transpiração implica um acréscimo da quantidade de água percolando através da coluna do solo, e deste modo, acelerando o processo de lixiviação. O silvicultor é confrontado com uma ambigüidade de propósitos: Por um lado, ele deve tentar reduzir a percolação e promover o desenvolvimento rápido de uma nova cobertura vegetal, ambas árvores e flora do solo, para interceptar tantos nutrientes quantos possíveis na solução do solo para um estoque na vegetação. De outro lado, ele tem de reduzir a competição entre a flora do solo e o reflorescimento do *stand* de plantio.

3.4 Plantações de espécies arbóreas nativas

O uso de espécies arbóreas nativas tem sido freqüentemente reivindicado como vantajoso no plantio florestal, por elas serem mais adaptadas às condições locais. O exemplo de *Hevea brasiliensis* demonstra que isto não é o caso, por via de regra. A reivindicação tem sido inteiramente considerada em cada caso, atraindo o cálculo da produção almejada e a praticabilidade tem sido verificada nas plantações experimentais.

A experiência extensiva tem sido acumulada no caso da *Hevea brasiliensis*. Os problemas de controle da sustentabilidade biológica têm induzido na transferência da produção da Amazônia central para zonas mais marginais. Nestas plantações, a madeira representa somente um produto à parte que é, ou pode ser, cultivado durante o processo de rejuvenescimento da plantação. Em tais fases, a intervenção humana também causa exportação de nutrientes do local com a madeira e isto foi considerado de interesse no contexto do presente projeto (3.41).

Existem muito poucas experiências com espécies nativas que poderiam substituir espécies exóticas para a produção de papel, fibra e carvão vegetal. *Didymopanax morototoni*, *Jacaranda copaiba* e *Trema micrantha* têm sido mencionadas, ou tentadas, em uma escala limitada. Este aspecto não foi abordado no nosso projeto, embora *Didymopanax morototoni* tenha sido estudada sob aspectos diferentes (veja a seguir).

FIGURA 13 - Comparação das tensões de água do solo medidas simuladas a 45cm de profundidade do solo (área 3) durante 100 dias. Precipitações diárias mostradas abaixo.

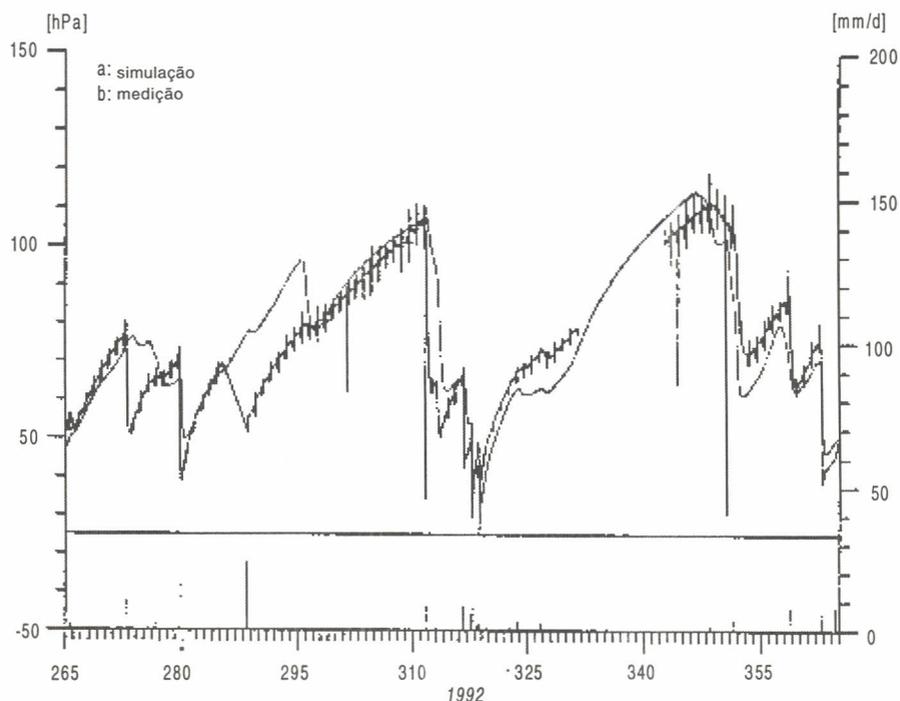
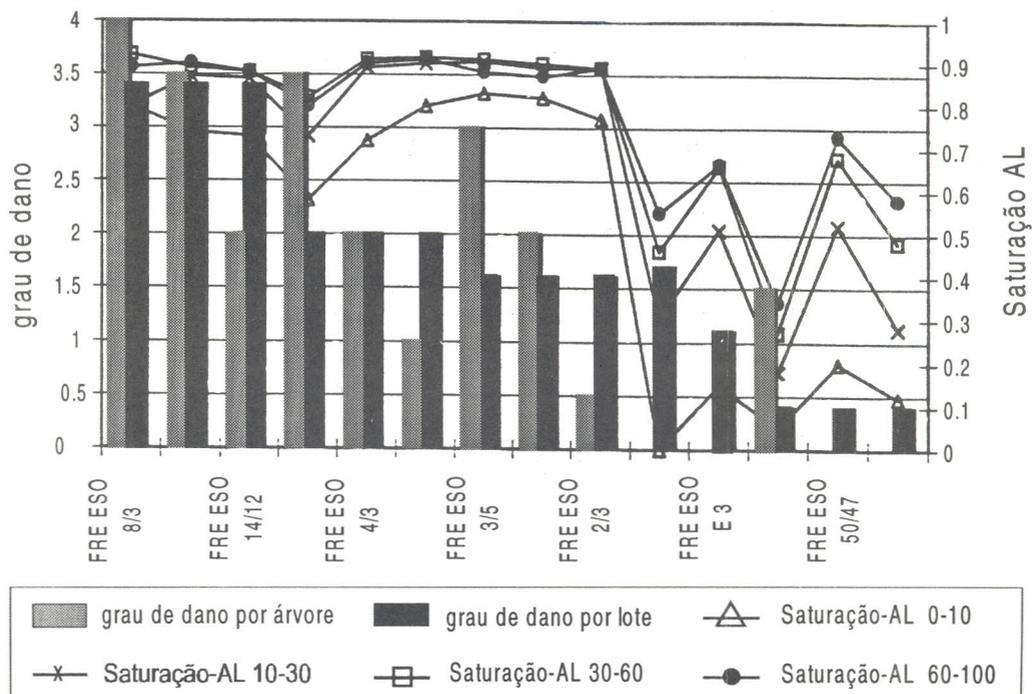


FIGURA 14 - Comparação da danificação da copa (corte arbóreo individual e médias totais das áreas) de *Cordia goeldiana*, e a saturação de alumínio do complexo de troca em quatro profundidades de solo.



Atualmente não é relevante, porém possivelmente de importância futura será a produção de madeira de construção, usando-se espécies regionais. Plantios experimentais têm sido executados por mais de 30 anos na Estação Experimental de Curua Una (Sudam), leste de Santarém e Estação Experimental em Belterra, sudoeste de Santarém, e desde mais de 20 anos, pela Embrapa-Cpatu, Belém. Plantios de madeiras de construção com rotações longas acumulam considerável biomassa e conseqüentemente nutrientes em toda parte aérea da biomassa, os quais são exportados. Levantamentos foram realizados em seis espécies em *stands* de 9 e 34 anos para Curua Una. O total de madeira exportado por unidade de tempo é menor do que em espécies de rápido crescimento. Além disso, rotações de longo período têm a vantagem de ter baixa frequência de distúrbios com a intervenção humana (3.42).

Espécies nativas crescem naturalmente sobre solos não perturbados. Plantações destas espécies podem ser estabelecidas sobre solos degradados? A Embrapa - Cpatu, em Belterra, mantém plantações experimentais de grande variedade de espécies sobre solos de floresta não perturbados e sobre áreas degradadas. Diferenças na produtividade foram encontradas por Carpenezzi & Kanashiro (1982). Nossos estudos concentraram-se em cinco espécies (*Cordia goeldiana*, *Bogassa guianensis*, *Didymopanax morototoni*, *Jacaranda copaiba* e *Inga sp.*) e as condições químicas dos solos e dos componentes das plantas (Pfeifer, 1994). Um resultado parcial é apresentado no item 3.4.3.

3.4.1 Exportação de nutrientes durante a renovação das plantações de *Hevea*

Seis parcelas foram levantadas para se obterem as reservas de nutrientes no solo e nos compartimentos de madeira e casca dos troncos do *stand*, assumindo que estes poderiam ser exportados antes do replantio. Com excessão das parcelas localizadas na FCAP (Faculdade Ciências Agrárias do Pará) todas as outras parcelas foram localizadas em áreas particulares nos arredores de Belém, (Pirelli, Fazenda Ito), e Santarém (Belterra). Dois *stands* são de, aproximadamente, 20 anos de idade (Pirelli 1, Faz. Ito), os restantes, próximos ou com mais de 40 anos, o que significa que estão em ótima época de renovação, pois a produção de borracha não continuará nestes locais. A biomassa dos compartimentos do tronco pode ser derivada do C exportado, na tabela 5. As diferenças entre os *stands* mais jovens e os mais velhos são relativamente pequenas. Belterra tem uma excepcional biomassa de 125 t/ha de C, porém a idade destas árvores não é conhecida.

TABELA 5 - Comparação do potencial de exportação dos estoques de nutrientes nos solos com a biomassa dos troncos, em plantios de Hevea.

Parcela	C (t/ha)		N (t/ha)		P (t/ha)	
	Solo	Exportação	Solo	Exportação	Solo	Exportação
FCAP	111.5	41.6	6.3	0.9	1107.7	98.7
PIRELLI 1	79.1	29.3	5.1	0.1	1314.0	16.2
PIRELLI 2	87.1	40.3	6.6	0.3	1356.3	24.3
PIRELLI 3	112.5	34.7	9.0	0.3	3019.4	29.3
FAZ. ITO	93.7	27.6	6.6	0.2	2402.6	21.0
BELTERRA	125.1	125.3	6.5	0.1	1962.6	121.5

Parcela	K (kg/ha)		Ca (kg/ha)		Mg (kg/ha)	
	Solo	Exportação	Solo	Exportação	Solo	Exportação
FCAP	175.3	341.2	281.3	439.9	52.3	167.7
PIRELLI1	114.6	62.4	490.5	298.2	42.0	32.2
PIRELLI 2	159.5	105.3	758.4	254.6	62.9	83.6
PIRELLI 3	291.2	131.4	1052.7	254.3	125.1	70.2
FAZ. ITO	157.2	73.2	606.2	455.8	74.4	52.2
BELTERRA	231.0	919.5	336.6	1157.0	71.0	229.7

TABELA 6 - Comparação dos estoques de nutrientes nos solos e os potenciais de exportação em plantios de diferentes espécies nativas.

Parcela	C (t/ha)		N (t/ha)		P (kg/ha)	
	Solo	Exportação	Solo	Exportação	Solo	Exportação
CAST Q17	209.9	40.0	13.6	0.2	1139.8	10.0
QUA Q17	252.1	35.7	17.2	0.0	1144.1	2.1
PAUR B 5	380.1	15.5	23.3	0.1	1326.6	3.0
ANGP B-A	354.7	196.1	19.0	0.3	1134.1	10.8
ANDIR B-A	338.8	134.6	18.7	0.2	1205.4	7.4
QUA B-A	335.1	232.4	19.5	0.2	1188.3	5.4
TAT B-A	319.9	133.4	18.2	0.4	1193.7	8.6
ANGP FL.	95.6	117.1	4.3	0.2	423.8	19.9

Parcela	K (kg/ha)		Ca (kg/ha)		Mg (kg/ha)	
	Solo	Exportação	Solo	Exportação	Solo	Exportação
CAST Q17	178.7	137.3	4064.7	216.8	649.5	22.3
QUA Q17	128.0	23.0	2343.8	123.1	418.0	28.4
PAUR B 5	146.5	21.8	1303.1	34.5	262.8	5.5
ANGP B-A	171.9	166.8	239.0	279.3	208.6	99.8
ANDIR B-A	160.6	118.4	403.1	474.1	208.3	161.3
QUA B-A	160.7	47.0	266.2	309.0	113.1	111.6
TAT B-A	201.8	182.2	376.9	332.9	403.5	105.5
ANGP FL.	90.4	171.2	231.7	262.5	91.4	54.6

A avaliação dos resultados não está concluída. No caso de espécies de rápido crescimento, foi encontrada grande diferença entre a exportação e o estoque de N e P no solo (tabela 5). A disponibilidade do estoque do solo, entretanto, não pode ser especificada. No caso de bases catiônicas, a relação entre a exportação e o estoque no solo varia dentro de um limitado espectro, com certeza ao redor de 1. Relações maiores que 1 são encontradas em toda parte nas parcelas da FCAP e Belterra, mas também em outros *stands* o estoque do solo quase nunca excede o exportado. Mesmo as exceções (Ca na Pirelli 2 e 3) de jeito nenhum podem ser consideradas.

Conclusão: em plantações de Hevea, há que se considerar não somente a exportação anual com o látex, mas também as perdas de nutrientes que ocorrem durante a renovação dos plantios com a exportação da madeira.

3.4.2 Exportação de nutrientes nos plantios de espécies nativas para madeira

Plantios experimentais em Curua Una (leste de Santarém) com espécies nativas para produção de madeira foram levantados em função da acumulação de nutrientes nos compartimentos de madeira e casca dos troncos. Os *stands* tinham 19 e 33/34 anos de idade. Como estes não estavam bem conservados, a biomassa do tronco (a ser derivada do C exportado na tabela 6) certamente não foi representativa para padrões que podem ser obtidos através de um bom gerenciamento. As espécies incluídas são:

Cast	Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K., Lecitidaceae
Qua	Quaruba	<i>Vochysia maxima</i> Ducke, Lauraceae
Paur	Pau Rosa	<i>Aniba Duckei</i> Kosterm, Lauraceae
Angp	Angelim Pedra	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke, Leguminosae
Andir	Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl., Meliaceae
Tat	Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i> Aubl., Moraceae

Duas espécies (Cast, Paur) ocorreram somente uma vez com 19 anos, Quaruba em ambos os grupos de idade e o resto somente com 33/34 anos.

Os resultados preliminares estão apresentados na tabela 6: os solos são obviamente muito mais ricos em matéria orgânica e N do que aqueles em plantações de Hevea. Para o suprimento com bases catiônicas (K, Ca, Mg), existe, é claro, deficiência nos solos de todas os plantios mais velhos. Reservas maiores são encontradas nos solos de *stands* mais jovens, pelo menos no caso do Ca e parcialmente para o Mg. Esta diferença tem sido atribuída mais à diferença nos estratos geológicos do que para uma diferença na idade do *stand* e biomassa acumulada. Os resultados da tabela 6 indicam que as espécies variam na quantidade de nutrientes estocados no tronco em relação à biomassa do tronco. Isto pode sugerir que há uma demanda desigual no suprimento de nutrientes, ou uma utilização desigual no consumo de nutrientes (e.g. Cast contra Qua). Este ponto pode vir a ser importante, como é óbvio pelos resultados, que também espécies nativas com longas rotações demandariam reposição de nutrientes, embora muito menor que plantios de rápido crescimento.

Conclusão: a longo prazo, plantios para madeira com espécies nativas também drenam o estoque de nutrientes do solo, embora em uma razão muito menor que plantios com espécies de rápido crescimento. A entrada de nutrientes pela deposição atmosférica pode repor uma parte desta perda. Estudos posteriores são necessários.

3.4.3 Perdas e danos nas copas de *Cordia goeldiana* e degradação local

O estudo foi executado na Estação Experimental da Embrapa-Cpatu em Belterra, Santarém. Os plantios de uma variedade de espécies exóticas e locais foram estabelecidas entre 1980 e 1982, parcialmente em solos degradados das companhias de borracha antecedentes, parcialmente em solo de matas secundárias mais velhas pouco alteradas, e sobre solo de floresta primária após corte raso. Várias espécies foram estudadas, mas a descrição sobre o fenômeno de perdas se limitará à *Cordia goeldiana*.

Os locais podem ser agrupados, de acordo com a história do seu desenvolvimento, dentro do seguinte esquema:

Parcelas	Caracterização	
ESP PRE FOR	degradada	viveiro anterior de Hevea, danificado por fogo desenvolvimento espontâneo de gramíneas e pastagem extensiva preparo de área para plantio com equipamentos pesados (<i>bulldozer</i>)

Parcelas	Caracterização	
FLO	não degradada	corte raso de floresta tropical após exploração seletiva
LIN		plantio em linha em floresta secundária espontânea, desenvolvida em plantios antigos de seringueira
km 50		corte raso recente em floresta primária

Enquanto as outras espécies (*Bagassa guianensis*, *Didymopanax morototoni*, *Inga* sp., *Jacaranda copaiba*), não apresentaram nenhuma deformação na copa em toda faixa seqüencial do experimento, *Cordia goeldiana* mostrou danos severos na copa nos locais degradados. A deformação da copa foi classificada de 0: copa completa, sem nenhuma danificação a 4: parte superior da planta totalmente morta, algumas folhas na zona inferior do caule, planta sobrevive com dificuldade.

Com esta escala, foram classificadas plantas de corte em parcelas experimentais, tanto quanto o povoamento de acordo com o estado da maioria das árvores. *Cordia* foi plantada com exposição total à luz em todos os experimentos, com exceção dos plantios em linha (LIN), perto de matas secundárias de 20 anos de idade, onde haviam plantações

anteriores de seringueira. Danos nas copas, portanto, não podem ser associados com a falta de sombreamento durante o crescimento inicial, com foi sugerido anteriormente. Em locais degradados, as parcelas de *Cordia* formaram parte de três variações de experimento.

Entre estas três variáveis de monitoramento, podem ser observadas diferenças pequenas no grau de danificação da copa, porém todas as três contrastam fortemente com os povoamentos em locais degradados. Foi comparada a ocorrência de danificação na copa com dados analíticos foliares e de solo. Concentração de nutrientes nas folhas não forneceu idéia das possíveis deficiências. De fato, os níveis podem ser considerados relativamente altos, se comparados com escalas genéricas de concentração foliar de nutrientes. Escalas específicas para *Cordia* infelizmente não existem.

Os solos são classificados como Latossolo Amarelo nas áreas não degradadas, e Terra Mulata nas áreas degradadas. Os últimos são considerados como produto de séculos de cultivo dos povos indígenas, embora eles não sejam tão enriquecidos com humus como a Terra Preta. Não poderíamos considerar esses solos como pobres, mas eles são mais fortemente acidificados do que os solos nas áreas degradadas. A acidificação aumenta o percentual de alumínio trocável. A figura 14 mostra a correlação entre a danificação na copa e o grau de saturação de alumínio do complexo de troca do solo. O alumínio pode danificar o sistema radicular, e isto influencia negativamente a absorção de água pelas plantas, especialmente durante períodos de estiagem. Pela pouca experiência acumulada no uso de espécies nativas arbóreas, estes resultados precisam ser ainda preliminarmente considerados.

Conclusão: *Cordia goeldiana* reage sensivelmente com a degradação dos solos. Um bom indicador parece ser a saturação de alumínio do solo. Danos severos e agudos na copa podem não ocorrer com regularidade em solos degradados. Mas esses danos podem ser acelerados através de períodos de estiagem, quando o sistema radicular, o qual é danificado pela toxicidade por alumínio, não pode garantir um suprimento regular de água.

4 PUBLICAÇÕES E OUTROS MEIOS DE DIFUSÃO

Durante o período de 1992-1995, os estudos desenvolvidos no projeto foram divulgados por meio de vários meios de difusão, incluindo dias de campo; visitantes representando diferentes instituições; palestras, aulas e seminários, etc. Segue a lista de trabalhos publicados ou apresentados em diversos eventos técnico-científicos:

FÖLSTER, H. 1996. Degradation und Regradation von Forstböden in den humiden Tropen. Forstarchiv 67 (1996), 43-46.

FÖLSTER, H. Sustainable land use by forest plantations. Paper SHIFT Statusseminar Cuiabá 1995.

GRIMM, U. 1993. Avaliação de perdas de nutrientes em plantações florestais: O princípio metodológico. Paper SHIFT Statusseminar Belém 1993.

- KLINGE, R.,O.R.Marca 1993. A field measuring system for the assessment of the nutrient cycle in forested ecosystems. Poster SHIFT Statusseminar Belém 1993.
- KLINGE, R.1994. Auswirkung von Kahlschlag und Brand auf die Bodenlösungsdynamik einer Holzplantage im östlichen Amazonasgebiet. Paper Hohenheim 1994.
- KLINGE, R.,J.Mackensen, U.GRIMM,H.FÖLSTER 1995. Auswirkung von Kahlschlag und Brand auf die Bodenlösungsdynamik einer Holzplantage im östlichen Amazonasgebiet. Poster Göttingen 1995.
- KLINGE, R.,A.R. ARAUJO MARTINS, F.CESAR 1995. Water and nutrient balance in a forest plantation in the Eastern Amazon region. Paper SHIFT Statusseminar 1995.
- MACKENSEN,J. 1993 A methodological approach to the assessment of volatilization. Poster SHIFT Statusseminar Belém 1993.
- MACKENSEN,J. Nährstoffverluste in die Atmosphäre beim Verbrennen von Schlagabraum in Ost-Amazonien. Diplom Thesis Göttingen 1994.
- MACKENSEN,J.,D.HÖLSCHER,R.KLINGE,H.FÖLSTER 1995. Nutrient transfer into the atmosphere due to burning of debris in East Amazonia. Poster SHIFT Statusseminar Cuiabá 1995 and International Congress on Soils of Tropical Forest Ecosystems, Samarinda 1995.
- MACKENSEN,J.,D.HÖLSCHER,R.KLINGE,H.FÖLSTER 1996. Nutrient transfer to the atmosphere due to burning of debris in East-Amazonia. Forest Ecology and Management (in press).
- MELO, V.S., MARTINS, A.R.A., SANTOS, P.C.T.C. dos 1995. Influência de espécies vegetais sobre as características químicas de um latossolo amazônico. I Encontro de Pós-Graduação da FCAP, 05-09.06.1995, Belém - PA.
- MÜGGE,D.,U.GRIMM,H.FÖLSTER 1995. Nutrient export during the harvest of *Eucalyptus tereticornis* and *E.urophylla* in Maranhao and Southern Para. Poster SHIFT Statusseminar Cuiabá 1995.
- MÜGGE,D. 1995. Nährstoffexport mit der Ernte von *Eucalyptus tereticornis* in Maranhão und Süd-Para, Brasilien. Diplom Thesis Göttingen 1995.
- PFEIFER, M.A. 1994. Vergleichende Studien zur Ernährung einiger autochthoner Baumarten im amazonischen Tiefland in Holzzuchplantagen. Mag.Thesis Göttingen 1994.
- PFEIFER,M., U.GRIMM,H.FÖLSTER 1995. Development of local tree species on soils with different levels of degradation. Poster SHIFT Statusseminar Cuiabá 1995.
- SILVA JÚNIOR, M.L., VIEIRA, L.S., SILVA, G.R. da, GRIMM, U. 1995. Influência de sistemas de manejo do solo sobre o crescimento e composição química de plântulas de *Eucalyptus urophylla*. I Encontro de Pós-Graduação da FCAP, 05-09.06.1995, Belém - PA.
- SPANGENBERG,A.,U.GRIMM 1993. Nutrient inventories in forest plantations at Jari: Methods and preliminary biomass stratification data. Poster SHIFT Statusseminar Belém 1993.
- SPANGENBERG,A., H.FÖLSTER,U.GRIMM 1995. Nährstoffexporte von *Eucalyptus urograndis* Plantagen in Ost-Amazonien (Jari),Brasilien. Poster Göttingen 1995.
- SPANGENBERG,A.,U.GRIMM,J.R.SEPEDA DA SILVA, H.FÖLSTER 1995. Export rates of *Eucalyptus urograndis* plantations in Eastern Amazonia (Jari). Poster SHIFT Statusseminar Cuiabá 1995.
- SPANGENBERG,A.,U.GRIMM,J.R.SEPEDA DA SILVA,H.FÖLSTER 1996. Nutrient store and export rates of *Eucalyptus urograndis* plantations in eastern Amazonia(Jari). Forest Ecology and Management 80, 225-234.

5 INSTITUIÇÕES E PESQUISADORES PARTICIPANTES

Instituto de Ciências do Solo e Nutrição Florestal, Universidade de Göttingen, Alemanha
Horst Fölster

Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (Fcap), Belém - PA, Brasil
Fernando A. de Souza Bemergui

Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia (Cpatu - Embrapa), Belém - PA, Brasil
Dilson Augusto Capucho Frazão

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), Departamento da Amazônia Oriental, Belém - PA, Brasil
Ademir C. Carvalho Teixeira

Coordenadores

Fernando A. de Souza Bemergui (Fcap)

Ulrich Grimm (Instituto de Ciências do Solo e Nutrição Florestal)

Contribuições técnico-científicas

Capítulo 3.1.1: A. Spangenberg, U. Grimm, J. R. Sepeda e H. Fölster

Capítulo 3.1.2: D. Muegge, T. Fernandez, U. Grimm e H. Fölster

Capítulo 3.1.3: B. Bast, J. R. Sepeda, T. Fernandez

Capítulo 3.2: J. Mackensen, D. Hölscher, R. Klinge e H. Fölster

Capítulo 3.3: R. Klinge, A.R.A. Martins, J. Mackensen, F.O. da Silva, U. Grimm, H. Fölster

Capítulo 3.4.1: M. Bruinjes, T. Fernandez, U. Grimm, H. Fölster

Capítulo 3.4.2: M. Bruinjes, T. Fernandez, B. Bast, M. Pfeifer

Capítulo 3.4.3: M.A. Pfeifer, U. Grimm, H. Fölster

6 REFERÊNCIAS

- BANDY, D.E. and P.A.Sanches 1986: Post-clearing management alternatives for sustained production in the Amazon. In: LAL,R., SANCHEZ, P.A., CUMMINGS, R.W.(eds): *Land clearing in the Tropics*. Balkema, Rotterdam, 347 - 361.
- CARPANEZZI,A.A.and M.KANASHIRO 1982: Informações sobre a ecologia de Freijó-cinza (*Cordia goeldiana*). In: *Silvicultura em São Paulo*, vol.16 A, Parte 1. São Paulo, 447 - 454.
- CHIJIKE, E.O.1980: Impact on soils of fast-growing species in lowland humid tropics. Vol.21, *FAO Forestry Paper*.
- FASSBENDER, H.W. and BORNEMISZA,E. 1987: *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José. 420 p.
- FEARNSIDE P:M. and J.M.RANKIN 1980: Jari and development in the Brazilian Amazon. *Interciencia* 5(3),146-156.
- FÖLSTER,H. 1996: Degradation und Reegradation von Forstböden der humiden Tropen. *Forstarchiv* 67, 43 - 46.
- HASE,H. and H.FÖLSTER 1983: Impact of plantation forestry with teak (*Tectona grandis*) on the nutrient status of young alluvial soils in West Venezuela. *Forest Ecology and Management* 6, 33-57.
- JÖRGENSEN,J.R. and C.G.WELLS 1986: Tree nutrition and fast-growing plantations in developing countries. *The International Tree Crop Journal* 3, 225 - 244.
- JORDAN,C.F. 1985: *Nutrient cycling in Tropical Forest ecosystems*. J.Wiley, New York, 190 p.
- MACKENSEN,J., D.HÖLSCHER, R.KLINGE, H.FÖLSTER 1996:Nutrient transfer to the atmosphere by burning of debris in Eastern-Amazonia. *Forest Ecology and Management* (in press).
- MÜGGE,D. 1995: Nährstoffvorräte und Exportverluste von *Eucalyptus tereticornis*-Plantagen in den Bundesstaaten Maranhão und Pará, Brasilien. Diplomarbeit, Göttingen.
- OHNO,T. and M.S.ERICH 1990: Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 32, 223 - 239.
- PFEIFER, M.A. 1994: Vergleichende Studien zur Ernährung einiger autochthoner Baumarten im amazonischen Tiefland in Holzzuchtplantagen. Mag.Thesis, Göttingen, 131 pp.
- PROCTOR,J. 1992: Soils and mineral nutrients: What do we know, and what do we need to know, for wise rain forest management? In: MILLER,F.R., K.L.ADAM (eds): Wise management of tropical forests. *Proceedings of the Oxford conference on tropical forests*. Oxford, 27 - 35.

- RUSSEL, C.E. 1983: Nutrient cycling and productivity of native and plantation forests at Jari Florestal, Pará, Brazil. Dissertation, University of Georgia. Athens, 133 p.
- SPANGENBERG, A. 1994: Nährstoffvorräte und -exporte von *Eucalyptus urograndis*-Plantagen in Ostamazonien (Jari), Brasilien. Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen, 93, pp 114.
- SPANGENBERG, A., U.GRIMM, J.R.SEPEDA DA SILVA, H.FÖLSTER 1996: Nutrient store and export rates of *Eucalyptus urograndis* plantations in eastern Amazonia (Jari). *Forest Ecology and Management* 80, 225 - 234.
- TURNER, T. 1981: Nutrient supply in relation to immobilization in biomass and nutrient removal in harvesting. In: Australian forest nutrition workshop C.S.I.R.O., Melbourne, 263 - 275.
- ULRICH, B., R.MAYER UND U.SOMMER 1975: Rückwirkung der Wirtschaftsführung über den Nährstoffhaushalt auf die Leistungsfähigkeit der Standorte. *Forstarchiv* 46(1), 5-8.