

PLANTAÇÕES FLORESTAIS

GERAÇÃO DE BENEFÍCIOS COM BAIXO IMPACTO AMBIENTAL

*Yeda Maria Malheiros de Oliveira
Edilson Batista de Oliveira*
Editores técnicos

Embrapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

PLANTAÇÕES FLORESTAIS

GERAÇÃO DE BENEFÍCIOS COM BAIXO IMPACTO AMBIENTAL

*Yeda Maria Malheiros de Oliveira
Edilson Batista de Oliveira
Editores técnicos*

*Embrapa
Brasília, DF
2017*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba
83411-000, Colombo, PR
Caixa Postal 319
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição

Embrapa Florestas

Comitê de Publicações

Presidente

Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente

José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva

Neide Makiko Furukawa

Membros

Álvaro Figueredo dos Santos

Giselda Maia Rego

Guilherme Schnell e Schühli

Ivar Wendling

Luis Cláudio Maranhão Froufe

Maria Izabel Radomski

Marilice Cordeiro Garrastazu

Valderes Aparecida de Sousa

Supervisão editorial

Patrícia Póvoa de Mattos

José Elidney Pinto Júnior

Revisão de texto

José Elidney Pinto Júnior

Maristela Avila Abrantes

Normalização bibliográfica

Francisca Rasche

Capa, projeto gráfico e editoração eletrônica

Neide Makiko Furukawa

Foto capa

Priscila Scheffer, Grupo Águia Participações

1ª edição

Publicação digitalizada (2017)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Florestas

Plantações florestais : geração de benefícios com baixo impacto ambiental / Yeda Maria Malheiros de Oliveira, Edilson Batista de Oliveira, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

PDF (110 p.) : il. color.

Disponível em: <<http://www.embrapa.br/florestas/publicacoes>>

ISBN: 978-85-7035-712-0

1. Floresta comercial. 2. Solos florestais. 3. Recurso hídrico. 4. Paisagem. 5. Mudança climática. 6. Manejo florestal. 7. Pesticidas. 8. Setor florestal. 9. Sustentabilidade. I. Oliveira, Yeda Maria Malheiros de. II. Oliveira, Edilson Batista de. III. Embrapa Florestas.

CDD (21. ed.) 634.92

© Embrapa, 2017

Edilson Batista de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal,
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Elenice Fritzsos

Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Florestal,
pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Elisiane Castro de Queiroz

Bióloga, doutora em Ciências Biológicas,
laboratorista do Fundo Nacional de Controle da Vespa da Madeira, Colombo, PR

Erich Gomes Schaitza

Engenheiro florestal, mestre em Tecnologia de Sistemas de Energia Renovável,
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira

Engenheiro florestal, doutor em Economia Aplicada,
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Josiléia Acordi Zanatta

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo,
pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Lucilia Maria Parron

Bióloga, doutora em Ecologia de Ecossistemas,
pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Marcílio José Thomazini

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia,
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Marcos Fernando Gluck Rachwal

Engenheiro-agrônomo, doutor em Conservação da Natureza,
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Maria Augusta Doetzer Rosot

Engenheira florestal, doutora em Engenharia Florestal,
pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Marilice Cordeiro Garrastazu

Engenheira florestal, mestre em Engenharia Agrícola,
pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Moacir José Sales Medrado

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia,
gerente do Medrado Consultores Agroflorestais Associados, Curitiba, PR

Naíssa Batista da Luz

Engenheira florestal, doutorado em Ciências Geodésicas,
consultora do Serviço Florestal Brasileiro/FAO, Curitiba, PR

Rosana Clara Victoria Higa

Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Florestal,
pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Sergio Ahrens

Engenheiro florestal, doutor em Engenharia Florestal,
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Shizuo Maeda

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia,
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Susete do Rocio Chiarello Penteadó

Bióloga, doutora em Entomologia
pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Wilson Reis Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Biológicas,
pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa
Catarina, Colombo, PR

Yeda Maria Malheiros de Oliveira

Engenheira florestal, doutora em Ciências Florestais,
pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

São inúmeros os conceitos de “sustentabilidade” considerados nas publicações sobre o tema. Entretanto, todos apontam para a necessidade do estabelecimento de modelos de desenvolvimento que sejam capazes de utilizar recursos naturais para o atendimento das necessidades da sociedade, dentro de limites que não coloquem em risco a qualidade de vida das gerações futuras. Assim, duas questões emergem: o consumo ético que conserva o meio ambiente e o estabelecimento de limites para o uso dos recursos naturais.

Na busca de indicadores para o uso sustentável dos recursos naturais, temas emergem, como o uso adequado da água, solos, fauna e flora, bem como as energias renováveis no planeta. Destaque-se que, na floresta, todos os temas citados estão presentes de forma transversal.

O desenvolvimento e a organização do setor de base florestal do Brasil competem com os melhores do mundo. Além disso, há o interesse mútuo do setor de base florestal e do agronegócio em ampliar sua associação. Com grande contribuição do setor florestal, seria promovido um sinergismo que favoreceria o desenvolvimento sustentável de ambos. O cultivo de espécies florestais para obtenção de produtos madeireiros e não madeireiros já vem se constituindo em excelente aliado da agricultura e da pecuária nacional. Ao utilizar áreas de pastagens degradadas e ao participar de sistemas silvipastoris, as florestas plantadas trazem benefícios tornando os sistemas de produção de carne e leite exemplares do ponto de vista da produção animal, com maior equilíbrio no balanço de gases de efeito estufa (GEE) e maior bem-estar animal. Assim, integrada à agricultura, as plantações florestais trazem benefícios por torná-la mais biocomplexa do ponto de vista ambiental, além de incorporar benefícios relativos à sua contribuição para a mitigação das mudanças climáticas.

Ressalte-se que, apesar de ser o quarto produto na balança comercial do agronegócio brasileiro, com PIB de 60,6 bilhões de reais (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015), as plantações florestais comerciais ocupam apenas 7,7 milhões de hectares dos 350 milhões de hectares tidos como agricultáveis no país, enquanto a soja ocupa quase 28 milhões, a cana-de-açúcar é cultivada em mais de 10 milhões e a pecuária ocupa cerca de 211 milhões de hectares.

A Embrapa Florestas organizou o presente documento, que estabelece um panorama das plantações florestais, mostrando sua importância e ofertando conhecimentos técnicos e científicos que poderão dirimir dúvidas sobre seus impactos sociais, ambientais e econômicos, pilares da sustentabilidade.

Capítulo 1 - Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais.....	11
Introdução.....	13
Panorama da produção florestal comercial.....	13
No mundo.....	13
No Brasil.....	14
Custos de produção e rentabilidade econômica.....	16
Balança comercial.....	17
Potencial de geração de empregos.....	19
Capítulo 2 - Plantações florestais comerciais e o solo.....	21
Introdução.....	23
Plantações florestais comerciais e erosão hídrica dos solos.....	23
Plantações florestais comerciais e a compactação dos solos.....	26
Plantações florestais comerciais e a exportação de nutrientes.....	27
Resíduos da colheita das plantações florestais comerciais e a proteção do solo.....	28
Plantações florestais comerciais e a ciclagem de nutrientes.....	29
Capítulo 3 - Plantações florestais comerciais e a água.....	31
Introdução.....	33
Florestas plantadas e água, o exemplo do eucalipto.....	33
Mecanismos de uso eficiente da água pelas florestas.....	34
Consumo de água e produtividade.....	35
O uso e cobertura florestal e a sustentabilidade hidrológica na bacia hidrográfica.....	36

Manejo florestal sustentável e a água	39
Conversão de áreas degradadas em florestas plantadas e sua influência nos recursos hídricos	40
Serviços ambientais hídricos.....	41
Relação entre água e florestas.....	42
Capítulo 4 - Plantações florestais comerciais e a biodiversidade.....	45
Introdução.....	47
Classificação das plantações florestais ou florestas plantadas	47
Plantações comerciais e a biodiversidade em outros usos da terra	48
Plantações comerciais e a fauna.....	49
Plantação florestal comercial e a inibição da regeneração natural em seu sub-bosque.....	52
Capítulo 5 - Plantações florestais comerciais no contexto da paisagem	57
Introdução.....	59
As plantações florestais comerciais e a escala de paisagem	59
Plantações florestais comerciais e sua interseção, na paisagem, com a agricultura, visando a produção de madeira e alimentos.....	61
As espécies do gênero <i>Pinus</i> e seu potencial invasor	63
Manejo e controle da dispersão do pínus fora das fronteiras dos reflorestamentos.....	64
A acácia-negra e seu potencial invasor.....	65
Capítulo 6 - Plantações florestais comerciais e a mitigação na mudança do clima	67
Introdução.....	69
A importância do uso da madeira em substituição a outros produtos.....	69
Boas práticas silviculturais nas plantações florestais comerciais.....	69
Estoque de carbono em florestas.....	70

Diferentes espécies florestais, diferentes usos da terra e o balanço de carbono	71
Metas brasileiras para a redução dos gases de efeito estufa	72
Capítulo 7 - Plantações florestais comerciais, a certificação e os diálogos setoriais	73
Introdução.....	75
Plantações florestais comerciais e a certificação	75
Plantações florestais comerciais e os diálogos setoriais.....	76
Capítulo 8 - Plantações florestais comerciais e o uso de agrotóxicos em relação a alguns produtos da agricultura	79
Introdução.....	81
Uso de agrotóxicos nas plantações florestais comerciais	81
Uso de agrotóxicos em plantios agrícolas.....	83
Capítulo 9 - Resultados indicadores da sustentabilidade do segmento de florestas plantadas	85
Indicadores de impacto socioeconômico.....	87
Indicadores de impactos ambientais	88
Indicadores da relação florestas plantadas e sociedades de classe	90
Capítulo 10 - Considerações finais	91
Referências	97

Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais

*José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira
Edilson Batista de Oliveira*

Introdução

O Brasil apresenta grande competitividade no mercado (interno e externo) de produtos florestais, em razão de suas características edafoclimáticas (solo e clima) e do desenvolvimento tecnológico obtido nas áreas de silvicultura e manejo florestal.

A atividade florestal e a cadeia produtiva a ela associada se caracterizam pela grande diversidade de produtos, compreendendo um conjunto de atividades e segmentos que incluem desde a produção até a transformação da madeira in natura em celulose, papel, painéis de madeira, pisos laminados, madeira serrada, carvão vegetal e móveis, além dos produtos não madeireiros. Ainda que cada uma das atividades e segmentos dos produtos florestais possua mercado próprio, as condições para o seu desenvolvimento estão associadas à base florestal, tornando-os interdependentes e possuidores de uma dinâmica específica, determinada pela oferta de madeira e pela produtividade das florestas.

A formulação de estratégias e instrumentos que apoiem a atividade florestal, enfrentando questões relativas ao uso das florestas, tornou-se crucial para a manutenção das vantagens competitivas do Brasil no cenário mundial. Nesse contexto, considera-se fundamental reunir informações sobre a sustentabilidade e importância do setor florestal, objetivando apoiar seu crescimento e de toda a cadeia produtiva da madeira.

Nesse contexto, o presente capítulo busca caracterizar a silvicultura de plantações florestais no Brasil, para o entendimento de sua dinâmica, suas potencialidades, e a evolução de seus diversos segmentos, trazendo subsídios para uma análise da importância econômica, ambiental e social.

Panorama da produção florestal comercial

No mundo

Conforme a publicação, *FRA-Global Forest Resources Assessment*, da FAO (2015), o total de florestas no mundo cobre pouco menos de 4 bilhões de hectares. Os cinco países com maior área de florestas são, em ordem, Rússia, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China. Juntos, contam com mais de 54% da área de florestas em todo o mundo.

As florestas nativas primárias somam 36% do total de área de florestas no planeta, mas tiveram uma redução de mais de 40 milhões de hectares desde 2000. As áreas de florestas plantadas somam 264 milhões de hectares nos cinco continentes, equivalentes a 7% do total. Os propósitos de tais plantios são variados, mas estima-se que o foco de 76% destas florestas é a produção madeireira (FAO, 2015).

O Brasil tem aumentado a sua área de plantação florestal comercial (Tabela 1). Contudo, a uma taxa geométrica média (TGM.) anual de 1,8%, inferior à taxa mundial (2,1%). Atualmente, o país ocupa a nona posição, em termos de área de florestas plantadas, respondendo por menos de 2,7% dos plantios florestais do mundo.

Entretanto, o Brasil apresenta vantagens comparativas para a produção florestal em relação a outros países. Possui a maior produtividade mundial de coníferas e folhosas em plantios florestais comerciais com foco na produção de madeira (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2014), podendo ampliar a sua participação global caso haja condições favoráveis ao setor.

Tabela 1. Evolução da área mundial de florestas plantadas, 1990 a 2015.

País	Área de florestas plantadas (1.000 ha)					Participação na área global (%)		TGM (a.a.)
	1990	2000	2005	2010	2015	1990	2015	(90-15)
China	41.950	54.394	67.219	73.067	78.982	23,82	27,27	2,6
Estados Unidos	17.938	22.560	24.425	25.564	26.364	10,19	9,10	1,6
Rússia	12.651	15.360	16.963	19.613	19.841	7,18	6,85	1,8
Canadá	4.578	9.345	11.710	13.975	15.784	2,60	5,45	5,1
Suécia	7.399	9.839	11.099	12.564	13.737	4,20	4,74	2,5
Índia	5.716	7.167	9.486	11.139	12.031	3,25	4,15	3,0
Japão	10.287	10.331	10.324	10.292	10.270	5,84	3,55	0,0
Polônia	8.511	8.645	8.767	8.877	8.957	4,83	3,09	0,2
Brasil	4.984	5.176	5.620	6.973	7.736	2,83	2,67	1,8
Finlândia	4.390	4.953	5.901	6.775	6.775	2,49	2,34	1,8
Sudão	5.424	5.639	5.854	5.940	6.121	3,08	2,11	0,5
Alemanha	5.388	5.416	5.278	5.290	5.295	3,06	1,83	-0,1
Outros	46.902	59.431	67.830	77.126	77.706	26,63	26,83	2,0
Total	171.332	214.619	242.960	264.001	289.599	100,0	100,0	2,1

Fonte: FAO (2015).

No Brasil

O território nacional possui 851,48 milhões de hectares, sendo que a evolução do uso da terra nos estabelecimentos agrícolas passou de 246 milhões de hectares, em 1970, para 317 milhões, em 2006, (Tabela 2), o que representa um aumento de 28,86%, com ocupação de 37,35% do país. Neste mesmo período, a área nacional com florestas plantadas aumentou 171%, principalmente em decorrência das oportunidades geradas pelo desenvolvimento do setor florestal brasileiro e pela necessidade de substituição de madeira de origem nativa por madeira de plantio florestal comercial, para usos energéticos e industriais.

Tabela 2. Evolução do uso da terra dos estabelecimentos agrícolas no Brasil entre 1970 e 2006 (em hectares).

Uso da terra	1970	1975	1980	1985	1996	2006
Lavouras permanentes	7.984.059	8.385.390	10.472.124	9.903.472	7.541.626	11.612.229
Lavouras temporárias	25.999.716	31.616.239	38.605.107	42.244.210	34.252.828	48.234.389
Matas naturais	56.222.951	67.857.524	83.151.970	83.016.962	88.897.583	93.982.304
Matas plantadas	1.658.226	2.864.300	5.015.700	5.966.612	5.396.013	4.497.322
Pastagens naturais	124.405.933	125.950.591	113.897.035	105.094.014	78.048.464	57.316.459
Pastagens plantadas	29.732.297	39.701.360	60.602.271	74.094.390	99.652.011	101.437.411
Total geral	246.003.182	276.375.404	311.744.207	320.319.660	313.788.525	317.080.114

Fonte: IBGE (2007).

A partir de 1970, as plantações florestais comerciais apresentaram o segundo pior incremento em ocupação das áreas nacionais, sendo superior apenas ao de pastagens nativas, que teve a sua área reduzida ao longo deste período pela conversão para outros usos, principalmente pastagens plantadas. A área com plantios florestais comerciais apresentou um aumento médio anual de 78,8 mil hectares ao longo deste período, bem inferior aos 100 mil hectares anuais de lavouras permanentes, 617 mil hectares de lavouras temporárias e 1,99 milhão de hectares de pastagens plantadas (Tabela 2).

A Tabela 3 apresenta a área plantada e colhida, a quantidade produzida e o valor bruto da produção (VBP) por área das principais culturas agrícolas em 2013. As plantações florestais comerciais são a quarta maior cultura com área plantada, menor apenas que a soja, o milho e a cana-de-açúcar. Entretanto, a área disponível para colheita é significativamente inferior a esse valor, uma vez que a rotação de plantações de eucalipto, geralmente, dura sete anos, e as de pinus e de outras espécies plantadas com finalidade de madeira, pelo menos quinze anos. Assim, pode-se estimar que a área disponível para colheita seja próxima a 920 mil hectares por ano, aproximando as plantações florestais comerciais às culturas de algodão e sorgo em termos de área disponível para colheita.

Tabela 3. Área plantada, colhida, produção e valor bruto da produção em 2013 das principais culturas agrícolas do Brasil.

Principais produtos das lavouras temporárias e permanentes	Área plantada ou destinada à colheita (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t ou m ³)	Valor da produção (VP) (1.000 R\$)	VP por área colhida (R\$/ha.ano)
Total	72.737.134	71.294.379	...	232.468.993	
Lavouras temporárias	66.406.024	65.396.271	...	196.083.410	
Lavouras permanentes	6.331.110	5.898.108	...	36.385.583	
Soja (em grão)	27.948.605	27.906.675	81.724.477	68.934.363	2.470,17
Milho (em grão)	15.708.367	15.279.652	80.273.172	26.723.097	1.748,93
Cana-de-açúcar ⁽¹⁾	10.223.043	10.195.166	768.090.444	42.946.610	4.212,45
Feijão (em grão)	3.041.299	2.813.506	2.892.599	6.945.595	2.468,66
Arroz (em casca)	2.386.821	2.353.152	11.782.549	7.545.033	3.206,35
Trigo (em grão)	2.225.401	2.087.395	5.738.473	3.809.304	1.824,91
Café (beneficiado) ⁽¹⁾	2.094.257	2.085.522	2.964.538	12.820.331	6.147,30
Mandioca ⁽¹⁾	1.560.263	1.525.918	21.484.218	10.130.512	6.638,96
Algodão herbáceo (em caroço)	946.406	943.742	3.417.196	6.923.887	7.336,63
Sorgo granífero (em grão)	802.020	792.838	2.126.179	535.796	675,80
Laranja ⁽¹⁾	719.360	702.200	17.549.536	4.765.624	6.786,70
Castanha de caju ⁽¹⁾	708.808	695.289	109.679	160.294	230,54
Cacau (em amêndoa) ⁽¹⁾	692.435	689.276	256.186	1.214.038	1.761,32
Banana ⁽¹⁾	490.628	485.075	6.892.622	5.114.223	10.543,16
Fumo (em folha)	405.671	405.253	850.673	5.631.445	13.896,12
Outros	2.480.750	2.333.720	29.368.376	28.269.120	-
Florestas plantadas comerciais⁽²⁾⁽³⁾	7.600.974	-	229.896.746	14.094.763	1.854,34

Fonte: Elaborada por José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira a partir de dados da Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2013a), da Pesquisa da Extração Vegetal e Silvicultura (IBGE, 2013b) e da Indústria Brasileira de Árvores (2014).

⁽¹⁾ Área destinada à colheita em 2013.

⁽²⁾ Quantidade produzida e valor da produção obtidos na Pesquisa da Extração Vegetal e Silvicultura (IBGE, 2013b) e área plantada da Indústria Brasileira de Árvores (2014).

⁽³⁾ O total de madeira foi calculado considerando que 7,845 m³ de madeira são utilizados para produzir uma tonelada de carvão vegetal (LIMA et al., 2012a).

A colheita de madeira da maior parte dos plantios florestais comerciais ocorre em torno dos sete anos (*Eucalyptus*) ou a partir dos 13 anos (*Pinus*). Tendo por base a área estimada de colheita, o valor bruto médio da produção foi R\$ 1.854,34 por hectare e por ano (Tabela 3). Para tanto, dividiu-se o valor da produção (VP) pela área plantada ou destinada à colheita em hectares. Esse valor é inferior à maioria das culturas. Assim, a atividade se torna interessante porque os solos utilizados geralmente são mais pobres e com baixa aptidão agrícola e há uma estrutura verticalizada ou polos industriais que garantem a absorção da produção. Na mesma linha de raciocínio e segundo a Indústria Brasileira Árvores (2015), em termos marginais, cada hectare de plantações florestais adicionou R\$ 7.800,00 ao PIB nacional,

em 2014. A publicação compara tal valor ao complexo soja, que adicionou R\$ 4.900,00 por hectare plantado, e o da pecuária (R\$ 2.700,00).

Custos de produção e rentabilidade econômica

Os custos de produção de plantios florestais comerciais dependem de uma diversidade de situações como, por exemplo, do nível tecnológico (nível de produtividade); do objetivo da produção, da escala de produção (nível empresarial ou pequeno produtor); das técnicas de manejo (operações mecanizadas ou uso de mão-de-obra); da fertilidade do solo e da necessidade de controle de pragas; da densidade de plantas por hectare; e do tipo de solo (plano, ondulado ou acidentado), entre outras situações. Dependendo dessas situações eles podem ser inferiores aos custos de produção das principais culturas agrícolas (Tabelas 4 e 5), de maneira que a renda líquida obtida na atividade pode se igualar ou até superar a de atividades agrícolas em solos mais pobres.

Na Tabela 4, são apresentadas as rentabilidades das culturas calculadas a partir de dados de sistemas de produção disponíveis na Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) para as safras de 2013 e 2014 e o preço considerado foi uma média dos preços de dezembro de 2013 e 2014 e agosto de 2014 (INDICADORES..., 2015).

Tabela 4. Custos de produção, produtividade e renda das principais culturas agrícolas do Brasil em 2013.

Cultivos	Custo total (R\$/ha)	Custo operacional (R\$/ha)	Produtividade (kg/ha)	Preço (R\$/kg)	Receita bruta (R\$/ha)	Renda líquida (R\$/ha)
Algodão (em pluma)	7.250,62	6.163,51	1.620,00	3,90	6.318,18	-932,44
Arroz	4.988,76	4.484,20	7.490,00	0,71	5.341,87	353,10
Café arábica	10.474,41	9.953,63	1.800,00	6,27	11.292,50	818,09
Feijão	3.468,34	3.103,19	2.725,00	1,58	4.286,03	817,70
Mandioca	6.318,12	5.803,55	30.992,00	0,22	6.765,09	446,97
Milho safrinha	1.780,43	1.351,02	5.625,00	0,24	1.360,31	-420,12
Soja	2.238,00	2.026,02	3.068,00	0,99	3.022,25	784,25
Trigo	2.178,10	1.752,79	2.660,00	0,55	1.457,80	-720,30

Fonte: Conab (2015a).

As rendas líquidas negativas para as culturas de algodão, milho safrinha e trigo se devem a diferentes fatores. O algodão sofreu um recuo nos preços, no período analisado. O milho safrinha deve ser analisado em conjunto com a soja, pois o seu plantio reduz o custo de produção da soja e a estratégia de produção envolve a rotação de milho e soja no mesmo ano. Já o trigo sofreu uma queda significativa dos preços decorrente do excesso de oferta de trigo importado devido à redução do imposto de importação (informação verbal)¹.

As rentabilidades apresentadas na Tabela 5 ilustram um plantio de eucalipto de alta tecnologia, com produtividade semelhante à média nacional (~38,1 m³/ha ano) (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2014), e outro de média à baixa tecnologia, com produtividade 25% inferior (CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO, 2015a, 2015b). Compõem os cenários, três valores para arrendamento das terras (R\$ 300,00;

¹ Informação fornecida pelo Dr. Mauro Osaki, pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Cepea/Esalq).

Tabela 5. Rentabilidade de uma cultura de eucalipto para lenha, vendida em pé, em diferentes cenários.

Sistema de produção	T.M.A. Real (anual)	Desembolso (R\$/ha em 7 anos)	Terra (R\$/ha em 7 anos)	Juros (R\$/ha em 7 anos)	Custo total (R\$/ha em 7 anos)	Renda líquida anual (R\$/ha ano)	
						Preço (R\$/m ³) 45,00	Preço (R\$/m ³) 32,00
Alta tecnologia (I.M.A. 40 m ³ /ha ano)	3%	6.234,83	1.400,00	1.298,66	8.933,48	523,79	3,79
			2.100,00	1.364,90	9.699,73	414,32	-105,68
	5%		1.400,00	2.283,17	9.917,99	383,14	-136,86
			2.100,00	2.397,37	8.933,48	266,83	-253,17
Baixa a média tecnologia (I.M.A. 30 m ³ /ha ano)	3%	5.159,47	700,00	994,24	9.699,73	370,90	-19,10
			1.400,00	1.060,49	7.619,96	261,43	-128,57
	5%		700,00	1.745,25	7.604,72	263,61	-126,39
			1.400,00	1.859,45	8.418,92	147,30	-242,70

Fonte: Elaborado por José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira e Edilson Batista de Oliveira a partir dos dados contidos em Indústria Brasileira de Árvores (2014) e Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (2015a; 2015b).

R\$ 200,00 e R\$ 100,00/ha ano), dois valores para a taxa mínima de atratividade (TMA) real (3% e 5% acima da inflação ao ano) e dois valores de preço da madeira em pé (R\$ 45,00/m³ e R\$ 32,00/m³ ~ R\$ 32,14/st e R\$ 22,86/st). O custo dos juros foi calculado a partir da diferença entre o valor futuro dos custos de produção e a soma simples dos mesmos.

Estes resultados ilustram que plantios florestais comerciais podem ter rentabilidade até superior às culturas agrícolas. Principalmente, porque o sistema de produção florestal utilizado na comparação foi o de produção de lenha, sendo este mais simples e com menor possibilidade de agregação de valor à floresta. Sistemas de produção mais longos com foco na produção de múltiplo uso (madeira serrada, celulose, etc.) apresentam rentabilidades superiores aos cultivos focados em um único produto, mas exigem uma maior profissionalização dos produtores para que possam atender mercados mais exigentes e que paguem melhores preços pela produção florestal.

Balança comercial

O setor florestal também contribui de maneira significativa para a balança comercial do país. Em 2014, os produtos florestais contribuíram com 10,2% das exportações do agronegócio e com 4,42% das exportações nacionais. Além disso, o setor importa menos do que exporta, sendo responsável por 9,3% do saldo da balança comercial do agronegócio (Tabela 6).

O setor comercial de florestas plantadas manteve a sua participação absoluta no saldo da balança comercial brasileira relativamente constante na última década, com uma leve tendência de alta nos últimos dois anos, sendo o quarto maior setor do agronegócio neste quesito (Figura 1).

Já a Figura 2 permite observar comportamentos diferentes nos setores da produção florestal comercial. Os saldos dos setores de papel e borracha natural têm apresentado uma leve tendência de queda ao longo do período. O saldo dos produtos de madeira apresentou uma queda de patamar entre 2007 e 2009, com uma leve tendência de alta nos últimos dois anos. O setor de celulose foi o responsável pela manutenção do saldo dos produtos florestais na balança comercial e, mesmo sentindo os reflexos da crise de 2009, manteve uma leve tendência de alta. Entretanto, a TGM de crescimento do saldo, após 2010, caiu de maneira significativa quando comparada à TGM de crescimento entre 2004 e 2008, passando de 24,25% ao ano no primeiro período para 2,93% ao ano no segundo período.

Tabela 6. Evolução da balança comercial dos produtos florestais.

Ano	Brasil (Bilhões US\$)			Agronegócio (Milhões US\$)			Produtos florestais (Milhões US\$)		
	Exportação	Importação	Saldo	Exportação	Importação	Saldo	Exportação	Importação	Saldo
2004	96,677	62,836	33,842	39.035,31	4.835,76	34.199,56	6.693,64	1.080,57	5.613,07
2005	118,529	73,600	44,929	43.623,38	5.112,05	38.511,33	7.202,08	1.222,76	5.979,32
2006	137,807	91,351	46,457	49.471,02	6.698,64	42.772,38	7.886,05	1.631,17	6.254,88
2007	160,649	120,617	40,032	58.431,40	8.732,27	49.699,13	8.822,84	1.950,34	6.872,51
2008	197,942	172,985	24,958	71.837,33	11.880,65	59.956,67	9.332,30	2.569,30	6.762,99
2009	152,995	127,722	25,272	64.785,62	9.900,47	54.885,14	7.227,10	1.747,10	5.480,01
2010	201,915	181,768	20,147	76.441,94	13.398,89	63.043,05	9.281,43	2.843,96	6.437,47
2011	256,040	226,247	29,793	94.967,65	17.507,98	77.459,67	9.637,05	3.437,29	6.199,76
2012	242,578	223,183	19,395	95.814,18	16.409,10	79.405,08	9.067,49	2.818,11	6.249,37
2013	242,179	239,621	2,558	99.967,78	17.060,58	82.907,21	9.634,77	2.673,04	6.961,73
2014	225,101	229,060	-3,959	96.747,88	16.613,85	80.134,03	9.950,71	2.472,01	7.478,70

Fonte: AgroStat (2015) e AliceWeb2 (2015).

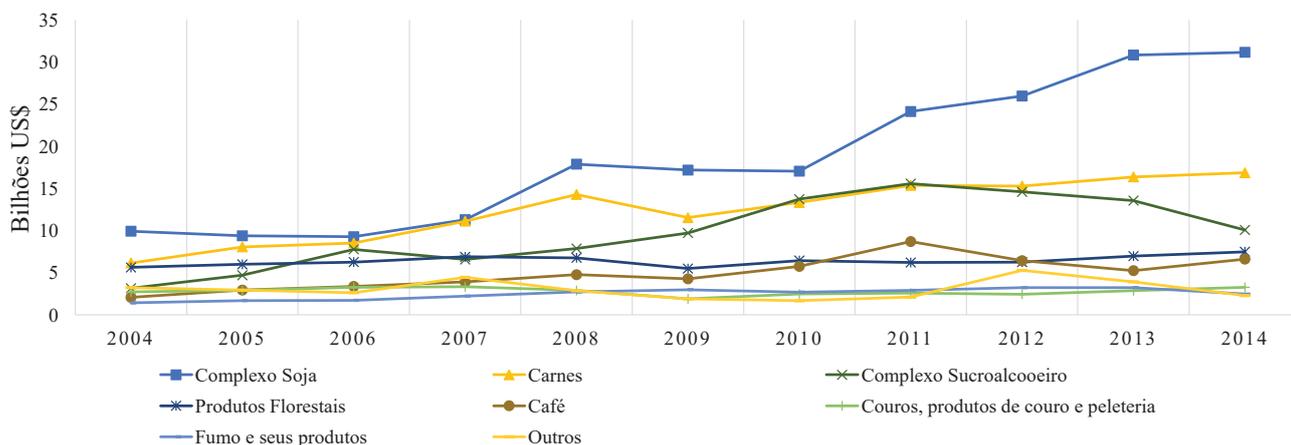


Figura 1. Saldo da balança comercial dos principais setores do agronegócio.

Fonte: AliceWeb2 (2015).

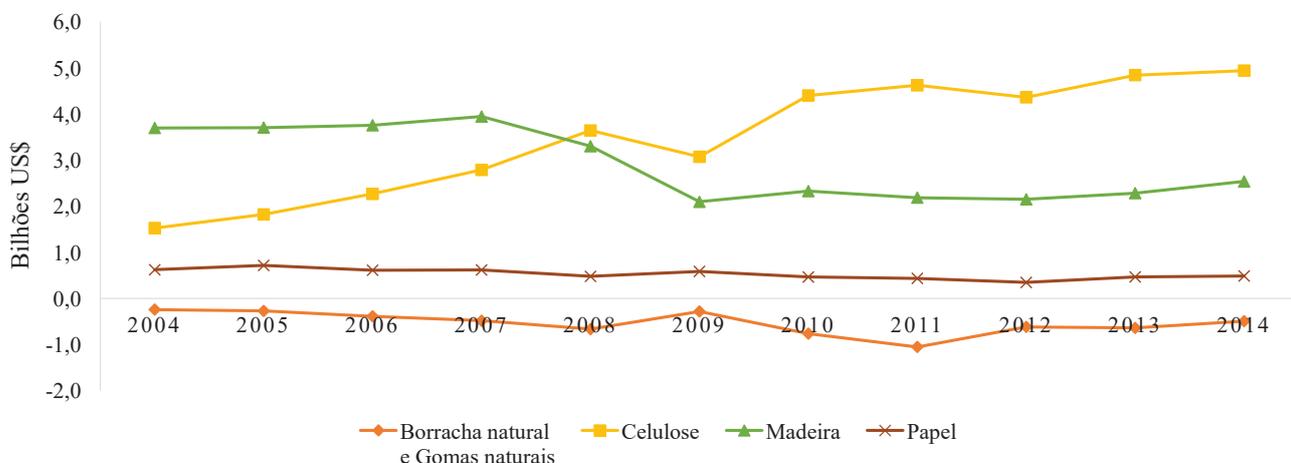


Figura 2. Saldo da balança comercial dos principais setores da produção florestal.

Fonte: AliceWeb2 (2015).

A alteração no comportamento do saldo da balança comercial dos setores de celulose e dos produtos de madeira inspira um olhar mais detalhado sobre o seu comportamento e sobre as medidas a serem adotadas para aumentar a sua competitividade. Outra informação que chama atenção é o constante déficit no setor de borracha natural, indicando que o Brasil não é autossuficiente na produção de borrachas naturais.

Potencial de geração de empregos

A produção florestal comercial também contribui para a geração de empregos na econômica nacional. Foram mais de 668 mil empregos diretos gerados pelo setor em 2013 (Tabela 7), sendo que o maior potencial de geração de emprego está nas atividades posteriores ao longo da sua cadeia produtiva, nos processos de transformação e agregação de valor ao produto florestal.

Tabela 7. Evolução do emprego formal⁽¹⁾ por segmento do setor florestal comercial.

Segmento	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Produção florestal - florestas comerciais plantadas	51.406	62.499	65.454	62.877	69.474	70.316	66.734	64.543
Produção florestal - florestas nativas comerciais	8.744	8.671	6.443	6.382	7.160	8.189	8.380	7.380
Atividades de apoio à produção florestal	59.197	60.787	52.376	44.419	53.069	54.504	47.289	39.909
Empregos diretos - produção florestal	119.347	131.957	124.273	113.678	129.703	133.009	122.403	111.832
Produção moveleira	160.117	168.139	171.218	172.740	188.178	196.647	204.743	207.208
Produção de celulose e papel	154.419	158.676	161.354	163.182	173.219	175.122	177.230	181.634
Desdobramento de madeira	100.982	99.183	87.929	83.114	87.586	85.215	81.267	78.078
Produção de estruturas e artefatos de madeira	44.386	45.407	45.061	43.742	47.559	48.481	48.688	48.402
Produção de lâminas e chapas de madeira	52.200	50.786	45.089	39.491	42.045	41.208	40.644	40.888
Empregos diretos - cadeia produtiva florestal	512.104	522.191	510.651	502.269	538.587	546.673	552.572	556.210
Total	631.451	654.148	634.924	615.947	668.290	679.682	674.975	668.042

⁽¹⁾ Quantidade de vínculos ativos.

Fonte: Serviço Florestal Brasileiro (2015).

Entre os empregos diretos gerados na produção florestal, o setor de produção florestal comercial e as atividades de apoio foram responsáveis por mais de 90% dos empregos diretos gerados na atividade primária florestal comercial.

A capacidade de geração de empregos do setor florestal comercial foi confirmada por Najberg e Pereira (2004), que estimaram o potencial de geração de empregos de quarenta e um setores da economia brasileira caso houvesse um aumento de produção de R\$ 10 milhões em cada um deles. O setor de madeira e mobiliário e o setor de celulose, papel e gráfica ocupariam o quinto e o vigésimo lugar dentre todos os setores da economia nacional, respectivamente (Tabela 8). O setor da indústria da borracha ocuparia a trigésima terceira posição. O aumento dos plantios florestais comerciais com foco em múltiplo uso, além de apresentarem tendência de maior rentabilidade para os produtores, tem a possibilidade

Tabela 8. Potencial de geração de empregos resultante de um aumento de R\$ 10 milhões na produção.

Setor	Diretos	Rank	Indiretos	Rank	Efeito-renda	Rank	Total	Rank
Agropecuária	393	4	131	15	303	7	828	3
Madeira e mobiliário	293	6	219	8	294	8	805	5
Indústria do café	41	23	356	2	323	3	719	6
Fabricação de calçados	246	7	174	10	290	9	711	7
Fabricação de açúcar	32	29	307	6	337	1	677	8
Abate de animais	36	27	358	1	270	18	664	9
Beneficiamento de produtos vegetais	58	20	327	4	259	23	643	11
Fabricação de óleos vegetais	8	40	350	3	284	13	642	12
Indústria de laticínios	29	30	326	5	267	19	621	13
Outros produtos alimentícios	82	16	238	7	252	24	572	14
Celulose, papel e gráfica	59	19	155	11	271	17	485	20
Indústria têxtil	62	18	144	12	176	41	382	29
Indústria da borracha	23	32	108	23	229	31	360	33

Fonte: Adaptado de Najberg e Pereira (2004).

de ofertar matéria-prima para os dois principais setores florestais na geração de emprego, podendo dar uma importante contribuição para o desenvolvimento social e econômico do país.

Conforme foi destacado com essas informações, o segmento de florestas plantadas se sobressai no Brasil pelo seu elevado impacto social e econômico. A atividade apresenta alto potencial de expansão, com geração de renda e emprego, principalmente ao longo da sua cadeia produtiva de transformação da madeira, incrementando a obtenção líquida de divisas para o país. O aumento da área de florestas plantadas, principalmente aquelas destinadas ao múltiplo uso, pode trazer desenvolvimento social e econômico, com geração de emprego, renda e divisas, a várias localidades no país, notadamente às regiões com pouco desenvolvimento e que possuem extensas áreas de pastagens degradadas, que poderiam ser convertidas em plantios florestais.

Plantações florestais comerciais e o solo

*Shizuo Maeda
Moacir José Sales Medrado*

Introdução

O solo é um recurso natural básico, um componente fundamental dos ecossistemas e dos ciclos naturais, um reservatório de água, um suporte essencial do sistema agrícola e das plantações florestais comerciais.

Tanto para a plantação florestal comercial como para atividades agropecuárias, a degradação do solo pode se dar em função da utilização de tecnologias inadequadas que promovam a erosão, compactação, salinização ou poluição por produtos químicos, assim como a remoção de nutrientes do solo.

Plantações florestais comerciais e erosão hídrica dos solos

O nível de erosão do solo em um dado ecossistema depende da quantidade de água que chega a ele, da inclinação da área onde ele se encontra, de suas características físicas, da quantidade de resíduos sobre ele no momento da chuva, etc. Por sua vez, a quantidade de água que chega ao solo e a quantidade de resíduos no solo são, de certo modo, dependentes da espécie plantada no local (VITAL, 2007).

Obviamente que, ao se desmatar para implantar uma plantação florestal comercial de eucalipto, por exemplo, promove-se condição para que ocorra maior escoamento de água e erosão do solo em comparação ao ecossistema natural (DAVIDSON, 1985). Entretanto, muitas vezes a plantação florestal comercial é estabelecida em áreas sem nenhuma cobertura vegetal original. Nesses casos, ao contrário, ela passa a dar uma contribuição para uma diminuição do escoamento superficial de água e, por conseguinte, para diminuir a erosão hídrica. Nessa circunstância, pode-se dizer que as plantações florestais comerciais podem, inclusive, trazer benefícios sobre diversas propriedades do solo como estrutura, capacidade de armazenamento de água, drenagem e aeração, entre outras. Além disso, quase tudo o que a plantação florestal comercial retira do solo, ela devolve. Após a colheita, na maioria das vezes, cascas, folhas e galhos, que possuem 70% dos nutrientes da árvore, permanecem no local e incorporam-se ao solo como matéria orgânica.

Durante a maior parte do ciclo necessário para produção de madeira, o solo fica praticamente em repouso com crescente acúmulo de material vegetal, devido a quedas de galhos e folhas, que passam a constituir a serapilheira. Além disso, há o crescimento de sub-bosque, favorecendo a proteção da superfície do solo (MARTINS et al., 2003). Mesmo quando se faz a colheita, normalmente não se faz em toda área plantada, diferentemente do que ocorre nas colheitas de lavouras temporárias.

No Brasil, um dos primeiros trabalhos sobre perdas de solo em plantios florestais comerciais foi desenvolvido por Lima (1996), que determinou perdas de solo e água durante quatro anos em Neossolo Quartzarênico cultivado com *Eucalyptus grandis*. As perdas, no primeiro ano, foram substancialmente superiores àquelas observadas no quarto ano de cultivo, pelo fato da cobertura no primeiro ano ser, ainda, muito reduzida. Isso quer dizer que o solo fica desprotegido por um pequeno período durante o ciclo de produção.

Martins et al. (2003) estudaram as perdas de solo por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz, ES, comparando o eucalipto, em cultivo mínimo, com a mata nativa e solo descoberto em Argissolo Amarelo, de textura média argilosa (PA1), em Plintossolo Háptico (FX) e em Argissolo Amarelo, moderadamente rochoso (PA8), tendo observado que as perdas de solo sob o eucalipto ficaram, relativamente, próximas

daquelas da mata nativa. Na mesma área experimental, Martins (2005) observou a manutenção dos resultados anteriores (Tabela 1), indicando que a cultura do eucalipto oferece eficiente cobertura ao solo quando manejada de forma adequada.

Tabela 1. Valores anuais de perda de solo estimados pela Equação Universal de Perdas de Solo EUPS, valores de perdas de solo medidos nas parcelas no campo e tolerância de perdas de solo.

Solo	Tratamentos	Perdas de solo		Tolerância de perdas
		Estimadas ⁽¹⁾	Observadas	
.....Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹				
PA1	Descoberto	12,756	2,118	-
	Mata	0,005	0,047	10
	Eucalipto	0,024	0,680	-
FX	Descoberto	1,981	1,000	-
	Mata	0,002	0,042	13
	Eucalipto	0,004	0,606	-
PA8	Descoberto	20,385	26,462	-
	Mata	0,003	0,070	11
	Eucalipto	0,056	0,981	-

⁽¹⁾ Valores anuais de perda de solo estimados pela Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), considerando os fatores erodibilidade, erosividade, topográfico, cobertura vegetal e práticas conservacionistas do eucalipto e mata nativa.

Fonte: Martins (2005).

Perdas de solo foram avaliadas por Brito et al. (2005) em plantações comerciais de eucalipto, no município de Guanhães, Vale do Rio Doce, MG, em Latossolo Vermelho, típico durante os primeiros 14 meses de implantação da cultura em vários sistemas de manejo. As perdas de solo foram 0,011; 0,412; 1,770; 0,063; 0,098; e 0,116 mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, para floresta nativa, pastagem nativa, solo descoberto, eucalipto plantado no sentido do declive do terreno com queima dos restos culturais, eucalipto plantado em nível sem queima de restos culturais e solo sob plantio de eucalipto em nível sem queima de restos culturais.

Brito et al. (2005) avaliaram a influência de diferentes sistemas de manejo, em área de pós-plantio de eucalipto, sobre as perdas de solo e água por erosão. O experimento foi instalado em Latossolo Vermelho muito argiloso, relevo ondulado, sob três sistemas de manejo de eucalipto (eucalipto plantado no sentido do declive com queima de restos culturais; eucalipto plantado no sentido do declive sem queima de restos culturais; eucalipto plantado em nível sem queima de restos culturais), floresta nativa, solo descoberto e pastagem nativa. As avaliações de perdas de solo e água foram realizadas em parcelas-padrão instaladas no campo. Todos os sistemas com eucalipto apresentaram valores muito baixos de perda de solo em relação ao limite de tolerância, durante o período de avaliação experimental, evidenciando a adequação do sistema de manejo no tocante à erosão hídrica. A sustentabilidade desses ambientes no contexto de erosão é indicada pelo fato das suas perdas de solo estarem muito próximas daquelas da floresta nativa (referencial).

Pires et al. (2006) avaliaram as perdas de solo por erosão hídrica em parcelas-padrão sob chuva natural, no período pós-plantio, em diferentes sistemas de manejo de plantações de eucalipto, em Latossolo Vermelho-Amarelo, muito argiloso e relevo ondulado. Os sistemas estudados foram mata nativa, pastagem plantada, eucalipto plantado em nível; eucalipto plantado na direção do declive; eucalipto plantado na direção do declive com queima de restos culturais; e solo descoberto. Entre os sistemas florestais, o eucalipto plantado em

nível foi o que mais se aproximou da mata nativa em termos de perdas de solo, indicando assim uma maior sustentabilidade.

Carvalho (2013) também afirma que as plantações florestais comerciais não causam grandes processos erosivos em função de terem um ciclo que lhes permitem proteger o solo por um longo período. Por outro lado, os cultivos de ciclo curto para produção de grãos utilizam o solo em períodos cíclicos de um ano ou menos. Isso tem se intensificado com a inovação da safrinha ou segundo cultivo, tornando-os mais susceptíveis à erosão, quando comparados com os de usos mais longos (frutíferas, plantações florestais comerciais, ervais, etc.).

Outro estudo foi realizado por Martins et al. (2010) em uma microbacia hidrográfica de 286 hectares, localizada no Município de Aracruz, ES, onde se estudou, entre 1997 e 2004, o efeito da plantação de eucalipto sobre a perda de solo em comparação com o solo descoberto e o solo sob a Mata Atlântica. Os resultados mostraram que, para as condições de plantio de eucalipto, médias das perdas de solo por erosão hídrica variaram de 0,60 a 1,05 mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 2), estando muito aquém dos limites de tolerância para os solos nessa região, que foram estimadas em 10, 11 e 5 mg ha⁻¹ ano⁻¹ para o Argissolo Amarelo textura média/argilosa, Plintossolo Háplico Distrófico e Argissolo Amarelo moderadamente rochoso, respectivamente. As perdas de solo no sistema eucalipto corresponderam a 6,8%; 5,5%; e 21,0% do valor de tolerâncias de perdas de solo para as referidas classes de solo, indicando a adequação do manejo deste sistema de produção florestal em relação à erosão hídrica.

Tabela 2. Valores de perdas de solo por erosão hídrica para três coberturas vegetais e três classes de solo nos Tabuleiros Costeiros durante o período de novembro de 1997 a maio de 2004.

Ano	PA1			FX			PA2		
	Euc.	M.At.	Desc.	Euc.	M.At.	Desc.	Euc.	M. At.	Desc.
..... Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹									
1997	0,69	0,07	1,25	1,77	0,06	1,77	3,20	0,15	2,90
1998	3,07	0,11	2,56	2,10	0,07	0,65	0,32	0,21	1,57
1999	0,93	0,04	2,38	0,58	0,04	0,95	2,38	0,10	19,31
2000	0,29	0,08	1,87	0,21	0,08	0,77	2,04	0,08	66,37
2001	0,20	0,04	3,97	0,10	0,05	1,65	0,28	0,05	43,14
2002	0,03	0,03	0,87	0,01	0,01	1,21	0,04	0,01	18,26
2003	0,01	0,00	0,14	0,00	0,01	0,10	0,10	0,00	17,66
2004	0,19	0,01	2,08	0,07	0,02	0,79	0,02	0,03	35,15
Média	0,68	0,05	1,89	0,60	0,04	0,99	1,05	0,08	25,55

PA1 = Argissolo Amarelo textura média/argilosa; FX = Plintossolo Háplico Distrófico; PA2 = Argissolo Amarelo moderadamente rochoso; Euc. = eucalipto; M.At. = mata atlântica; Desc. = solo descoberto.

Fonte: Martins et al. (2010).

Silva et al. (2011) avaliaram a influência dos sistemas de manejo adotados nos plantios florestais com eucalipto (eucalipto em nível - EN; eucalipto em desnível - ED; e eucalipto em desnível com queima - EDQ) sobre as perdas de solo por erosão hídrica em relação às perdas em floresta nativa (FN), pastagem (PP) e solo descoberto (SD) em um Latossolo Vermelho (LV) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) com o objetivo de indicar qual o período mais crítico no manejo do solo, em relação à erosão hídrica durante o ciclo de cultivo do eucalipto. O estudo foi conduzido nos municípios de Belo Oriente (LVA) e Guanhães (LV), situados no Vale do Rio Doce. Com exceção do sistema SD no LVA, as perdas de solo foram abaixo do limite de tolerância admissível para essas classes de solos nessas regiões, que foram de 11,22 mg ha⁻¹ ano⁻¹ no LV e de 7,17 mg ha⁻¹ ano⁻¹ no LVA.

Plantações florestais comerciais e a compactação dos solos

A compactação é o ato ou ação de forçar a agregação das partículas do solo, levando à redução do volume por ele ocupado. Sua ocorrência se dá quando, após a aplicação de tensão sobre o solo, provoca-se um aumento da densidade e uma diminuição no volume de macroporos, tornando mais lentas a infiltração e o movimento interno de água no solo e uma maior resistência mecânica do solo ao crescimento das raízes (SEIXAS, 1988)

Inúmeros trabalhos constataram a influência do tráfego de máquinas durante a colheita na compactação dos solos em plantios florestais comerciais (DEDECEK; GAVA, 2005; LOCKABY; VIDRINE, 1984; LOPES et al., 2011; MISRA; GIBBONS, 1996; RAB, 1996; RODRIGUES, 2013; THEODOROU et al., 1991). Alguns desses trabalhos demonstraram que tal processo de compactação levou a: a) o aumento dos níveis de erosão (LOCKABY; VIDRINE, 1984); b) a redução no comprimento das raízes primárias e laterais (MISRA; GIBBONS, 1996; THEODOROU et al., 1991); c) a redução no peso das raízes (RAB, 1996); e d) a redução da produtividade do sítio (DEDECEK; GAVA, 2005). Rodrigues (2013) verificou que durante a etapa da colheita, a compactação do solo difere ao longo da linha de extração, mostrando que há uma variabilidade espacial da compactação do solo produzida pela atividade de colheita de madeira.

Dedecek e Gava (2005) destacaram que o impacto mais significativo nos atributos físicos do solo sob florestas ocorre em associação com operações de colheita, baldeio e subsequente preparo do solo para rebrota ou plantio do ciclo seguinte. Essas atividades alteram a estrutura e os atributos físico-hídricos do solo, dificultando o crescimento e a distribuição das raízes no solo e, conseqüentemente, o desenvolvimento das florestas. Entretanto, o efeito da colheita das árvores em uma plantação florestal comercial na compactação do solo tem diminuído em função da modernização dos equipamentos de colheita e de algumas práticas de manejo (MAKKONEN, 1989; SEIXAS et al., 1998). Há casos, inclusive em que não se observou efeito significativo (OLIVEIRA; LOPES, 2010). O tráfego de máquinas sobre camadas de resíduos florestais, por exemplo, contribui para a redução do nível de compactação conforme observado por Dias Júnior et al. (2014), Makkonen (1989) e Seixas et al. (1998).

Andrade (2014) desenvolveu trabalho visando, entre outros objetivos, identificar as classes e horizontes de solo mais resistentes e mais suscetíveis à compactação e determinar os impactos causados pelas operações de colheita florestal realizadas, em Teixeira de Freitas, BA, com o modal Harvester e Forwarder e com o sistema alternativo de colheita florestal composto por *Feller Buncher*, *Skidder*, *Flail*, *Power Clamp* e garra traçadora. Em todas as situações, os sistemas promoveram algum nível de compactação. A compactação variou com o tipo de sistema utilizado, com a classe de solo e com o horizonte do solo, mostrando a necessidade de utilização do resíduo florestal nas linhas de passagem dos equipamentos, com efeito minimizador na compactação do solo.

Além dos estudos relacionados ao uso de resíduos da colheita influenciando na compactação do solo, existem outros demonstrando a importância do tipo de solo, superior, até mesmo, à influência do teor de umidade do solo na época da colheita, na compactação resultante dos diferentes equipamentos empregados (DIAS JÚNIOR et al., 2014). Também é importante atentar para o efeito da declividade do terreno, sendo importante evitar o tráfego de máquinas em áreas de declive acentuado, sob condições de maior umidade em solo argiloso (SEIXAS; OLIVEIRA JÚNIOR, 2001).

A compactação por máquinas agrícolas em sistemas de produção não é um problema exclusivo das plantações florestais comerciais, uma vez que, segundo estimativas de

Flowers e Lal (1998), cerca de 68 milhões de hectares das terras agrícolas do planeta estão em processo de degradação ocasionada pela compactação. Portanto, o processo de compactação deve ocorrer tanto em plantios florestais comerciais quanto em pastagens e culturas agrícolas anuais, semiperenes e perenes (CARDOSO et al., 2006; PAIS et al., 2011; SEVERIANO et al., 2010; SOARES et al., 2005; TORMENA et al., 1998).

Plantações florestais comerciais e a exportação de nutrientes

As florestas consomem para seu crescimento, além do CO₂ atmosférico, alguns nutrientes contidos no solo, tais como potássio, cálcio, magnésio, nitrogênio e fósforo. Esses nutrientes, após serem absorvidos pelas raízes, são incorporados às diferentes partes da árvore (folhas, cascas, lenho e ramos).

A distribuição de biomassa numa árvore de eucalipto, aos sete anos de idade, é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Distribuição da biomassa por compartimentos da planta (tonelada seca/ha) %.

Compartimento	Distribuição
Raízes	12-18
Cascas	8-12
Copas	6-10
Madeira do tronco	60-74

Fonte: Foelkel (2015).

Davidson (1995) afirma que, em termos gerais, os eucaliptos consomem menos nutrientes por quantidade de madeira produzida do que outras espécies, sendo, portanto, eficientes também no consumo de nutrientes. Klock e Andrade (2013), após analisarem a composição química elementar da madeira de diversas espécies de coníferas e de folhosas, verificaram a seguinte composição percentual, considerando o peso seco da madeira: carbono (49-50%), hidrogênio (6%), oxigênio (44-45%) e nitrogênio (0,1-1,0%). Além destes elementos encontram-se pequenas quantidades de Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg) e outros, que constituem as substâncias minerais existentes na madeira.

Assim, além dos minerais contidos na porção “cinzas”, o que é retirado na colheita são compostos orgânicos formados por elementos extraídos do ar, fixados pelas folhas do eucalipto no processo da fotossíntese. Permanecendo as folhas e os galhos sobre o solo, acontece, inclusive, uma melhoria da fertilidade graças à reciclagem dos nutrientes absorvidos pelas raízes do eucalipto nas porções mais profundas do solo.

Na Tabela 4, são apresentados dados comparando as culturas do café, algodão, soja, soja + algodão, milho, milho + soja, laranja e pastagem com eucalipto em dois níveis de produtividade, durante sete anos. Observa-se que o eucalipto é a cultura que menos extrai N, P e K, perdendo apenas para o café, em termos de extração de P, e para o milho, em relação à extração de K. Em relação ao cálcio, sua extração é maior que todas as culturas, à exceção das pastagens. Quanto ao magnésio, o comportamento é muito semelhante ao do cálcio, sendo superado apenas pela pastagem, pelo algodão e pelo conjunto soja + algodão.

Tabela 4. Exportação de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) pelas culturas de café, algodão, soja, milho, milho + soja, soja + algodão, laranja; pela pastagem e plantio de eucalipto em dois níveis de produtividade, durante 7 anos.

Cultura	N	P	K	Ca	Mg
Algodão	886	141	478	76	219
Café	386	21	418	45	25
Laranja	1062	112	838	279	73
Milho	566	136	172	18	54
Milho + soja	1580	235	510	78	93
Pastagem	2324	371	2905	875	518
Soja	1015	99	338	60	40
Soja + algodão	1900	241	816	135	259
Eucalipto ⁽¹⁾	182	46	180	235	99
Eucalipto ⁽²⁾	243	62	241	312	131

Obs.: Eucalipto em ciclo de sete anos de idade: ⁽¹⁾IMA = 30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹; ⁽²⁾IMA = 40 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

Em relação à exportação de nutrientes pela extração de grandes volumes de madeira, a remoção de nutrientes do solo em plantações de eucalipto depende das técnicas de manejo das plantações e dos métodos de colheita. Entretanto, o consumo de nutrientes por árvores de eucalipto não é maior do que o consumo de outras culturas agrícolas (PALMBERG, 2002). Não se está querendo afirmar, no entanto, que a remoção de elementos minerais do sítio florestal pela exportação da madeira, somente, ou da madeira mais casca, não seja importante e nem que uma adequada e inteligente gestão dos balanços nutricionais dos bioelementos vitais aos indivíduos das plantações florestais não seja necessária. É importante ressaltar que a plantação florestal é comparável às culturas agrícolas e que cuidados especiais vêm sendo tomados ao longo de toda a rede florestal e industrial para monitoramento e avaliação dos possíveis impactos da retirada de nutrientes do sítio florestal.

Resíduos da colheita das plantações florestais comerciais e a proteção do solo

A manutenção dos resíduos florestais (serapilheira e sobras da colheita) entre as rotações de cultivo é de fundamental importância para a manutenção da fertilidade do solo (TIESSEN et al., 1994) e para a sustentabilidade da produção florestal (MENDHAM et al., 2002; TIARKS et al., 1999). Além disso, os resíduos florestais na superfície do terreno contribuem para a proteção do solo e reduções dos extremos térmicos (GONÇALVES et al., 1997), das perdas de água por evaporação (MATTHEWS, 2005) e do escoamento superficial (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008; GONÇALVES et al., 2002), além de contribuir para o aumento da biomassa microbiana do solo (MENDHAM et al., 2002) e da mineralização de nutrientes (FERNÁNDEZ et al., 2009; GONÇALVES et al., 2008; NZILA et al., 2002; O'CONNELL et al., 2004; SANKARAN et al., 2008).

As quantidades de resíduos florestais remanescentes sobre o solo podem variar de 10 a 120 mg ha⁻¹, dependendo da região, idade, espaçamento e sistema de colheita utilizado (DU

TOIT et al., 2008; GONÇALVES et al., 2000; SANKARAN et al., 2008). Tais resíduos, por serem de difícil degradação, permanecem por longos períodos sobre o solo, dificultando as operações silviculturais (ZEN et al., 1995). Atualmente, em função dos diversos benefícios promovidos pela manutenção dos resíduos no solo, a maioria das plantações florestais comerciais é estabelecida sob o sistema de cultivo mínimo do solo em que o preparo é localizado e os resíduos florestais são mantidos na superfície. Não se pode negar, no entanto, a existência de pressão ocasionada pelo fato do resíduo de colheita se comportar como obstáculo, quando se trabalha com área de reforma. Outra pressão exercida sobre os resíduos da colheita está relacionada à sua possibilidade de transformação em energia. Vale ressaltar que este tipo de pressão tem, igualmente, ocorrido no setor agrícola, em especial, no setor canavieiro.

Plantações florestais comerciais e a ciclagem de nutrientes

A ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, plantados ou naturais, tem sido amplamente estudada com o intuito de se obter maior conhecimento da dinâmica dos nutrientes nesses ambientes, não só para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas, mas também buscando informações para o estabelecimento de práticas de manejo florestal, para a recuperação de áreas degradadas e manutenção da produtividade de sítios degradados em recuperação (SOUZA; DAVIDE, 2001).

É fundamental ressaltar a importância das plantações florestais comerciais na ciclagem de nutrientes. Assim, de acordo com Vital (2007), o eucalipto, por exemplo, para produzir uma tonelada de madeira deixa no solo mais ou menos de 0,30 a 0,35 toneladas de serapilheira.

Estudos realizados com a serapilheira de *Pinus taeda*, durante o período compreendido de abril/2004 a março/2007, mostraram que o aporte médio anual de macronutrientes ao solo, por meio da deposição da serapilheira, em kg ha⁻¹, foi de 18,8 de Ca; 13,0 de N; 3,0 de Mg; 1,6 de K; 1,3 de S; e 1,1 de P, sendo a transferência de micronutrientes, em g ha⁻¹, de 4.708,3 de Mn; 592,3 de Fe; 74,1 de Zn; 34,0 de B; e 7,6 de Cu (VIEIRA; SCHUMACHER, 2010).

Além disso, pode-se observar que, em plantações de eucalipto, por exemplo, há um maior acúmulo de nutrientes no conjunto folhas, casca, galhos, e raízes, do que na madeira (Tabela 5), sendo que as folhas são o maior repositório de nutrientes dos componentes da serapilheira (Tabela 6).

Tabela 5. Acúmulo de nutrientes em diferentes partes do eucalipto (kg ha⁻¹).

Compartimentos da planta	Nitrogênio	Potássio	Cálcio	Magnésio	Fósforo
Folhas	80-200	30-100	25-45	10-20	5-10
Casca	20-40	30-120	150-400	25-45	05-12
Raízes	25-80	15-35	15-35	15-35	1-4
Galhos	10-30	25-75	30-65	10-20	2-8
Subtotal	135-350	100-330	220-545	60-120	13-34
Madeira	100-250	150-400	60-250	30-80	10-40

Fonte: Foelkel (2015).

Tabela 6. Composição de nutrientes na serapilheira - simulação.

Nutrientes	Serapilheira		
	Folhas	Galhos + frutos	Casca
N	92,6	4,8	2,6
P	85,9	7,7	8,4
K	75,8	14,0	10,2
Ca	46,0	19,3	34,7
Mg	64,5	20,6	14,9

Fonte: Foelkel (2015).

A partir de tais trabalhos, pode-se verificar que os nutrientes contidos nas folhas, galhos e serapilheira, principais resíduos da colheita florestal, representam uma percentagem altamente significativa no estoque de nutrientes de uma plantação florestal comercial. Assim como em qualquer outra cultura, será o manejo adotado pelo silvicultor que ditará a maior ou menor sustentabilidade do sítio explorado. Obviamente, que um manejo inadequado desses resíduos pode ter influências negativas na produtividade florestal das novas rotações, tanto por perdas de nutrientes contidos nestes resíduos quanto pela falta de proteção do solo (GONÇALVES et al., 2000).

Plantações florestais comerciais e a água

*Elenice Fritzsos
Lucília Maria Parron*

Introdução

A presença ou escassez de água estão entre os principais fatores relacionados à sobrevivência humana e impacta grandemente a capacidade de desenvolvimento de uma sociedade. Estima-se que, pelo menos, uma em cada seis pessoas no mundo não tem acesso à água potável e cerca de 80% da população mundial vive em áreas onde os recursos hídricos não estão facilmente disponíveis.

No Brasil, país com grandes diferenças entre as regiões quanto à disponibilidade natural de água, a pressão sobre o recurso tem aumentado a exemplo do que ocorre nas áreas metropolitanas dos grandes centros urbanos, como São Paulo. Brenha e Geraque (2014), com base em dados da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) destacaram que, entre 2004 e 2013, o consumo nos 33 municípios da região aumentou 26% enquanto a produção de água tratada cresceu apenas 9%. Na análise de impactos sobre a redução da disponibilidade dos recursos hídricos, devem ser considerados também os grandes períodos de seca, como os ocorridos recentemente, as ocupações irregulares, o desmatamento e outros processos que agravam a situação de escassez e deixam regiões sem reservas hídricas para enfrentar novas estiagens. A mesma tendência, em maior ou menor grau, tem sido verificada em outros municípios brasileiros, com causas assemelhadas ou diversas. Isso mostra que a conjuntura atual em relação à crise de abastecimento de água é bastante complexa e não está associada a apenas um fator como o tipo de uso e cobertura da terra, podendo ser consequência de múltiplos fatores.

Florestas plantadas e água, o exemplo do eucalipto

Se, por um lado, as florestas plantadas podem fornecer uma série de benefícios econômicos, ambientais e sociais, por outro, a questão do consumo de água por elas tem gerado polêmicas, de forma recorrente, em várias partes do mundo. Em especial, o cultivo do eucalipto tem recebido críticas quando se considera o tema da conservação da água de maneira não técnica ou com foco apenas em aspectos parciais do processo. Os benefícios e efeitos negativos de plantações florestais têm sido discutidos por vários autores, entretanto, há na literatura, o consenso de que os fatores que determinam o impacto de plantios comerciais nos recursos hídricos estão relacionados com a: 1) hidrologia florestal e propriedades do solo; 2) a paisagem de referência; e 3) configuração dos sistemas hídricos. Assim, existem situações em que os cultivos florestais podem reduzir a vazão de água superficial e da recarga de aquíferos. Dessa forma, toda plantação florestal, necessariamente, deve ser bem planejada e utilizar técnicas silviculturais adequadas que levem em conta estes três itens, principalmente, quando os recursos hídricos estão sob forte demanda.

A hidrologia florestal tem como principais parâmetros de estudo, o tipo de vegetação, o tipo de solo, a distribuição de chuvas, sua complexidade ambiental e o tipo de manejo aplicado. A Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP) é pioneira nessa linha de pesquisa (desde a década de 1970), por exemplo, com publicações de Lima (1987, 1993, 2015), que apresentam discussões sobre aspectos hidrológicos e plantios florestais. Também há uma vasta bibliografia sobre o tema na literatura internacional, inclusive nos trópicos como, por exemplo, Bruijnzeel (2001) e Calder (2007). No presente capítulo, são sintetizados alguns aspectos da interação entre florestas plantadas e recursos hídricos.

Mecanismos de uso eficiente da água pelas florestas

Espécies de eucalipto chamam atenção por seu grande potencial de crescimento e adaptação a diferentes condições climáticas. Os índices de produtividade do gênero são elevados quando comparados com um grande número de espécies florestais de clima temperado e tropical, sendo que altos índices de produtividade em locais com boa disponibilidade de água e de nutrientes resultam da boa intercepção de radiação solar e alta eficiência no uso da luz (WHITEHEAD; BEADLE, 2004).

O gênero *Eucalyptus* possui características, como propriedades das folhas, índice de área foliar e a arquitetura das copas, que possibilitam a redução do consumo de água e que lhe dão elevada capacidade de adaptação às variações climáticas. Suas folhas são espessas, resistentes e duráveis. A oferta adicional de água e nutrientes, quando feita no plantio, permite a obtenção de maiores índices de área foliar e, conseqüentemente, maior produtividade. A arquitetura das copas é bastante diferenciada das coníferas, e essa estratégia reduz a carga térmica quando há alta irradiação, especialmente em torno do meio-dia, devido à diminuição da radiação solar (WHITEHEAD; BEADLE, 2004).

A intercepção da precipitação pelo dossel florestal, e conseqüente redução da quantidade de chuva que atinge diretamente a superfície do solo, varia muito entre regiões (SHI et al., 2012). Em uma bacia hidrográfica de 286 ha no Espírito Santo, com 190 ha de plantações de eucalipto, 86 ha de vegetação original (Mata Atlântica), Almeida e Soares (2003) verificaram que um híbrido de *Eucalyptus grandis*, aos nove anos de idade, apresentou perda média por intercepção de cerca de 11% da precipitação anual, com as perdas sendo maiores em períodos secos, quando tempestades são menos intensas. Na Austrália, Índia e Israel, a intercepção (gênero *Eucalyptus*) variou entre 10-34% da precipitação anual (CALDER, 1986). Nas terras secas do Oeste da Austrália, com uma precipitação de apenas 440 mm, as perdas por intercepção chegaram a 22,7% do total da precipitação (WHITE et al., 2002). Se comparadas aos sistemas agrícolas (grãos e pastagens), esse percentual de intercepção é ainda maior (WHITEHEAD; BEADLE, 2004).

Taxas de transpiração diária para diferentes idades e espécies de eucalipto, em diversas regiões do mundo, mostram variações estacionais desde 0,2 a 7,7 mm dia⁻¹ (WHITEHEAD; BEADLE, 2004), o que corresponderia, para plantios com área de 6 m²/planta, a valores diários oscilando entre 1,2 L e 46,2 L de água/árvore. Essa grande amplitude é decorrente da variabilidade das condições edáficas, do manejo e das características genéticas e idade das espécies, das variações climáticas sazonais e do potencial de crescimento do local (ALBAUGH et al., 2013). Contudo, independente da espécie de eucalipto, da idade da plantação e do manejo, em locais de clima seco e de solo com baixa retenção hídrica, é de se esperar um consumo diário baixo de água do solo, principalmente, na estação seca. Isto ocorre, pois as plantas de *E. grandis*, por exemplo, exerceram eficiente controle estomático sob condições de baixa disponibilidade de água (ALMEIDA; SOARES, 2003). Em contrapartida, em sítios com precipitações pluviométricas altas e solos com boa retenção hídrica, esse consumo pode atingir valores mais altos, principalmente, na estação chuvosa.

Quanto à infiltração de água no solo, comparando a taxa final de infiltração em sistemas de produção agrícolas e florestais, em áreas nativas de Ponta Grossa, PR, Silva et al. (2015) verificaram que usos da terra com cultivo agrícola (plantio direto, sistema agropastoril e sistema agrossilvipastoril) apresentaram infiltração inferior aos sistemas não agrícolas (plantio de eucalipto com 20 anos, campo nativo pastejado, campo nativo sem pastejo e floresta nativa). As áreas nativas proporcionaram os maiores valores de infiltração (Figura 1). Entre os sistemas de produção estudados, o plantio com eucalipto apresentou um dos menores valores de perda de água via escoamento superficial (Figura 2).

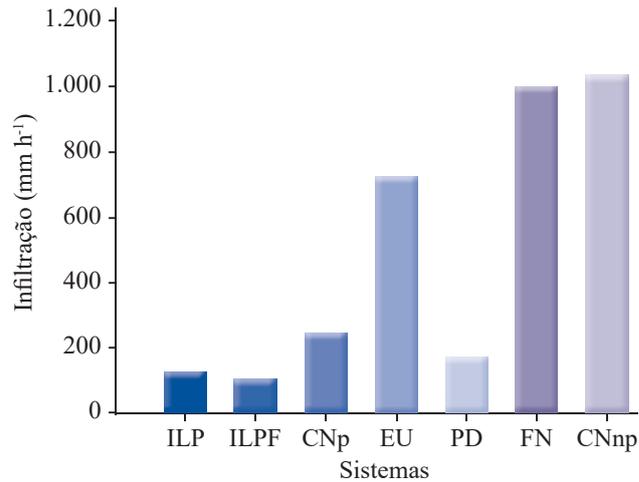


Figura 1. Taxa de infiltração de água no solo nos sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP); integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); campo nativo pastejado (CNp); plantio de eucalipto (EU); plantio direto (PD); mata nativa preservada (FN) e campo nativo preservado (CNnp).

Fonte: Silva et al. (2015).

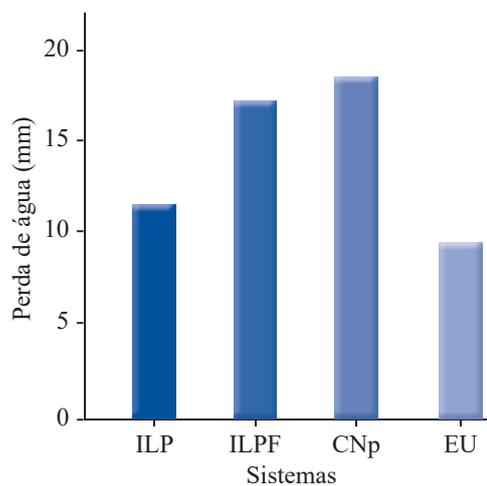


Figura 2. Perda de água (mm) acumulada (Fev./2013 a Jun./2014) via escoamento superficial nos sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP); integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); campo nativo pastejado (CNp) e reflorestamento de eucalipto (EU).

Fonte: Silva et al. (2015).

Consumo de água e produtividade

Este documento não tem o objetivo de comparar a eficiência no consumo de água entre plantação florestal comercial e floresta natural, visando à substituição da cobertura florestal. Tal prática não tem sido recomendada e é tema superado nos tempos atuais. Os benefícios da floresta natural são reconhecidos amplamente e, portanto, as comparações adquirem caráter meramente pontual e científico.

Ainda que sem fundamentação científica, tem sido atribuída ao eucalipto a capacidade de “secar” os solos das regiões onde é plantado, bem como a de absorver quantidade de água muitas vezes superior às das culturas agrícolas conhecidas. O certo é que as discussões, na maioria das vezes, tratam o tema de forma reducionista, focando-o apenas no balanço da água em plantações florestais comerciais de eucalipto sem, necessariamente, usar a mesma metodologia para os outros usos/coberturas da terra da mesma região.

Uma das instituições mais envolvidas com o tema é o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (Ipef), que coordenou o programa Produtividade Potencial do Eucalyptus no Brasil (PROGRAMA..., 2016) com o apoio de outras instituições de pesquisa e empresas florestais. O projeto BEPP avaliou oito sítios experimentais instalados em diferentes localidades do Brasil, o que permitiu estabelecer relações entre a disponibilidade de água e a produtividade do eucalipto. Segundo os resultados obtidos, sob manejo florestal adequado, o eucalipto usa o recurso de maneira eficiente no que se refere ao consumo de água/kg de madeira produzida (SILVICULTURA..., 2015). Além disso, os estudos consideram que o eucalipto possui alta eficiência no uso da água (volume de madeira produzida por unidade de água consumida), comparado a outros tipos de vegetação (Tabela 1). Deve-se considerar que o crescimento rápido do eucalipto faz com que sua demanda por água seja muito grande, embora a sua eficiência na produção de biomassa seja melhor que a de muitas espécies nativas (CALDER, 2007).

Tabela 1. Eficiência no uso da água em florestas naturais e plantadas, medida pelo volume de madeira produzida por unidade de água consumida.

Vegetação	Eficiência no uso da água (kg de madeira/m ³ de água consumida)
Florestas naturais no mundo	0,8
Savanas no mundo	0,2
Eucalipto no Brasil	2,8
Cerrado no Brasil	0,4
Mata Atlântica	0,8

Fonte: Adaptado de Silvicultura... (2015).

Soares e Almeida (2001) reportaram resultados de monitoramento hidrológico intensivo, iniciado em 1994, em uma microbacia no estado do Espírito Santo. Medições foram realizadas em plantio de *Eucalyptus grandis* e em área de floresta nativa (Mata Atlântica), e as estimativas feitas a partir de modelos hidrológicos para o cálculo de balanço hídrico demonstraram que as plantações de eucalipto se comparam à floresta nativa quanto à evapotranspiração anual e ao uso de água do solo. Considerando que o ciclo de crescimento é de 7 anos, os autores também concluíram que o eucalipto pode vir a consumir menos água que a mata nativa. Esses autores destacaram que, em anos de precipitação pluviométrica em torno dos valores médios das normais climatológicas, ocorreu equilíbrio entre a oferta (precipitação) e a demanda (evapotranspiração) de água para os dois sistemas. Em anos de menor precipitação pluviométrica, as reservas hídricas do solo foram utilizadas tanto pelo eucalipto quanto pela floresta nativa.

O uso e cobertura florestal e a sustentabilidade hidrológica na bacia hidrográfica

Há uma estreita relação entre água e florestas. Em muitos lugares do mundo, usos equivocados e abusivos afetam cada vez mais os recursos hídricos, sendo as florestas vistas, muitas vezes, como elementos fundamentais da paisagem para manter a qualidade do ambiente, no que se refere ao solo e à preservação dos recursos hídricos em quantidade e qualidade. Há um pressuposto de que as florestas são a melhor cobertura vegetal para maximizar o rendimento hídrico de uma bacia hidrográfica, regular fluxos estacionais e assegurar água de boa qualidade. Apesar da importante função da cobertura florestal, as

generalizações podem induzir a muitos erros. Em ecossistemas áridos ou semiáridos, as florestas não constituem a melhor cobertura vegetal de uma bacia, e que a proteção contra as inundações conferida pela presença de florestas numa bacia hidrográfica é supervalorizada, ou seja, não ocorre de forma generalizada (FORESTS..., 2005).

As florestas, devido aos processos de interceptação e evapotranspiração, interferem nos fluxos de água subterrâneos e nos fluxos fluviais. Desta forma, o deflúvio, ou seja, a água que escoava de uma bacia hidrográfica pelos seus canais de drenagem, em geral, diminuiu como resultado do plantio e do crescimento de uma floresta plantada, onde antes estava revestida por vegetação de menor porte como, por exemplo, pastagem, e aumenta após seu corte, o que causa uma diminuição na produção de água da microbacia.

Essa redução de deflúvio com a presença de floresta plantada foi observada em reflorestamento com pinus, na Carolina do Norte, nos EUA (SWANK; MINER, 1968), em clima temperado, com aproximadamente 1.300 mm de precipitação pluviométrica, e na Austrália (PUTUHENA; CORDERY, 2000), e em clima subtropical, com precipitação pluviométrica de 750 mm. O aumento de deflúvio decorrente da mudança do uso da terra com floresta para pastagem também foi observado no Brasil, em floresta tropical pluvial atlântica (SALEMI et al., 2012). Já em uma plantação de *Eucalyptus saligna* com 50 anos de idade, no primeiro ano após o corte raso, houve aumento no deflúvio anual de 94 mm em relação à média dos 6 anos anteriores ao corte (CÂMARA; LIMA, 1999). Entretanto, tratando-se do impacto do eucalipto na ótica do equilíbrio de microbacias, há informações científicas de naturezas diversas. Shi et al. (2012), por exemplo, afirmaram que, na média, tanto o reflorestamento em geral quanto o plantio de eucalipto em específico, causam uma redução na produção de água na bacia. Já Baumhardt (2010) mostra influência positiva do eucalipto na bacia e Maffia et al. (2009) apontam ausência de interferência. Outras publicações a respeito não são concludentes (MOSCA, 2008; NOBRE; LEITE, 2012; SALGADO; MAGALHÃES JÚNIOR, 2006; TADEU, 2014; TONELLO et al., 2009).

Como as palavras-chave para o entendimento do processo são “acompanhamento e monitoramento” ao longo do tempo, em 1987 foi implementado o Programa de Monitoramento e Modelagem de Bacias Hidrográficas (Promab), coordenado pelo Laboratório de Hidrologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Esalq/USP. A iniciativa conta com 18 microbacias experimentais, sendo dez microbacias com foco em florestas plantadas de eucalipto, três microbacias com florestas plantadas de pinus, quatro microbacias experimentais com mata nativa e uma com pastagem. Os resultados relacionados ao projeto foram publicados por Lima et al. (2012b) e mostram que os efeitos dos plantios de eucalipto sobre a produção de água são variáveis e dependem das condições hidrológicas, climáticas e de solo. Em alguns locais, o balanço hídrico de plantios florestais difere pouco de outros usos da terra.

Almeida et al. (2013) realizaram a modelagem do balanço hídrico em uma microbacia cultivada com plantio comercial de híbridos de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* no Leste de Minas Gerais, Brasil. Eles utilizaram uma microbacia experimental com área total de 40 ha, 78% coberta com eucalipto, com média de 990 árvores por hectare, durante o ano hidrológico de outubro de 2009 a setembro de 2010. Concluíram que, do total precipitado (1.123 mm) durante o ano, 9% (106 mm) retornaram à atmosfera via interceptação, 66% (740 mm) via transpiração da cultura e 11% (119 mm) pela evaporação do solo, que, somados, corresponderam à aproximadamente 86% da entrada de água na microbacia. Do deflúvio total gerado (~147 mm), apenas 4,29 mm (0,4%) foram representados pelo escoamento superficial. Estes autores concluíram ainda que, durante o ano hidrológico monitorado, o balanço entre as principais entradas e as saídas de água na microbacia estudada foi equalizado, não comprometendo a disponibilidade hídrica natural no curso d'água.

De uma forma geral, há uma tendência de redução do deflúvio (volume total de água que passa, em determinado período, pela secção transversal de um curso d'água) da bacia hidrográfica durante os primeiros anos do plantio e de retorno ao equilíbrio, à medida que o plantio florestal fica apto ao corte. Da mesma forma, o aumento do período de rotação (idade do corte do plantio) permite que o balanço hídrico da bacia esteja mais próximo do equilíbrio (LIMA, 2010). Portanto, na fase inicial, quando a transpiração e a interceptação da água da chuva pelo dossel são elevadas, e grande parte da chuva incidente é perdida pela evaporação, ocorre a redução do deflúvio. Por outro lado, nos plantios de maior idade e nas florestas nativas esses componentes são reduzidos, resultando em excedente hídrico e, portanto, um aumento do deflúvio.

Na verdade, esse impacto da redução do deflúvio de uma bacia hidrográfica pode ser mais ou menos severo, dependendo das condições hidrológicas regionais, especialmente do balanço hídrico, que é a diferença entre a precipitação pluviométrica total e a evapotranspiração total da bacia. Assim, em locais onde o balanço hídrico é negativo, o plantio de florestas em substituição a uma vegetação de menor porte representaria um adicional de retirada de água do sistema pela vegetação, o que poderia interferir muito pouco no uso da água para o sistema ecológico como um todo. Sendo assim, considerando a proteção dos recursos hídricos, é importante, primeiramente, conhecer o clima da região de plantio e também o tipo de solo, pois os solos retêm umidade de forma diferenciada, de acordo com sua profundidade e textura. No Brasil, tem-se situações edafoclimáticas muito diversas, desde o Semiárido, onde a precipitação pluviométrica média anual é inferior a 800 mm e a evaporação média de 2.000 mm/ano, até o clima tropical da Amazônia, cuja precipitação pluviométrica média aproximada é de 2.300 mm/ano e a evapotranspiração média de 1.139,1 mm.

Como o plantio de árvores ocorre em todos os biomas brasileiros, até mesmo no bioma Pampa, é necessário analisar, em cada situação edafoclimática, os impactos que as florestas plantadas poderiam estar causando nos sistemas hídricos, ou seja, verificar a sua sustentabilidade hidrológica.

Assim, nas regiões em que o balanço hídrico mostra-se negativo ou deficitário, o plantio de árvores como o eucalipto pode ser problemático, e os esforços devem ser voltados para obter árvores de rápido crescimento e que demandem pouca água. Para a adaptação das espécies nestes locais, é necessário selecionar clones, monitorar a estrutura do dossel e também os processos fisiológicos que envolvem o uso da água pelas plantas (ALBAUGH et al., 2013).

Quanto às nascentes, o impacto pode ocorrer dependendo das condições climáticas e hidrológicas, e é preciso ressaltar que, pelo Código Florestal Brasileiro, as nascentes são áreas de preservação permanente, sendo permitido, nos casos de recuperação, plantar somente espécies nativas da região (o raio de proteção é de 50 m ao redor da nascente). Em áreas já consolidadas antes de 22 de julho de 2008, vale o previsto na Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), Art. 61-A, parágrafo 5º, ou seja, “nos casos de áreas rurais consolidadas em Áreas de Preservação Permanente no entorno de nascentes e olhos d'água perenes, será admitida a manutenção de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo ou de turismo rural, sendo obrigatória a recomposição do raio mínimo de 15 m”.

Cabe, adicionalmente, considerar que um plantio com essa finalidade de recuperação florestal ou uso sustentável pode também, em função do aumento da biomassa sobre o solo (crescimento vegetal), aumentar o consumo da água disponível de superfície.

No Diálogo Florestal (iniciativa que reúne empresas do setor florestal e organizações socioambientais da sociedade civil), foi publicado um Caderno do Diálogo intitulado “A silvicultura e a água: ciência, dogmas, desafios”. Tal texto foi recentemente revisado (LIMA, 2015) e apresenta evidências científicas, além de considerar também o impacto

de crenças e motivações humanas sobre fatores que extrapolam a esfera técnica. Sobre o consumo de água pelas florestas, Lima (2015) resume: a) o consumo de água pelas florestas naturais ou plantadas é maior que o consumo da vegetação de menor porte e do consumo de culturas agrícolas não irrigadas; b) plantações florestais de rápido crescimento consomem mais água que plantações de crescimento lento, que vegetação de menor porte e florestas naturais, em geral. Com relação ao contexto de paisagem, afirma ainda, com base em resultados experimentais que: c) não há alteração no deflúvio se as plantações florestais ocuparem até 20% da área da microbacia hidrográfica. O autor complementa que microbacias cobertas com florestas têm qualidade da água geralmente boa. Entretanto, resultados negativos poderão ser obtidos, como presença de erosão, perdas de sedimentos e de nutrientes nas microbacias, se o manejo florestal for conduzido de forma não sustentável. Com isso, fica claro que o manejo florestal da espécie selecionada para o plantio é de importância fundamental, podendo superar até mesmo as características particulares das espécies selecionadas para o respectivo plantio. A Tabela 2, elaborada por Mosca (2008), com dados de Lima e Zakia (1998), estabelece a identificação das escalas e dos respectivos indicadores que devem ser considerados no estudo das microbacias, em relação ao solo e à água.

Tabela 2. Macro escala e indicadores da proteção do solo e da água para o manejo sustentável das plantações florestais.

Escala	Impacto ambiental	Possíveis causas	Indicadores
Nível macro	Uso conflitivo da água	Desmatamento/reflorestamento	Balanço hídrico regional
	Desfiguramento da paisagem	Substituição de ecossistemas naturais por plantações florestais	Zoneamento Ecológico
Nível meso	Degradação da microbacia	Destruição das zonas ripárias	Condições de proteção vegetal das zonas ripárias
		Sistema viário inadequado	Planejamento hidrológico das estradas e dos carreadores
		Compactação do solo	Taxa de infiltração
		Taxa de infiltração	Prática de conservação do solo
Nível micro	Quantidade e regime de vazão da água	Alteração da cobertura florestal	Medição de vazão
	Eutrofização dos cursos d'água e reservatórios	Adubação espacialmente e temporalmente inadequada	Concentração de N e P na mata ciliar
	Assoreamento dos cursos d'água	Erosão e sedimentação	Turbidez, concentração de sedimentos
	Perda de nutrientes	Erosão, colheita florestal, preparo do solo	Biogeoquímica da microbacia
	Material orgânico	Decomposição de resíduos florestais	Oxigênio dissolvido, cor

Fonte: Lima e Zakia (1998).

Manejo florestal sustentável e a água

A expressão “manejo florestal sustentável” foi utilizada a partir da reunião da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Unced), em 1992, e tem a conotação de produção florestal aliada à manutenção do potencial dos ecossistemas “solo” e “água” em produzirem bens e serviços ambientais continuamente (LIMA; ZAKIA, 2006). Isso envolve balanço hídrico, regime de vazão e qualidade de água, ou seja, a sustentabilidade hidrológica de uma região.

Solo e água são considerados os mais importantes recursos biofísicos para o manejo florestal, e a manutenção de ambos constitui um dos pilares da sustentabilidade da produção florestal. O manejo, quando sustentável, pode ser verificado na qualidade e quantidade de água produzida pela microbacia, considerando o percentual de tipologias presentes na bacia, podendo, assim, a água ser usada como um instrumento de monitoramento e avaliação da sustentabilidade do manejo adotado. A conservação da água reflete o plano de manejo que deve ser melhorado com base no monitoramento da microbacia. Esse monitoramento deve ser feito em pequenas microbacias, pois, nas grandes bacias hidrográficas, as relações de causa e efeito não são tão marcantes pelo efeito diluidor natural de uma grande rede de drenagem e influência dos diferentes usos e coberturas da terra que existem normalmente nas grandes bacias.

Os aspectos do manejo florestal que mais impactam as águas fluviais são: a colheita florestal e a localização das estradas e carreadores. O efeito do corte das florestas plantadas sobre a hidrologia tende a ser altamente variável por diversas razões. Em geral, nas pequenas bacias, causa um aumento na produção de água, embora o valor absoluto não seja sempre o mesmo em todas as situações, pois depende da situação ambiental de cada local (litologia, relevo e clima) e da extensão do corte realizado na bacia. A colheita também pode modificar o regime de vazão, pois altera a resposta da vazão referente ao pico de chuva, o que é um efeito ambiental crítico devido a esse aumento estar, normalmente, associado às perdas de solo e de nutrientes.

Algumas práticas silviculturais podem contribuir para reduzir a perda de água pelas florestas e aumentar o deflúvio. Entre essas práticas, destacam-se os desbastes e as desramas, a escolha de espécies com sistema radicular superficial e controle estomático eficiente, e a adoção de ciclos de colheita mais longos (FERREIRA; SILVA, 2008).

As estradas e os carreadores florestais podem constituir problemas hidrológicos, agindo de forma sinérgica e alterando a hidrologia. Por exemplo, os fluxos de pico não foram diferentes entre uma bacia que foi submetida 100% ao corte raso e sem estradas, e outra que foi submetida ao corte raso em 25%, mas com a presença de estradas (PERRY, 1998). As estradas construídas nas encostas íngremes podem transformar o escoamento subsuperficial em escoamento superficial, o que acarreta novas fontes de erosão e assoreamento. Estradas e construções ao lado dos rios e canais de drenagem também levam sólidos diretamente aos rios, o que altera sua turbidez, cor e condutividade (FRITZSONS et al., 2003, 2009). Manter a faixa de vegetação ripária auxilia na proteção contra os distúrbios causados na bacia.

Conversão de áreas degradadas em florestas plantadas e sua influência nos recursos hídricos

A conversão de áreas degradadas em sistemas produtivos é uma estratégia importante para o atendimento das metas brasileiras oficializadas junto à Convenção do Clima no final de 2015, a Contribuição Nacionalmente Determinada (*Nationally Determined Contribution* - NDC). Assim, no que foi denominado “setor florestal e de mudança do uso da terra” estimula-se restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas até 2030, para múltiplos usos; já para o “setor agrícola”, estimula-se fortalecer o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) como a principal estratégia para o desenvolvimento sustentável na agricultura, inclusive por meio da restauração adicional de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas até 2030 e pelo incremento de 5 milhões de hectares de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) até 2030. O uso do zoneamento

climático de culturas e de manejo adequado do solo determinarão o sucesso dos esforços no sentido de reverter processos de degradação do solo. Além disso, a medição do consumo e eficiência do uso da água em diferentes condições ambientais e silviculturais permitem o planejamento de produção e o uso adequado da água, sob o ponto de vista econômico e ecológico (SILVICULTURA..., 2015).

Florestas plantadas são uma alternativa potencial para a recuperação de pastagens degradadas sob vários aspectos da conservação de solos e de recursos hídricos, incluindo a redução da erosão superficial e de deslizamentos (SIDLE et al., 2006), melhoria na qualidade da água (BRUIJNZEEL, 2004; WOHL et al., 2012), retenção de nutrientes (CASSMAN, 1999) e moderação das vazões máximas (OGDEN et al., 2013; ROA-GARCIA et al., 2011). Evaporação, infiltração de água no solo e geração de escoamento superficial são os principais processos hidrológicos que quantificam os impactos da mudança de vegetação nos recursos hídricos.

Na estação chuvosa, florestas plantadas funcionam como reguladores da água. Quando comparadas com pastagens, interceptam 10% da precipitação total pela copa das árvores, as taxas de evaporação são 15% maiores e as vazões hídricas mínimas e máximas (que garantem o volume dos cursos d'água) são regularizadas (ALMEIDA, 2012). Essa regulação ocorre devido à maior interceptação da chuva pelo dossel, maiores taxas de infiltração de água no solo, maior consumo de água pela vegetação, e menores taxas de escoamento superficial (BRUIJNZEEL, 2001). Na maioria das florestas naturais e manejadas, a precipitação pluviométrica infiltra no solo e se move para cursos d'água via fluxos de subsuperfície (BRUIJNZEEL, 2004) porque a capacidade de infiltração de água e a condutividade hidráulica da superfície do solo são relativamente altas. A capacidade de infiltração é suportada pela contínua entrada de matéria orgânica na superfície do solo (LAL, 2005). Por outro lado, áreas degradadas apresentam restrições na estrutura e permeabilidade do solo e, em períodos de maior precipitação pluviométrica, apresentam aumento do escoamento superficial, contribuindo para a elevação das vazões máximas dos rios e aumento da deposição de sedimentos em seu leito. Contudo, durante a estação seca pode ocorrer declínio dos fluxos de água nos plantios florestais porque a reserva de água depende da regulação do abastecimento do lençol freático promovida pelas florestas durante a estação chuvosa.

Outro aspecto considerado é a redução da altura do lençol freático em florestas plantadas quando comparado ao da floresta original. Estudos mostraram que aumentos na retenção de água nos plantios florestais são suficientes para compensar o aumento do uso de água pela floresta (CASSMAN, 1999; CHANDLER, 2006), de modo que pode ocorrer aumento da recarga de aquíferos, assim como o fluxo de base na estação seca em paisagens com adequado armazenamento de água. Por isso, em áreas sujeitas a regimes de precipitação pluviométrica bem distribuída no ano, o balanço líquido entre os processos de infiltração e de uso da água pelas plantas é positivo (BRUIJNZEEL et al., 2014).

Serviços ambientais hídricos

Embora grande parcela da sociedade não reconheça a função dos ecossistemas no bem-estar humano, na última década, o tema 'serviços ambientais' passou a ser considerado na formulação de políticas públicas brasileiras e nas discussões de uso e ocupação das terras (PARRON et al., 2015). Segundo Luz (2015), serviços ambientais hídricos são aqueles decorrentes e dependentes da existência, da dinâmica e das condições dos corpos hídricos e que propiciam benefícios diretos, indiretos e recursos necessários às atividades

do ambiente e das comunidades de seres vivos. Os autores também mencionam que os ciclos de transformação da matéria orgânica e de compostos químicos dependem ou são influenciados pelas condições físicas, químicas e dinâmicas da água, potencializando ou inibindo-os.

Para o enfoque do presente capítulo, dois tipos de serviços ambientais (PARRON et al., 2015) surgem como importantes na contextualização do tema água, a saber: os “serviços de provisão”, que compreendem os produtos obtidos dos ecossistemas e que são oferecidos diretamente à sociedade, como alimentos e fibras naturais, madeira e água, entre outros; e os “serviços de regulação”, que englobam os benefícios obtidos pela sociedade a partir da regulação natural dos processos ecossistêmicos, entre os quais está a regulação dos fluxos de água (ciclo hidrológico) e o controle das enchentes, evitando inundações e contribuindo para a recarga dos aquíferos e a purificação da água, entre outros.

Alterações na média anual de descarga dos rios ocorrem em função de mudanças no ciclo hidrológico das bacias de drenagem, e, geralmente, estão associadas a mudanças no uso da terra, como a conversão de florestas para pastagens.

Todos os resultados analisados e apresentados no presente capítulo, mesmo aqueles que ainda se referem a resultados preliminares, apontam para a possibilidade das florestas plantadas, e das plantações com eucalipto, em particular, poderem também contribuir com serviços ambientais hídricos, se: a) houver correspondência entre a vocação do local e os sistemas implantados e; b) se o manejo adotado obedecer à normatização legal e aos princípios preconizados pela técnica em abordagens tradicionais e/ou inovadoras.

Relação entre água e florestas

Diante do exposto neste capítulo e baseado em Calder et al. (2007), a relação entre água e florestas pode ser colocada da seguinte forma:

- Entre os fatores que influenciam o uso da água pelas florestas estão o clima, o tipo de floresta e o solo. Em geral, florestas usam mais água do que vegetação de menor porte, como as pastagens, por exemplo, devido à maior evapotranspiração. Assim, o escoamento superficial, a taxa de recarga de águas subterrâneas e o deflúvio tendem a ser menores nas bacias quando reflorestadas;
- O aumento da infiltração de água no solo de bacias hidrográficas florestadas compensa a perda de água pela evaporação extra promovida pelas florestas e, dessa forma, promove a manutenção dos recursos hídricos superficiais na estação seca;
- As florestas podem mitigar inundações pequenas e locais, mas parece não influenciar as inundações que ocorrem nas grandes bacias hidrográficas;
- As florestas manejadas, geralmente, recebem menores quantidades de agroquímicos comparadas às terras que estão sujeitas a um uso mais intensivo, como é o caso da agricultura. Assim, o uso e cobertura da terra com florestas podem reduzir a presença de poluentes na água, o que é especialmente importante para bacias utilizadas no abastecimento público;
- As florestas protegem os solos e reduzem a taxa de erosão e sedimentos que vão para os rios ou rede de drenagem. Algumas operações florestais, como o cultivo, drenagem, extração de madeira podem aumentar a entrada de sólidos nos rios, mas esse controle pode ser feito com melhores práticas de gestão ou manejo. A floresta, quando plantada em solos erodíveis e vias de escoamento, pode reduzir e interceptar sedimentos;

- Modelos climáticos globais podem prever mudanças climáticas para muitas partes do globo. A influência das florestas na quantidade e qualidade da água pode, no contexto dessas mudanças, ser positiva ou negativa. Em áreas onde está prevista a implementação de extensos plantios florestais, é essencial garantir que essas plantações não acentuem a escassez de água. Deve-se considerar também que o microclima proporcionado pela floresta pode amenizar as temperaturas mais elevadas advindas do aquecimento global.

Plantações florestais comerciais e a biodiversidade

*Edilson Batista de Oliveira
Yeda Maria Malheiros de Oliveira
Erich Gomes Schaitza*

Introdução

A terminologia “florestas plantadas”, ora substituída por “plantações ou plantios florestais comerciais”, com espécies nativas ou introduzidas, pode também considerar o conceito de multifunção ou de proteção. Entretanto, quando se trata de produção comercial com a utilização de espécies introduzidas, muitas vezes são questionados o impacto e a função de tais plantios na natureza.

Como todos os segmentos que utilizam recursos naturais, as florestas plantadas com objetivos comerciais não podem ser isentas da preocupação constante com a biodiversidade e com sua interação com a paisagem. Críticas de diferentes origens, frequentemente sem embasamento científico, devem ser vistas por profissionais ligados ao setor florestal como oportunidade de demonstrar sua contribuição para a manutenção de uma paisagem estável.

Este capítulo aborda a relação das plantações florestais, em especial os plantios comerciais, com a biodiversidade vegetal e com a fauna. Também aborda a capacidade de inibição da regeneração natural em seu sub-bosque, fertilidade do solo e qualidade do ar e da água.

Classificação das plantações florestais ou florestas plantadas

Nem todas as plantações florestais têm o mesmo objetivo. Há óbvias diferenças entre elas, principalmente ao longo do tempo. Mudanças ocorrem ou são provocadas (tratos silviculturais, manejo florestal sustentável) de acordo, justamente, com a finalidade da plantação. Dessa forma, a biodiversidade (vegetal e animal) pode variar bastante, principalmente em decorrência da função da floresta e idade do povoamento. Plantações mais antigas, normalmente, fornecem habitat mais adequado para outras espécies florestais e animais do que povoamentos mais jovens, por causa da crescente heterogeneidade horizontal e vertical, solos orgânicos melhor desenvolvidos e flora fúngica associada, entre outros aspectos (BROCKERHOFF et al., 2008). A Figura 1 apresenta uma classificação dos diferentes tipos de cobertura florestal plantada e suas finalidades.

<p>Modelo conceitual do valor relativo das florestas plantadas no que se refere ao uso agrícola e florestas de produção ou de conservação.</p> <p>Observe-se que muitos plantios florestais não podem ser facilmente classificados em uma das categorias aqui esboçadas.</p> <p>Alguns plantios florestais servem a múltiplos propósitos, incluindo produção, proteção e conservação na mesma área.</p>	Intensidade de manejo	Produção intensiva	<p>Agricultura e/ou pecuária intensiva</p> <ul style="list-style-type: none"> - Em sua maioria, espécies exóticas, geralmente destinadas à alimentação. Pode substituir a floresta nativa. - Geralmente ciclos curtíssimos de rotação seguidos de corte raso.
		Produção florestal com espécies de rápido crescimento com fins múltiplos (frequentemente para lenha)	<ul style="list-style-type: none"> - Espécies exóticas ou nativas podem substituir a floresta nativa. Tal operação não mais é comum e, em alguns locais, não é permitida por lei, enquanto em outros, é desaconselhada por vários motivos. - Ciclos de rotação curtos ou médios seguidos de corte raso.
	Produção e conservação	Produção florestal com espécies exóticas, com fins comerciais e/ou industriais	<ul style="list-style-type: none"> - Espécies exóticas, com floresta nativa protegida. - Geralmente ciclos de rotação curtos ou médios seguidos de corte raso.
		Produção florestal com espécies nativas, com fins comerciais e/ou industriais	<ul style="list-style-type: none"> - Espécies nativas, floresta natural protegida. - Ciclos de rotação de médios a longos seguidos de corte raso.
		Produção de conservação com fins não comerciais e/ou industriais	<ul style="list-style-type: none"> - Principalmente espécies nativas, plantadas para conservação ou proteção (p.ex. para combater a desertificação).
	Valor de conservação	Conservação	<p>Floresta seminatural (termo do hemisfério norte - nativa alterada) e nativa manejada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espécies nativas, inequianeas ou equianeas. - Aplicação eventual de sistemas silviculturais como enriquecimento e/ou manejo florestal sustentável, visando diferentes usos. Diversos ciclos e intensidades de corte. - Finalidade de produção multiuso ou conservação.
Floresta natural para conservação		<ul style="list-style-type: none"> - Floresta nativa, destinada à conservação e proteção. - Sem finalidade de produção ou com produção limitada ao uso de produtos e subprodutos da floresta. 	

Figura 1. Modelo conceitual idealizado para classificar o valor relativo da cobertura florestal plantada com relação aos seus objetivos, quando comparados ao uso agrícola.

Fonte: Adaptado de Brockerhoff et al. (2008).

Plantações comerciais e a biodiversidade em outros usos da terra

De acordo com White (1995), é óbvio que a substituição de uma floresta natural por uma plantação de uma espécie exótica ocasiona um impacto adverso sobre a fauna adaptada ao ecossistema original.

Brockerhoff et al. (2008) afirmaram que, mesmo que as florestas naturais sejam habitat mais adequado para uma ampla gama de espécies que, originalmente, habitavam tais ecossistemas, existem evidências abundantes que florestas plantadas podem prover habitat valioso, até para algumas espécies ameaçadas ou em algum tipo de perigo, e podem contribuir para a conservação da biodiversidade por meio de diversos mecanismos.

White (1995) conclui que, mesmo que plantações florestais sejam menos eficazes para a fauna nativa que a vegetação florestal original, isso ocorreria, igualmente, se a substituição fosse por uma cultura agrícola como arroz ou por um plantio de seringueira. Isso fica evidente, ao se observar que, antes mesmo da grande expansão das plantações florestais no Cerrado, por exemplo, a degradação ambiental já se mostrava presente no bioma, tendo

o setor florestal se estabelecido nessas áreas previamente já degradadas e as plantações florestais, em áreas com uso anterior relacionado à agropecuária, na maioria das vezes, portanto, já classificadas como degradadas.

Na Metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul, já se plantou quase metade da área total pretendida e o deserto que se vê nada tem a ver com o plantio de eucalipto e pinus. Pelo contrário, tem-se usado o eucalipto como ferramenta para auxiliar no fechamento das feridas de deserto que ali já existiam antes dos programas atuais de plantação de eucalipto em larga escala (ROVEDDER; ELTZ, 2008).

As plantações florestais comerciais manejadas com finalidade multifuncional permitem a regeneração natural e o crescimento de espécies florestais nativas formando sub-bosque, possibilitando vários serviços ambientais, como conservação e restauração da diversidade biológica e captura de GEE. Nos cultivos agrícolas, a biodiversidade é extremamente restrita se comparada às áreas com plantações florestais. No cultivo agrícola, a sobrevivência de outras espécies vegetais é inibida por fatores como o uso de herbicidas, preparos anuais do solo (aração e gradagem) e pela própria competição promovida pela planta cultivada. Em cultivos florestais, estes fatores, quando utilizados, são restritos à fase de implantação da floresta, ficando vários anos sem serem aplicados.

Nas grandes áreas agrícolas, a colheita é realizada em área total, enquanto, nas plantações florestais, essa atividade, conforme preconizado em Planos de Manejo, quase sempre é realizada por talhões, que possibilitam a permanência de áreas (talhões de outras idades ou outro regime de manejo) com vegetação. Assim, a colheita não ocorre ao mesmo tempo na área total, minimizando os impactos da remoção da vegetação na paisagem, na biodiversidade e na vazão hídrica.

É lugar comum a ideia de que as plantações arbóreas comerciais e, especialmente, o eucalipto, transformam as regiões onde são plantadas em desertos verdes. No entanto, publicações científicas têm mostrado que tal afirmativa não é verdadeira. Farinaci (2012, p. 5), por exemplo, cita vários trabalhos que reforçam essa posição.

[...] plantios de eucalipto não têm taxas maiores de evapotranspiração do que as formações florestais nativas (ALMEIDA; SOARES, 2003; CANNELL, 1999; LIMA, 1996); [...] servem ao abrigo, trânsito e forrageio da fauna (LYRA-JORGE et al., 2008; MAZZOLLI, 2010; PENTEADO, 2006; TIMO, 2009) [...] proporcionam a formação de sub-bosques ricos em diversidade vegetal nativa (TABARELLI et al., 1993; VIANI et al. 2010). [...] Essas e outras evidências empíricas mostram que os plantios de eucalipto não são necessariamente os 'desertos verdes' de que muito se fala.

Plantações comerciais e a fauna

É esperado que exista um efeito do plantio de florestas comerciais sobre a fauna presente nas vegetações naturais. No entanto, isto também é certo quando se retira uma cobertura florestal natural para, em seu lugar, realizar atividades agropecuárias. Adiante, encontram-se afirmativas sobre o efeito da presença das plantações florestais sobre a fauna.

Poore e Fries (1988) afirmaram que as florestas compostas de espécies exóticas, geralmente por fornecerem menor variedade de alimentos, suportam menor variedade de herbívoros que as coberturas vegetais que as substituem, presumindo que a cobertura original era de floresta nativa. Argumentam que as florestas plantadas com exóticas levam à uniformidade em função da predominância de uma única espécie e que, por serem cortadas ainda jovens, não propiciam o *habitat* necessário a algumas espécies de seres vivos, que se abrigam em árvores mais maduras ou em troncos de árvores já mortas.

Dietz et al. (1975) compararam uma área onde havia uma combinação de floresta nativa com *Eucalyptus globulus*, aos dez anos de idade, e uma área plantada com *Araucaria angustifolia*. O estudo envolveu cinco espécies de mamíferos (*Oryzomys nigripes*, *Monodelphis americana*, *Marmosa* sp., *Akodon arviculoides* e *Blarinomys breviceps*). De acordo com o autor, a maior incidência dos animais foi observada nas florestas de araucária.

Davidson (1985) afirmou que florestas plantadas, independentemente da espécie ou do gênero usado, contêm menor número de espécies animais do que uma floresta nativa. O autor argumenta que a introdução de florestas de eucalipto em áreas de floresta nativa, indubitavelmente, reduz a variedade da fauna. O desequilíbrio ecológico – sua magnitude e extensão – dependerão da espécie plantada, do tamanho das plantações e compartimentos de florestas nativas e do tipo de floresta nativa adjacente às plantações.

Vale salientar, no entanto, que em plantações florestais comerciais também existem condições para a sobrevivência de animais silvestres, ao contrário do que muitos críticos contrários às plantações florestais apregoam. Silva (2001) observou (em um mosaico de plantios de *Eucalyptus saligna* em contato com remanescentes de Floresta Atlântica), 47 espécies de mamíferos, entre as quais espécies ameaçadas de extinção como o puma (*Puma concolor*) e o tamandua-bandeira (*Myrmecophaga trydactyla*).

Laranjeiro (2003), estudando a estabilidade da entomofauna em um mosaico de eucalipto e áreas naturais de conservação, comparando o eucalipto, a borda e a mata, chegou às seguintes conclusões:

- a) A sequência de ambientes, decrescente em riqueza de espécies, foi borda, mata e eucalipto. Porém a mata apresentou-se mais estável.
- b) As flutuações das populações de insetos na mata, borda e eucalipto apresentaram uma dinâmica muito elevada em tempo e espaço, consequência da alta diversidade da comunidade.
- c) Os padrões de ocorrência das populações de insetos, que evidenciaram a grande dinâmica da comunidade dentro dos ambientes e ao longo do tempo, também mostraram que existe grande interação entre os ambientes. O eucalipto não se comportou como uma ilha, pois, além de apresentar espécies comuns à mata, apresentou espécies exclusivas, ou seja, mais do que, simplesmente, uma área de colonização pobre, e disponibilizou recursos próprios essenciais para algumas populações, principalmente, pelo efeito borda.
- d) Na configuração de distribuição quantitativa e qualitativa da mata natural, eucalipto e seu sub-bosque, na microbacia estudada, as operações de colheita e eliminação do sub-bosque causaram menor impacto em termos quantitativos e qualitativos na comunidade de insetos, do que as variações de temperatura e precipitação ao longo do tempo. Apenas fica evidenciado que o corte e a reforma da floresta favorecem ou diminuem a ocorrência de algumas espécies de insetos, fortemente, associadas às diferentes condições de plantação madura ou de área aberta recém-plantada, o que se restabelece com o desenvolvimento do novo plantio.
- e) A importância do sub-bosque, para promover a diversidade de insetos dentro da plantação do eucalipto, é secundária, nas condições de distribuição e riqueza das reservas naturais encontradas na microbacia estudada.

Medeiros et al. (2009) realizaram um diagnóstico da fauna silvestre em 42 propriedades do setor florestal brasileiro, entre associadas e coparticipantes da Sociedade de Investigações Florestais (SIF), obtendo resultados importantes que mostram a preocupação das organizações com a fauna em seus estabelecimentos. As empresas pesquisadas foram questionadas sobre vários aspectos relacionados à infraestrutura para atender requisitos da fauna silvestre e técnicas de manejo da fauna. Suas respostas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo das respostas de empresas associadas e coparticipantes da Sociedade de Investigações Florestais (SIF), sobre aspectos relacionados à infraestrutura para atendimento a requisitos da fauna silvestre e técnicas de manejo da fauna.

Item	Associadas				Coparticipantes			
	Sim		Não		Sim		Não	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Estudo faunístico qualitativo	20	90,9	2	9,1	9	45	11	55
Estudo faunístico quantitativo	15	68,2	7	31,8	5	25	15	75
Infraestrutura específica	9	40,9	13	59,1	1	5	19	95
Marcação de animais silvestres	13	59,1	9	40,9	1	5	19	95
Soltura de animais silvestres	10	45,4	12	54,6	4	20	16	80
Convênio/contrato com entidades	14	63,6	8	36,4	2	10	18	90
Publicação sobre fauna silvestre	9	40,9	13	59,1	1	5	19	95
Presença de caçadores	19	86,4	3	13,6	14	70	6	30

Fonte: Medeiros et al. (2009).

Outra bateria de questões relativas ao desenvolvimento de ações ambientais pelas empresas mostrou, novamente, diferenças significativas entre empresas associadas e coparticipantes como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo das respostas em relação às ações ambientais desenvolvidas pelas empresas.

Item	Associadas				Coparticipantes			
	Sim		Não		Sim		Não	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Interligação de fragmentos vegetais nativos	19	86,4	3	13,6	11	55	9	45
Faixas de vegetação nativa entremeadas com plantio florestal comercial	17	77,3	5	22,7	9	45	11	55
Plantio de enriquecimento	16	72,7	6	27,3	3	15	17	85
Sistemas agroflorestais nos talhões comerciais	4	18,2	18	81,8	4	20	16	80
Uso de sistemas agroflorestais nas florestas nativas da empresa	1	4,5	21	95,5	0	0	20	100
Colheita florestal em mosaico	9	40,9	13	59,1	2	10	18	90
Levantamento prévio antes da colheita	4	18,2	18	81,8	1	5	19	95
Sinalização/redutores de velocidade	13	59,1	9	40,9	8	40	12	60
Educação ambiental	18	81,8	4	18,2	6	30	14	70
Apoio à fiscalização ambiental	17	77,3	5	22,7	7	35	19	65
Registro de atropelamentos	6	27,3	16	72,7	1	5	19	95
Criação de unidades de conservação na área da empresa	11	50,0	11	50,0	7	35	13	65
Apoio à criação de unidades de conservação na periferia	7	31,8	15	68,2	2	10	18	90
Manejo de sub-bosque	6	27,3	16	72,7	2	10	18	90
Programa integrado de controle de pragas e doenças	18	81,8	4	18,2	3	15	17	85

Fonte: Medeiros et al. (2009).

Em todos os aspectos tratados, as empresas associadas sempre se mostraram em nível superior de envolvimento em relação às coparticipantes. Os estudos qualitativos da fauna silvestre se mostraram mais comuns quando comparados com os estudos quantitativos. De modo geral, há notória carência de infraestrutura específica para o manejo da fauna silvestre nas empresas florestais pesquisadas. Nas empresas associadas, é prática comum

a interligação de fragmentos florestais, a conservação de faixas de vegetação nativa entremeadas à floresta de produção, o plantio de enriquecimento das matas nativas, os programas de educação ambiental para públicos internos e externos, o apoio à fiscalização por parte dos órgãos competentes e o controle integrado de pragas e doenças (MEDEIROS et al., 2009).

Plantação florestal comercial e a inibição da regeneração natural em seu sub-bosque

Apesar de trabalhos indicando baixa regeneração natural no sub-bosque de algumas plantações florestais comerciais no Brasil (EVARISTO et al., 2011), existem constatações que nesses plantios há possibilidade de formação de sub-bosques de vegetação (BARLOW et al., 2007; BROCKERHOFF et al., 2008 ; HARTLEY, 2002; ONOFRE et al., 2010; PARROTA, 1992; PARROTA et al., 1997; SOARES; NUNES, 2013), viabilizada a partir de sementes trazidas por dispersores naturais como vento e animais, ou disponíveis na forma de banco no solo. Mesmo áreas que há muitos anos são utilizadas como pastagens, quando convertidas em cultivos florestais, oferecem a oportunidade de regeneração de espécies nativas e formação de floresta natural.

Esta característica do eucalipto, por exemplo, propiciar a regeneração natural a partir de um manejo com esse fim específico, possibilitou o seu uso, no estado do Paraná, no projeto “Implantação e manejo de florestas em pequenas propriedades no estado do Paraná”, que vem sendo executado, com sucesso desde 2008. A iniciativa tem por base um modelo formatado como um projeto de “Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) florestal” de recomposição da vegetação em áreas de reserva legal, utilizando o eucalipto como espécie facilitadora para o desenvolvimento das nativas. Ele facilita a regeneração natural e o crescimento de plantas no sub-bosque por protegê-las do sol intenso e formar um microclima favorável ao seu desenvolvimento. No total, 187 produtores rurais familiares estabeleceram plantios mistos, com faixas de eucalipto e de espécies nativas, em áreas de pastagem degradada, em seis municípios na região noroeste do Estado do Paraná.

O projeto foi iniciado com a coordenação do Programa Paraná Biodiversidade da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sema), envolvendo a Embrapa Florestas, Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater), Instituto Ambiental do Paraná (IAP), Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral (Sep1) e Secretaria da Agricultura e Abastecimento (Seab) do Paraná. Atualmente, estas instituições dão continuidade aos trabalhos, realizando acompanhamento e avaliações anuais. As propriedades tinham menos de 30 hectares e, em cada uma, foram reflorestados de 1 a 5 ha.

O padrão de restauração florestal que se busca com o projeto é o encontrado por Oliveira et al. (2011) em área de três hectares, no próprio Arenito Caiuá, no município de São Pedro do Paraná, antes ocupada com pastagem de braquiária (*Brachiaria* sp.) e, posteriormente, cultivada com *Corymbia citriodora*, plantado no espaçamento de 3 m x 2 m e colhido aos sete anos de idade. Nessa área, após sete anos de crescimento das rebrotas do eucalipto e de regeneração natural, foram encontradas 53 espécies distribuídas em 21 famílias. A estimativa do número total de indivíduos de espécies nativas regenerados por hectare foi 4.721, sendo 45% com altura entre 2 m e 4 m, 18% entre 4 m e 8 m e 3% acima de 8 m. Esses valores significam que a floresta regenerada está em ótimas condições de diversidade e crescimento.

Nos povoamentos implantados pelo projeto acima mencionado, tem sido observada regeneração natural de muitas espécies com bom desenvolvimento de altura e DAP, o que

garante a sobrevivência das mesmas aos períodos de seca comuns na região. O crescimento e produção dos eucaliptos foram avaliados em seis plantios, sendo que, em dois deles, foram avaliadas as espécies nativas. Observou-se a regeneração natural de 15 espécies com bom crescimento, o que deve garantir a sobrevivência das mesmas aos períodos de seca da região. Considerando que, no presente trabalho, as espécies concentram-se na faixa entre os eucaliptos e que essa faixa representa 26% de um hectare, os padrões de ocorrência de espécies e de número de árvores se assemelham nas duas pesquisas. Esse valor representa 28% do total de espécies encontradas por Oliveira et al. (2011), no mesmo município, e o número de árvores por hectare representa 26% do total de árvores encontradas no mesmo trabalho.

Concluiu-se que é plenamente viável esse modelo que concilia conservação ambiental e conservação genética de espécies ameaçadas ou em risco de extinção, garantindo a sobrevivência de populações locais dessas espécies, além de produção econômica e inclusão social, pois propicia acréscimos na renda aos produtores rurais familiares pela venda de madeira de eucalipto. O projeto tem servido de modelo para os fins propostos às várias regiões do Brasil.

Na literatura científica, vários autores (AVILA et al., 2007; CARNEIRO, 2002; NERI et al., 2005; ONOFRE, 2009; SAPORETTI JÚNIOR et al., 2003; SARTORI, 2001; SARTORI et al., 2002; SOARES; NUNES, 2013) têm destacado a regeneração natural e o crescimento de outras espécies arbóreas e arbustivas e sua manutenção como sub-bosque de florestas plantadas.

Tabarelli et al. (1993), juntamente com Silva Júnior et al. (1995), já afirmavam que as espécies florestais plantadas desempenham, em uma área, o mesmo papel desempenhado por espécies pioneiras.

Viani et al. (2010), analisando estudos das duas últimas décadas, relataram que plantações florestais podem catalisar a regeneração natural em seu sub-bosque e, assim, contribuir para a conservação da biodiversidade. Esses autores analisaram 35 trabalhos (Tabela 3.) e encontraram resultados que mostram que os plantios florestais comerciais podem apresentar uma concentração de biodiversidade, ao menos para certos grupos de organismos. Os trabalhos indicam que a riqueza, a densidade e a estrutura da regeneração natural, nessas condições, têm qualidade que varia em função de fatores como densidade de copas e disponibilidade de luz no sub-bosque, idade do plantio, espécie florestal plantada, distância de remanescentes de vegetação nativa, manejo das florestas plantadas e histórico de utilização da área.

Observe-se que na Tabela 3 as idades fora e dentro dos parênteses representam, respectivamente, a idade do plantio e a idade após a última intervenção com corte raso das árvores plantadas. A ausência de idade entre parênteses indica que não houve corte raso das árvores plantadas ou que essa informação não estava disponível no trabalho consultado. Nesse estudo, foram utilizados pontos em vez de área para a amostragem, sendo o número apresentado equivalente ao número de pontos utilizados no levantamento. Na amostragem, foram consideradas todas as formas de vida, para as espécies fanerógamas (com exceção de Poaceae) e para as espécies pteridófitas.

De maneira geral, os estudos comprovam a possibilidade de utilização de plantios florestais comerciais como facilitadores da restauração de ecossistemas. Como destacado por Viani et al. (2010), há uma tendência mundial rumo à compreensão de que plantios florestais comerciais não sejam vistos apenas como áreas de produção florestal. Tais áreas, se manejadas adequadamente de modo a preservar o sub-bosque, podem funcionar como redutos de biodiversidade, pelo menos, para alguns grupos de seres vivos. Além de desfazer a ideia equivocada de que plantações florestais são, invariavelmente, “desertos verdes”,

Tabela 3. Estudos da comunidade vegetal em regeneração natural sobre plantações florestais comerciais realizados no Brasil.

Município	Autor	Espécie investigada	Domínio Fitogeográfico	Uso anterior da terra	Idade (anos)	Comp. floresta	Nº spp	Nº ind.	D (ind ha ⁻¹)	A (m ²)	Método e critério de inclusão
Assis, SP	Durigan et al. (1997)	<i>Corymbia citriodora</i>	C	vegetação nativa	22(2)	Sim	25	275	1.375	2.000	P (DAP ≥ 5 cm)
Assis, SP	Durigan et al. (1997)	<i>Corymbia citriodora</i>	C	vegetação nativa	22(2)	Sim	49	ni	ni	2.000	P (DAP ≤ 5 cm)
Assis, SP	Modna et al. (2010)	<i>Pinus elliottii</i>	C (zona ripária)	pastagem	11	Não	56	1.276	4.923	2.592	P (h ≥ 0,5 m)
Assis, SP	Santos et al. (2007)	<i>Pinus elliottii</i>	C (zona ripária)	pastagem	17	Não	19	94	1.790	525	P (h ≥ 0,5 m)4
Belo Oriente, MG	Santos et al. (2007)	<i>Eucalyptus grandis</i>	FES	vegetação nativa	ni	Não	48	1.255	2.413	5.200	P (CAP ≥ 5 cm)
Belo Oriente, MG	Calegario et al. (1993)	<i>Eucalyptus paniculata</i>	FES	vegetação nativa	ni	Não	55	744	1.431	5.200	P (CAP ≥ 5 cm)
Bofete, SP	Viani (2005)	<i>Eucalyptus grandis</i>	FES	ni	19(9)	Não	42	199	3.317	600	P (h ≥ 1,5 m)
Bofete, SP	Viani (2005)	<i>Eucalyptus saligna</i>	FES	ni	19(9)	Não	27	120	2.000	600	P (h ≥ 1,5 m)
Bofete, SP	Viani (2005)	<i>Eucalyptus saligna</i>	FES	ni	13(7)	Não	15	70	1.167	600	P (h ≥ 1,5 m)
Bofete, SP	Viani (2005)	<i>Eucalyptus saligna</i>	FES	ni	12(7)	Não	32	164	2.733	600	P (h ≥ 1,5 m)
Bofete, SP	Viani (2005)	<i>Eucalyptus saligna</i>	FES	ni	24	Não	30	141	2.350	600	P (h ≥ 1,5 m)
Bofete, SP	Viani (2005)	<i>Eucalyptus saligna</i>	FES	ni	31	Não	49	382	6.366	600	P (h ≥ 1,5 m)
Cristal, RS	Mochiutti et al. (2008)	<i>Acacia mearnsii</i>	FES (zona ripária)	vegetação nativa	16	Não	26	169	1.408	1.200	P (CAP > 15 cm)
Cristal, RS	Mochiutti et al. (2008)	<i>Acacia mearnsii</i>	FES (zona ripária)	vegetação nativa	16	Não	49	649	49.167	216	P (h ≥ 0,3 m, CAP > 15 cm)
Despacho, MG	Saporetti et al. (2003)	<i>Eucalyptus grandis</i>	C	ni	28(10)	Não	39	ni	ni	3.000	P (CAS > 10 cm)
Dionísio, MG	Silva Júnior et al. (1995)	<i>Eucalyptus grandis</i>	FES	vegetação nativa	8(10)	Não	123	888	635	2.223	Q (CAP ≥ 5 cm)
Itatinga, SP	Chapman e Chapman (1996) e Carneiro (2002)	<i>Eucalyptus saligna</i>	C/FES	ni	(3)	Não	104	1.900	2.794	6.800	P (h ≥ 1,5 m)
Itatinga, SP	Sartori et al. (2002)	<i>Eucalyptus saligna</i>	C	ni	50(2)	Não	24	92	184	5.000	P (h ≥ 1,5 m)
Itatinga, SP	Ferreira et al. (2007)	<i>Eucalyptus saligna</i>	C/FES	ni	50(2)	Não	90	991	1.982	5.000	P (h ≥ 1,5 m)
Lavras, MG	Ferreira et al. (2007)	<i>Eucalyptus grandis</i>	FES	pastagem	30	Não	33	ni	ni	325	P (h ≥ 0,1 m, CAP < 15 cm)
Luiz Antônio, SP	Nóbrega et al. (2008)	<i>Eucalyptus robusta Sm.</i>	FES (zona ripária)	abandonada	19	Sim	21	243	30.375	80	P (h ≥ 0,1 m, DAP < 5,0)
Paraibuna, SP	Souza Filho et al. (2007)	<i>Eucalyptus sp.</i>	FES	ni	20	Não	67	549	15.250	360	P 5
Paraibuna, SP	Souza Filho et al. (2007)	<i>Eucalyptus sp.</i>	FES	ni	7(1)	Não	101	908	25.222	360	P 5
Paraibuna, SP	Souza Filho et al. (2007)	<i>Eucalyptus sp.</i>	FES	ni	7(1)	Não	58	832	23.111	360	P 5

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Autor	Espécie investigada	Domínio Fitogeográfico	Uso anterior da terra	Idade (anos)	Comp. floresta	Nº spp	Nº ind.	D (ind ha ⁻¹)	A (m ²)	Método e critério de inclusão
Paraopeba, MG	Neri et al. (2005)	<i>Eucalyptus</i> sp.	C	ni	30	Não	47	376	3.760	1.000	P (h ≥ 1 m, CAS ≥ 10 cm)
Poços de Caldas, MG	Nappo et al. (2004, 2005)	<i>Mimosa scabrella</i>	ni	mineração	17	Não	77	1.946	20.484	950	P (h ≥ 0,3 m)
Santa Maria, RS	Avila et al. (2007)	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	ni	ni	ni	Não	25	425	2.214	1.920	P (h ≥ 0,5 m, DAP < 30 cm)
São Bernardo do Campo, SP	Tubini (2006)	<i>Eucalyptus saligna</i>	FOD	vegetação nativa	ni(13)	Sim	53	403	2.020	2.000	P (CAP ≥ 10 cm)
São Carlos, SP	Lombardi e Motta Junior (1992)	<i>Pinus elliottii</i>	C	ni	20	Não	67	ni	ni	100	P4
São Luiz do Paraitinga, SP	Tabarelli et al. (1993)	<i>Eucalyptus</i> spp.	FOD	vegetação nativa	30(21)	Sim	63	ni	ni	3.375	P (CAP ≥ 10 cm)
Tarumã, SP	Silveira e Durigan (2004)	<i>Pinus elliottii</i> var. densa	FES (zona ripária)	agricultura	10	Sim	13	74	1480	500	P (h ≥ 0,5 m)
Telêmaco Borba, PR	Barbosa et al. (2009)	<i>Araucaria angustifolia</i>	FES/FOM	ni	12	ni	83	ni	ni	300	P (h ≥ 0,1 m)
Telêmaco Borba, PR	Barbosa et al. (2009)	<i>Araucaria angustifolia</i>	FES/FOM	ni	22	ni	100	ni	ni	300	P (h ≥ 0,1 m)
Telêmaco Borba, PR	Barbosa et al. (2009)	<i>Araucaria angustifolia</i>	FES/FOM	ni	35	ni	126	ni	ni	300	P (h ≥ 0,1 m)
Telêmaco Borba, PR	Barbosa et al. (2009)	<i>Araucaria angustifolia</i>	FES/FOM	ni	43	ni	125	ni	ni	300	P (h ≥ 0,1 m)
Viçosa, MG	Rezende et al. (1994)	<i>Eucalyptus grandis</i>	FES	ni	7	Sim	44	ni	ni	900	P (h ≥ 0,1 m, DAP < 10 cm)

Legenda: C = cerrado; FES = floresta estacional semidecidual; FOD = floresta ombrófila densa; ni = não informado; Comp. floresta = Comparação com florestas adjacentes; Nº spp = número de espécies amostradas; Nº ind. = número de indivíduos amostrados; D = densidade da regeneração natural; A = área amostral; P = parcelas; Q = pontos quadrantes; DAP = diâmetro à altura do peito (1,3 m); CAP = circunferência à altura do peito; h = altura; CAS = circunferência no nível do solo.

Fonte: Viani et al. (2010).

os estudos analisados remetem, inevitavelmente, ao potencial de utilização dos plantios homogêneos de espécies comerciais como técnica alternativa para a reabilitação de áreas degradadas e para a facilitação da restauração ecológica de florestas nativas.

Em trabalho que analisa a hipótese envolvendo a impossibilidade de permanência de qualquer espécie vegetal sobre a serrapilheira do pínus devido à “toxicidade” de suas acículas e estudando o efeito alelopático de extratos de acículas de *Pinus elliottii* na germinação e crescimento de plântulas de *Lactuca sativa*, Halmenschlager et al. (2010) verificaram que extratos provenientes de serrapilheira de mata de pínus parecem perder o poder alelopático negativo, permitindo o crescimento de radículas de alface.

Cunha (2012), analisando a composição florística amostrada em um povoamento de *Corymbia citriodora*, com mais de 60 anos de idade e sem distúrbio há 25 anos, no município de Colina, SP, concluiu que o povoamento proporcionou condições ambientais favoráveis para a regeneração das espécies nativas, principalmente, em sucessão secundária e em estágio inicial de regeneração.

Marinho et al. (2002) avaliaram a presença de formigas em eucaliptais de Bom Despacho, MG, em comparação com área de Cerrado. Foram coletadas 143 espécies de formigas, pertencentes a 37 gêneros, 23 tribos e seis subfamílias. Os eucaliptais apresentaram, em média, 52 espécies por área amostrada, enquanto, na área de vegetação nativa, ocorreram 67 espécies. Soares et al. (1998) também encontraram resultado semelhante e, segundo eles, em monoculturas como as plantações puras de eucalipto, a riqueza de espécies de formigas é menor. O estudo sugere que a riqueza específica não depende somente da complexidade dos ambientes estudados. Apesar da aparente pobreza do cultivo do eucalipto na manutenção da diversidade em geral, o uso desse cultivo em corredores ecológicos pode ser útil como prática alternativa de manejo, no contexto do Manejo Florestal Sustentável, que considera a paisagem, além das situações locais.

Por outro lado, o uso de um sistema de manejo adequado em plantio de pínus, com a manutenção da cobertura vegetal, visando proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento de fungos entomopatogênicos e abrigo para inimigos naturais, entre outras providências, propicia um aumento da população de inimigos naturais, contribuindo para o programa de controle biológico de pulgões-gigantes do pínus no Estado do Paraná (PENTEADO et al., 2000).

Plantações florestais comerciais no contexto da paisagem

*Yeda Maria Malheiros de Oliveira
Marilice Cordeiro Garrastazu
Maria Augusta Doetzer Rosot
Naíssa Batista da Luz
Erich Gomes Schaitza*

Introdução

A proposta do presente capítulo é a de considerar como pano de fundo os aspectos anteriormente mencionados, como solo, água e biodiversidade que, evidentemente, são peculiares da paisagem em que estão inseridos, para analisar a relação das plantações florestais com o ambiente de forma mais ampla que o contexto da propriedade. Inclui a interseção entre o setor florestal e a agricultura, representada pelos sistemas agroflorestais.

As plantações florestais comerciais e a escala de paisagem

Quando considera a preocupação com as relações entre solo e as formas de vida endêmicas ao local em questão (KURASZ et al., 2007), a paisagem pode ser definida como “um mosaico de ecossistemas locais, ou usos da terra, que se repetem ao longo de uma grande extensão, produzindo uma agregação repetitiva de elementos espaciais” (FORMAN, 1995). Quando o ponto focal é a floresta, normalmente três elementos básicos são considerados: as áreas com vegetação contínua (grandes ou pequenos fragmentos), os corredores e a matriz.

Fragmento florestal é uma área remanescente das alterações - provocadas pelo ser humano - na paisagem, composto por vegetação típica de uma determinada região. Em inglês é também conhecido como *landscape patch*. O termo parece apropriado porque embute o conceito de *patchwork quilt*, a conhecida colcha de retalhos; mais que isso, *patchy* significa “algo composto por partes irregulares” (KURASZ et al., 2007). Já o termo matriz se refere ao componente dominante na paisagem, normalmente o mais extenso em área. É comum considerar-se que a ocorrência da classe de uso e cobertura da terra é matricial quando o grau de presença da classe é superior a 50% do território.

Até alguns anos atrás, remanescentes florestais nativos, principalmente, em regiões densamente povoadas, eram vistos como ilhas de habitat, incrustadas em uma matriz inóspita de áreas inabitáveis pela fauna e flora locais (BROCKERHOFF et al., 2008). Entretanto, estudos relacionados à paisagem com o desenvolvimento de técnicas computacionais passaram a incorporar a dimensão temporal e o estudo da heterogeneidade espacial, assim como o acompanhamento dos processos bióticos e abióticos (KURASZ et al., 2007), proporcionando a possibilidade de análises mais complexas.

A tendência, atualmente, é a de considerar que alimentos e refúgio podem ser encontrados ao longo de gradientes da “matriz” (FISCHER; LINDNMAYER, 2007). Alguns modelos de matriz podem, inclusive, ser benéficos para a mitigação dos efeitos da fragmentação. Inúmeras pesquisas têm mostrado que florestas plantadas com eucalipto, por exemplo, são importantes em relação à conectividade entre fragmentos florestais. Isso se deve ao fato de que os povoamentos de eucalipto podem, de acordo com Cunha (2012), abrigar um grande número de aves, morcegos, invertebrados e répteis, servindo, também, como poleiros vivos para a avifauna. O autor se baseou em resultados publicados por outros autores como Calegario (1993), Nappo et al. (2004) e Neri et al. (2005), Silva Júnior et al. (1995), Wunderle (1997).

A matriz da paisagem pode complementar recursos, permitir ou até facilitar a dispersão entre fragmentos isolados e diminuir os efeitos dos regimes de alterações, permitindo a implementação de zonas tampão em torno dos fragmentos contra as consequências indesejáveis do efeito de borda (Figura 1). Analisando um caso brasileiro, Nascimento et al. (2010), considerando os efeitos de borda decorrentes do isolamento e das alterações microclimáticas subsequentes como uma das mais importantes ameaças à conservação de fragmentos florestais, avaliaram a eficácia da manutenção de uma barreira formada

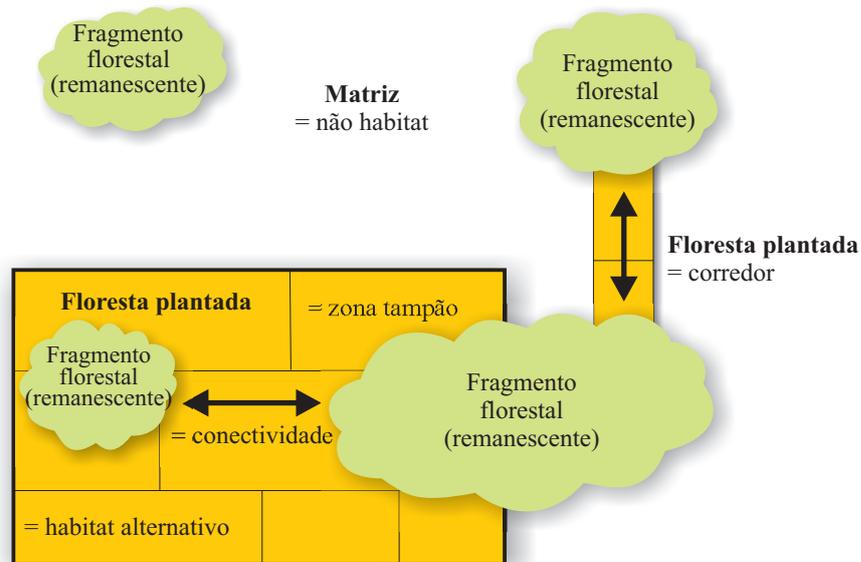


Figura 5.1. Modelo de paisagem “corredor-fragmento-matriz”.

Fonte: Adaptado de Brockerhoff et al. (2008).

por três linhas de eucaliptos ao longo da borda de um fragmento de Floresta Subtropical Estacional Semidecidual, circundado por eucaliptocultura. Concluíram que a barreira de eucalipto se mostrou eficaz ao amenizar o microclima, proporcionando redução global de 35% na luminosidade incidente sobre o solo na borda do fragmento e redução média de 1 °C na temperatura do ar, além de elevar em 3,4% a umidade relativa. Ademais, os autores observaram que a barreira foi eficaz também na prevenção dos impactos mecânicos sobre a vegetação nativa, evitando danos às árvores adultas e preservando o estrato regenerante junto à borda do fragmento florestal. Na ausência da barreira, o estrato regenerante foi reduzido a menos de 20% da densidade e 50% da riqueza das espécies. Para os autores, a barreira de eucaliptos é importante como um meio eficaz de minimizar os impactos mecânicos das operações silviculturais e, sobretudo, amenizar as condições microclimáticas ao longo da borda de fragmentos florestais, com destaque para a redução da luminosidade incidente no sub-bosque.

Também no caso brasileiro, pode-se afirmar que, geralmente, os novos plantios das grandes empresas florestais estão sendo organizados na forma de mosaicos, ou seja, com a floresta plantada entremeada por floresta natural e, ainda mais, respeitando-se as áreas de preservação, as matas nativas, mananciais hídricos e áreas impróprias. Isso, na média, tem levado a situações em que o eucalipto, por exemplo, representa menos da metade da área total do estabelecimento. Nos plantios do programa de Pousaça Florestal ou Fomento Floresta, a área com eucalipto chega a, no máximo, 20% da área da propriedade.

A Figura 1 mostra um exemplo de modelo de paisagem “corredor-fragmento-matriz”, onde a mesma é altamente fragmentada, com perda de aproximadamente 85% de floresta natural, mas com a presença de cerca de 20% de floresta plantada.

Métricas de paisagem, estudadas há muito tempo para explicar as conexões entre diferentes usos e cobertura da terra, têm sido, mais recentemente, consideradas nas análises dos efeitos das florestas plantadas sobre a paisagem. Entre as métricas adotadas, está a conectividade, envolvendo o componente “corredores de biodiversidade”, designando áreas com potencial de conexão entre fragmentos florestais ou áreas de conservação.

Vários autores, entre eles um dos precursores da Ecologia de Paisagem, Forman (1995), mas também Brockerhoff et al. (2008) e Lindenmayer e Franklin (2002), têm se debruçado sobre a análise que considera as plantações florestais como elemento de grande importância

para a dispersão da fauna, na lógica da conexão entre os diferentes componentes da paisagem, otimizando, dessa forma, tal conexão. Entretanto, um dos fatores que mais tem sido considerado pelas empresas florestais é a implantação e manutenção de corredores de vegetação nativa ao longo de áreas ripárias. Por seu porte arbóreo e ambiente tipicamente florestal, pode-se inferir que tais paisagens são mais amigáveis que ambientes em que apenas a agricultura tradicional predomina. Com isso, o setor florestal tem atuado positivamente no que se refere ao cumprimento dos dispositivos previstos na Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012), referentes às áreas protegidas, tais como as áreas de preservação permanente. O setor de florestas plantadas também tem conquistado reconhecimento no que se refere à conservação (muitas vezes, preservação) de fragmentos nativos nas propriedades com povoamentos plantados que, em área, excedem o disposto na legislação: a cada um a dois hectares plantados, pelo menos um hectare é mantido preservado, ou então enriquecido (GARLIPP; FOELKEL, 2009).

Há um acúmulo de evidências que suportam a associação entre cultivos florestais e a provisão de serviços e benefícios ambientais, como parte de uma paisagem multifuncional. Esse papel multifuncional foi enfatizado tanto pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005) como pela Avaliação Internacional da Ciência e Tecnologia Agrícola para o Desenvolvimento (INTERNATIONAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL KNOWLEDGE, SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT, 2009). Se planejadas e manejadas adequadamente, apresentando diferentes finalidades, paisagens produtivas podem suportar não só a produção de alimentos e fibras, mas também grande variedade de serviços sem valor no mercado convencional, mas essenciais para a vida no planeta, como conservação de biodiversidade, regulação da água e do clima (BARAL et al., 2013; VERBURG et al., 2009).

A literatura apresenta resultados de quantificação dos benefícios ambientais de florestas plantadas, no que se refere ao papel das florestas na conservação da biodiversidade em paisagens tropicais, ao aumento da fertilidade do solo, ao potencial de armazenamento de carbono no solo e na vegetação (BARAL et al., 2013; KIRBY; POTVIN, 2007; WINK et al., 2013).

O tipo, a intensidade e o arranjo espacial do uso e do manejo da terra afeta diretamente o tipo e a quantidade de serviços ambientais (SA) produzidos em agroecossistemas (GOLDSTEIN et al., 2012; RAUDSEPP-HEARNE et al., 2010). Tem sido estudada a relação entre mudanças no uso e manejo da terra e a provisão de SA. A provisão de SA pela vegetação natural é significativamente reduzida com a conversão para pastagens. Em contraste, conversão de pastagens para florestas manejadas aumenta a provisão da maioria dos SA. No entanto, se comparadas com a condição inicial, há uma perda significativa deles. Obviamente, o fluxo de SA varia de acordo com o regime de rotação e o nível de intensidade dos cultivos. Por isso, a avaliação e a análise de *trade-offs* (perdas e ganhos) entre os múltiplos SAs, submetidos a diferentes estratégias de manejo florestal, são importantes nos processos de planejamento e tomada de decisão.

Plantações florestais comerciais e sua interseção, na paisagem, com a agricultura, visando a produção de madeira e alimentos

Os sistemas agroflorestais (SAF) são uma forma conciliadora entre a produção florestal e a produção de alimentos. Alguns SAF podem, inclusive, atuar como serviços de recuperação de áreas degradadas por mau uso agrícola. Muitos deles são utilizados como um meio

de fornecer adubo verde para as espécies florestais ou, mesmo, de adubação para outros cultivos.

Por terem uma grande estabilidade na oferta de produtos ao longo do ano, os SAF vêm sendo amplamente adotados, inclusive, em propriedades de fomentos florestais no Brasil. Em 2014, 17,8 mil famílias foram beneficiadas por programas de fomento em todo Brasil (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015).

Ao associar atividades agrícolas e/ou pecuárias com espécies florestais arbóreas, os SAF se mostram, além de um sistema de produção de elevado grau de sustentabilidade, um grande produtor de alimentos.

Podem ser mencionados casos de sucesso em todo o país, sendo um dos mais antigos o caso dos imigrantes japoneses de Tomé-Açu, Estado do Pará, na Amazônia brasileira, com foco central na produção da pimenta-do-reino.

Esses sistemas possibilitam a fácil recuperação da fertilidade dos solos, fornecimento de adubos verdes, controle de pragas e de ervas daninhas, diversificação da produção. Por isso, promovem uma maior estabilidade na oferta de produtos ao longo do ano, obtenção de alimentos, extração de madeira (para energia e como lenha para o cozimento de alimentos) e oportunidade para o cultivo de plantas medicinais (CARVALHAES, 2013).

Os sistemas agroflorestais, em alguns locais, são altamente diversificados tanto pelo uso de inúmeras espécies industriais, como pelo consórcio com culturas alimentares como melão, melancia, arroz, feijão, mandioca, milho, entre outros.

A utilização de florestas plantadas para a recuperação de áreas degradadas é também uma realidade, podendo, inclusive, devolver áreas para a produção de alimentos. Há, ainda, exemplos de árvores servindo de adubação verde para culturas alimentares cultivadas em suas aleias.

Em relação ao provável avanço das plantações florestais sobre as áreas próprias para a agricultura, os dados levantados mostram que a área destinada ao plantio dos principais produtos agrícolas brasileiros cresceu de 55 milhões de hectares para 65 milhões de hectares entre os anos de 2006 e 2013 (Tabela 1). O crescimento das plantações florestais no mesmo período foi de apenas 1,6 milhão de hectares, não tendo reflexos negativos sobre a área destinada à agricultura. Nos estados do Maranhão, Piauí e Bahia, nesse período, a diminuição da área plantada com lavouras foi da ordem de 1,5 milhão de hectares, enquanto que o crescimento das plantações florestais foi apenas 228 mil hectares. O fato é que o crescimento das plantações florestais tem ocorrido em razão da ocupação de áreas degradadas, principalmente, naquelas de pastagens degradadas.

As mudanças na paisagem mencionadas anteriormente seguem uma tendência atual de ocupação do denominado Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e sul da Bahia). Além da ocupação de novas áreas, trata-se também da conversão de pastagens degradadas em sistemas mais produtivos e sustentáveis, que atendam as metas brasileiras oficializadas durante a COP 21 do Clima (2015), conhecidas como Contribuição Nacionalmente Determinada (Intended Nationally Determined Contribution (NDC). São metas: a) florestas: restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares até 2030, para múltiplos usos; b) agricultura: fortalecer o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC), inclusive por meio da restauração adicional de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas até 2030; c) agroflorestas: incrementar em 5 milhões de hectares os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) até 2030.

Tabela 1. Principais produtos alimentícios e florestais durante o período de 2006 a 2013.

Principais culturas (ha)	Ano	Área plantada em ha					
		Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Arroz	2006	3.010.169	468.667	734.917	121.636	1.237.700	447.249
Arroz	2013	2.386.821	284.673	577.171	40.734	1.268.225	216.018
Milho	2006	12.997.372	549.711	2.868.118	2.430.792	4.685.004	2.463.747
Milho	2013	15.708.367	529.773	2.271.904	2.130.727	4.532.480	6.243.483
Feijão	2006	4.243.474	174.862	2.348.447	649.807	850.652	219.706
Feijão	2013	3.041.299	117.228	1.361.226	552.779	634.310	375.756
Mandioca	2006	1.974.419	496.044	954.050	136.572	292.779	94.974
Mandioca	2013	1.560.263	506.927	591.555	136.780	257.393	67.608
Trigo	2006	1.771.519	0	0	61.764	1.646.620	63.135
Trigo	2013	2.225.401	0	0	74.678	2.135.982	14.741
Cana de açúcar	2006	6.390.474	23.990	1.134.645	4.155.564	483.246	593.030
Cana de açúcar	2013	10.223.043	53.790	1.203.803	6.495.560	683.531	1.786.359
Soja	2006	22.082.666	517.943	1.488.313	1.665.966	8.131.849	10.278.595
Soja	2013	27.948.605	925.707	2.327.374	1.764.172	10.011.694	12.919.658
Café	2006	2.331.560	193.801	166.382	1.843.795	100.319	27.263
Café	2013	2.094.257	107.926	170.690	1.721.887	64.964	28.790
Total lavouras 2006	2006	54.801.653	2.425.018	9.694.872	11.065.896	17.428.169	14.187.699
Total lavouras 2013	2013	65.188.056	2.526.024	8.503.723	12.917.317	19.588.579	21.652.413
Plantações Florestais ⁽¹⁾	2006	3.862.546	188.180	633.457	2.305.070	376.494	331.854
Plantações Florestais ⁽¹⁾	2013	5.473.176	327.957	861.273	2.636.432	624.264	1.007.593

⁽¹⁾ Há uma diferença de valores entre o total e a soma das regiões em função da agregação dos dados dos estados de áreas pequenas com plantações florestais que não permite a diferenciação por regiões.

Fonte: Tabela elaborada por Moacir José Sales Medrado a partir de dados do IBGE (2013b) e do Anuário Estatístico ABRAF (2013) – adaptado por Pöry Consultoria.

As espécies do gênero *Pinus* e seu potencial invasor

Algumas espécies subtropicais do gênero *Pinus* (*P. elliottii* e *P. taeda*) são bastante comuns na paisagem rural da Região Sul brasileira. A maior concentração de plantios de *Pinus* (88,4%) encontra-se nos três estados do Sul do Brasil, sendo que no Paraná e Santa Catarina a área plantada supera a de *Eucalyptus* e, no Rio Grande do Sul, há uma proporção aproximada de 63% e 37% para *Eucalyptus* e *Pinus*, respectivamente (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015). Nos demais estados brasileiros (exceção feita ao MT, MA, PA, AP, PI onde praticamente plantios de pinus inexistem), os plantios comerciais com espécies de *Eucalyptus* ocupam atualmente uma área substancialmente maior que aquela ocupada com o gênero *Pinus* (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015). Tal fato ressalta especialmente a fragilidade da região Sul brasileira com relação a possíveis restrições legais ao plantio com o gênero *Pinus*. A alta produtividade, a capacidade de adaptação e a baixa exigência nutricional e hídrica, historicamente, levou os produtores de madeira a plantar espécies do gênero *Pinus* e isso tem colocado essas espécies em uma posição de destaque nos programas de plantios, tanto entre as grandes empresas florestais como entre os pequenos proprietários rurais. O setor produtivo florestal no Sul do país possui destaque nacional e mundial, principalmente na produção de pinus, que supre um mercado interno e externo para a produção de laminados, compensados, móveis, portas e janelas, painéis

MDF e outros produtos. Estão concentrados na Região Sul, os principais polos moveleiros do Brasil. Adicionalmente, a resinagem de *Pinus elliottii* em plantios no litoral do Estado do Rio Grande do Sul é uma importante atividade econômica. Além de agregar valor, dá cunho altamente social aos plantios, pela utilização direta de mão de obra. No Brasil, são produzidas cerca de 100 mil toneladas/ano de resina extraída em mais de 45 milhões de árvores, gerando emprego direto para 12 a 15 mil pessoas, reforçando o benefício social dos plantios. Naquele estado, são produzidas cerca de 22 mil toneladas de resina/ano, a partir da qual são obtidos o breu e a terebintina, que apresentam aplicação em larga escala na indústria química.

No Brasil, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), foram identificadas 543 espécies invasoras, como dispõe a Resolução Conabio nº 5, de 21 de outubro de 2009, sobre a Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras (BRASIL, 2009). As espécies do gênero *Pinus*, além de serem reconhecidas como produtivas e promissoras, são também tidas como espécies exóticas invasoras

Primeiramente, é interessante considerar o conceito de espécies exóticas: qualquer espécie, incluindo suas sementes, ovos, esporos ou outro material biológico capaz de propagar tal espécie. Outros termos são usados como sinônimos de espécie exótica, tais como “não nativa”, “não indígena”, “introduzida” e, em inglês, *alien* (alienígena), termo adotado nos EUA pela “Executive Order 13112 of February 3, 1999”. Cunhou-se também a sigla IAS (*Invasive alien species*). Ao longo do século 20, a palavra alienígena passou, cada vez mais, a designar qualquer ser vivo, inteligente ou não, proveniente de outro planeta, devido ao seu uso em obras de ficção do cinema e da literatura. Esse significado foi incorporado à cultura popular e à língua oficial.

Na sequência, e para complementar, considere-se o conceito de organismo invasor: são espécies exóticas cuja introdução em um ecossistema, no qual é espécie “não nativa”, pode causar danos, ecológicos ou aos seres humanos. No caso do gênero *Pinus*, emprega-se tal conceito por seu potencial de modificar os sistemas naturais.

Manejo e controle da dispersão do pínus fora das fronteiras dos reflorestamentos

Dispersão sobre os diferentes tipos de usos ou cobertura da terra: considera-se que alguns ambientes são aparentemente mais suscetíveis à invasão ou colonização por uma espécie da fauna ou da flora do que outros. A contaminação biológica por *Pinus* pode ocorrer em ecossistemas abertos, como campos e, principalmente, em áreas degradadas pelo homem. Richardson e Bond (1991) analisaram 53 casos de invasão por *Pinus*, verificando que 53% ocorreram em comunidades herbáceas, 23% em áreas de solos expostos, 11% em campos de cultivo abandonados, 9% em comunidades herbáceo-arbustivas, 8% em comunidades arbustivas e 8% em áreas florestais. Segundo Richardson e Higgins (1998), os ambientes mais susceptíveis à invasão por *Pinus*, em ordem crescente, são solos expostos, dunas, campos naturais, vegetação arbustiva e florestas. Bognola¹ (comunicação pessoal) aplicaram 800 sementes (4 repetições) de *Pinus taeda*, pré-germinadas em laboratório da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em diversos ambientes onde havia diferenças significativas em relação à luminosidade incidente na superfície do solo. Esses ambientes, por conseguinte, proporcionaram condições diferenciadas de germinação e desenvolvimento das plântulas em suas superfícies. Foi constatado que, em ambientes com pouca incidência de luminosidade, tais como os capoeirões e vegetação arbórea com alto grau de preservação,

¹ Comunicação pessoal do pesquisador da Embrapa Florestas Itamar Antonio Bognola.

não houve sobrevivência de nenhuma semente pré-germinada e liberada na superfície desses locais.

Manejo da regeneração natural de *Pinus*: Existem vários trabalhos pontuando que a remoção das mudas ou árvores jovens de *Pinus* é fácil e econômica, não havendo rebrota, se o corte for feito até 10 cm do solo. No Estado do Rio Grande do Sul, onde existe legislação específica sobre o assunto, desde 2012, está sendo divulgada a cartilha “Controle da Dispersão de *Pinus*”, por iniciativa do “Fórum Florestal do RS”. Na mesma, são descritas, passo a passo, as medidas comprovadas de controle da dispersão das espécies de *Pinus*. Outra iniciativa também para atingir o grande público é a cartilha “Manejo de plantios de *Pinus* – Gestão Ambiental”, de iniciativa da ONG-Amigos da Floresta, da Associação Riograndense de Reflorestadores - Ageflor e da empresa Competpinus. Assim, defende-se que a sustentabilidade da cadeia produtiva com base em *Pinus* deve atender aos princípios de viabilidade econômica, justiça social, e adequada gestão ambiental. A gestão ambiental dos plantios florestais diz respeito à adoção de medidas preventivas e de redução de impacto das atividades sobre os recursos naturais, diminuindo os riscos que comprometem a sustentabilidade do negócio. Advoga-se a importância de adotar práticas relacionadas ao “bom manejo”, por meio de: a) respeito à Legislação vigente; b) controle da dispersão; c) restauração ambiental; e d) monitoramento.

Oliveira et al. (2015) analisaram dados do Inventário Florestal Nacional do Brasil, com parcelas instaladas em parte dos três estados do Sul do país. O objetivo foi o de buscar evidências da presença de espécies de *Pinus* e *Holvenia dulcis* (uva-do-japão), como integrantes das florestas nativas da região, no contexto da “contaminação biológica”. Seguiu-se o conceito de espécies exóticas introduzidas, adaptadas à vegetação nativa e capazes de provocar mudanças naturais nos ecossistemas. A amostragem do IFN-BR utilizada no estudo corrobora os resultados encontrados por outros autores, de que espécies de *Pinus* plantadas no Sul do Brasil não são caracterizadas como espécies invasoras de formações florestais nativas, com uma densidade menor do que 0,1 árvore por hectare, quando presente, principalmente, na borda dos fragmentos florestais nativos. É importante mencionar que, muitas vezes, os povoamentos de *Pinus* são implantados perto de remanescentes florestais, estabelecendo-se uma zona de contato com árvores de ambos os tipos de uso ou cobertura da terra.

A acácia-negra e seu potencial invasor

A acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) foi estabelecida há mais de 80 anos no Estado do Rio Grande do Sul e é bastante presente na paisagem rural gaúcha. Cerca de 80% da produção têm origem em pequenas propriedades, envolvendo cerca de 40 mil famílias de pequenos e médios produtores rurais, que têm no cultivo dessa espécie uma alternativa de diversificação do uso da propriedade e de obtenção de renda.

O plantio de acácia-negra é um exemplo do componente social da atividade florestal nas pequenas propriedades. A área plantada com acácia-negra no Rio Grande do Sul é de, aproximadamente, 140 mil ha, produzindo madeira para fabricação de cavacos, geração de energia e de casca para extração de tanino vegetal, este dando origem a diversos produtos na indústria química desenvolvidos a partir da casca da acácia negra, produzindo algumas dezenas de derivados, entre os quais, condicionadores de lama para perfuração de poços de petróleo, redutores de viscosidade de massas cerâmicas, cupinícidas, bactericidas, clarificadores de açúcar, adesivos para madeira aglomerada, compensada, MDF e papelão, coagulantes e floculantes para tratamento de águas de abastecimento e de efluentes

industriais, e extratos vegetais para curtimento de couro e peles (ATTIAS et al., 2013). A madeira de acácia-negra produzida no Rio Grande do Sul, parte é exportada para a produção de celulose, parte abastece as fábricas de chapas e celulose no estado e a maior parte dessa madeira é direcionada para a produção de carvão vegetal. Recentemente, a Tanac instalou no Município de Rio Grande a maior unidade industrial de *pellets* de madeira da América do Sul, para início de exportação em 2016.

Segundo Lowe et al. (2004), a acácia-negra está entre as 100 espécies exóticas com maior potencial invasor do mundo. Apesar disso, a invasão de ambientes naturais pela espécie ainda não foi extensivamente comprovada no Brasil, como acontece em outras partes do mundo. No Brasil, esta espécie foi encontrada com frequência em ambientes perturbados adjacentes a cultivos, em beiras de estradas e em unidades de conservação (ATTIAS et al., 2013). Mochiutti et al. (2007), analisaram a presença espontânea da espécie em diversos ambientes e concluíram que a invasão da acácia-negra esteve relacionada ao grau de perturbação do solo, ou seja, em ambientes pouco perturbados, como o banhado, campo nativo e APP sem uso recente, verificando menos de 11 plantas/0,1 ha. Já Cappelatti e Schmitt (2009), ao inventariarem uma unidade de conservação, o Parque Municipal Henrique Luís Roessler, em Novo Hamburgo, RS, encontraram indivíduos de acácia, pínus e eucalipto entre as espécies exóticas presentes na área, mas não quantificaram sua presença.

Mais uma vez, assim como no caso das espécies de pínus, percebe-se que o principal problema envolvendo a presença de algumas espécies exóticas em um local específico não é necessariamente sua presença no ambiente produtivo. A preocupação acontece quando indivíduos de tais espécies começam a ser registrados em áreas adjacentes aos seus locais de introdução. Assim, o processo envolve a necessidade de manejo e monitoramento das culturas, favorecendo sua produtividade e impedindo sua dispersão, quando não conveniente.

Plantações florestais comerciais e a mitigação na mudança do clima

*Rosana Clara Victoria Higa
Josiléia Acordi Zanatta
Marcos Fernando Gluck Rachwal*

Introdução

Mitigação e adaptação são as principais respostas às mudanças climáticas. Enquanto a primeira trata da causa, a segunda trata dos impactos. No setor florestal, adaptação abrange práticas de manejo voltadas à diminuição da vulnerabilidade das florestas com relação às alterações climáticas e intervenções para diminuir riscos das populações às mudanças do clima.

Estratégias de mitigação do setor florestal podem ser agrupadas em quatro categorias principais: redução de emissões por desmatamento; redução de emissão por degradação florestal, aumento da capacidade de armazenamento de carbono e substituição de produtos.

A importância do uso da madeira em substituição a outros produtos

A substituição de outras formas de matéria prima ou insumo por produtos madeireiros refere-se ao uso de madeira em vez de combustível fóssil para geração de energia, uso da madeira no lugar de cimento, aço e alumínio cuja produção envolve a emissão de grandes quantidades de gases de efeito estufa.

Apesar das limitações dos dados, é evidente que o abastecimento de madeira (particularmente, madeira em tora) está mudando de florestas naturais para plantações florestais comerciais. Prevê-se, assim, que as plantações florestais comerciais irão contribuir cada vez mais para o mundo, com o fornecimento de madeira, fibra, combustível e produtos florestais não madeireiros usados na alimentação, e que essa mudança pode reduzir a pressão sobre as florestas naturais.

O impacto desta evolução nos mercados de madeira e conservação ambiental deve ser considerado pelos formuladores de políticas, planejadores e gestores florestais. Dentro do segmento de plantios florestais comerciais, medidas de mitigação com vistas ao aumento de capacidade de armazenamento do carbono são voltadas para o uso da madeira e práticas silviculturais, especialmente, as direcionadas ao balanço positivo de carbono no solo.

Boas práticas silviculturais nas plantações florestais comerciais

Com relação ao aumento da capacidade de armazenamento de carbono, dois grandes avanços da silvicultura brasileira, obtidos nos últimos 30 anos, foram: a eliminação da queima para limpeza da área para plantio e a adoção de técnicas para melhor conservação de solos, culminando na implementação de sistemas de preparo com perturbação mínima do solo (FAO, 2013a).

O preparo reduzido ou cultivo mínimo do solo permite que, ao longo do tempo, acúmulo de carbono possa ser verificado em áreas florestais, devido às menores taxas de mineralização da matéria orgânica. O solo representa o maior e mais recalcitrante reservatório de carbono dos ecossistemas terrestres, estocando mais carbono, se comparado com a biomassa e a atmosfera combinados (PALMROTH et al., 2006).

O carbono é encontrado no solo como componente prevaiente da matéria orgânica (50-58%) e está relacionado ao ciclo de nutrientes, emissão de gases de efeito estufa (incluindo

dióxido de carbono) e é, portanto, relacionado à vida do solo, fertilidade e funcionamento dos ecossistemas (FAO, 2013b; FRANZLUEBBERS, 2010).

Hartemink et al. (2014) comentam que o papel do carbono orgânico do solo (SOC) na manutenção das condições do solo e seus serviços resultantes são bem estabelecidos. O número de artigos técnico-científicos publicados sobre o assunto vem aumentando consideravelmente, diferentemente do que foi observado até a década de 1980, quando a relação entre solos e alterações climáticas foi notada. Percebeu-se que os solos desempenham um papel fundamental como dreno e fonte de gases com efeito de estufa.

Outra estratégia de mitigação, a redução do desmatamento, ganhou grande atenção do país pelo impacto direto sobre a emissão de GEE. No passado, a maioria das áreas desmatadas foi usada para cultivo agrícola e, em seguida, como pastagem, em muitos casos, mal manejadas e, conseqüentemente, abandonadas. Esse processo resultou em grandes perdas de carbono, na forma de dióxido de carbono, para a atmosfera. Alternativamente, pastagens bem manejadas e adequadamente fertilizadas podem ser largamente produtivas e resultar em acúmulo de C, com remoção de CO₂ da atmosfera.

Estoque de carbono em florestas

A substituição da vegetação nativa por pastagens ou outros usos, incluindo plantios florestais comerciais, vem aumentando em todo o mundo. Além das alterações no estoque de carbono na vegetação, também se percebe alterações nos estoques de carbono do solo, principalmente devido às mudanças na qualidade e quantidade de biomassa vegetal aportada ao solo. No caso de plantações florestais comerciais, embora o potencial de mitigação de carbono seja evidente, quando comparado aos sistemas agrícolas, o tema é complexo e depende de um grande número de variáveis, nem sempre de fácil análise.

Solos degradados têm estoque de carbono orgânico abaixo do seu potencial de armazenamento e, portanto, práticas de manejo podem aumentar esse estoque por meio do sequestro de carbono (LAL, 2004, 2005). Spiotta e Sharma (2013) revisando trabalhos na área concluíram que o clima explica a maior variabilidade de carbono nos solos de plantações florestais em regiões tropicais, o que possivelmente está relacionado ao potencial de aporte de biomassa. As variáveis ambientais foram mais importantes que o uso prévio da terra e o teor de C diferiu em profundidade, em função da cobertura florestal. Outro trabalho de revisão feito por Liao et al. (2010), analisando 86 experimentos de comparação entre C no solo de plantações florestais e suas áreas adjacentes de florestas naturais, apontou a mesma tendência em todos os resultados, sendo o fator clima a causa da maioria das diferenças encontradas. O teor de C observado no solo foi menor em todas as plantações, independente da região e em todos os diferentes grupos de idade, espécies, e tratos silviculturais. Diferenças entre grupos de idade semelhante, coníferas e folhosas, introduzidas e nativas, histórico de uso da terra e práticas silviculturais não foram consideradas relevantes. Os autores argumentam sobre o cuidado da substituição das florestas naturais por plantações, como uma medida de mitigação das mudanças climáticas.

Eclesia et al. (2012), analisando uma série de experimentos de campo e uma síntese da literatura sobre como o conteúdo de carbono orgânico no solo é afetado pelos diferentes usos do solo em transição, verificaram que as mudanças são independentes da vegetação nativa inicial (floresta, pastagem ou savanas), mas fortemente dependentes das características da nova vegetação (plantações de árvores ou pastagens), idade, e precipitação. As plantações florestais aumentaram os estoques de carbono orgânico, principalmente em locais áridos, mas diminuiram nos úmidos. No entanto, as perdas nos locais úmidos foram contrabalançadas

pelo efeito da idade das plantações, ou seja, as mais velhas aumentaram seus estoques de carbono orgânico.

Diferentes espécies florestais, diferentes usos da terra e o balanço de carbono

A espécie usada no reflorestamento também pode influenciar no balanço de carbono orgânico do solo. Sang et al. (2013), comparando plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus urophylla*, florestas secundárias e pastagens em gradientes de solo e clima, no Vietnã, concluíram que o reflorestamento adequado melhora a fertilidade do solo e promove o sequestro de carbono em terras tropicais degradadas, e que florestas secundárias não manejadas são eficazes na melhoria da fertilidade do solo e no sequestro de carbono a baixo custo.

Cook et al. (2014), analisando conversão de pastagens para plantações florestais no Sudeste do Brasil, encontraram carbono do solo orgânico semelhante sob pastagem e plantações de pinus, e sem correlação significativa entre a biomassa acima do solo ou da produtividade e carbono do solo.

Zinn et al. (2002), analisando os efeitos do reflorestamento no Cerrado, no carbono orgânico do solo e serapilheira, observaram variações em relação ao tipo de solo e espécie, com perdas de carbono mais acentuadas na profundidade entre 0-5 cm, nos primeiros anos após implantação, atribuída ao preparo de solo.

Todos estes resultados devem ser considerados na elaboração de estratégias para aumentar o armazenamento de carbono no solo.

Segundo Le Mer e Roger (2001), a emissão de metano pelos solos é resultado da atividade microbiana. O metano é produzido nas zonas anaeróbias de solos alagados, por microrganismos metanogênicos e é oxidado em CO₂ por metanotróficos, nas zonas aeróbias de solos. De acordo com Thompson et al. (1992), o aumento da temperatura global poderia ser reduzido em 25%, se as emissões de CH₄ fossem estabilizadas. Neste sentido, solos florestais têm expressiva contribuição na redução das emissões de metano. Estudo de trocas gasosas de CO₂, N₂O e CH₄ em áreas adjacentes de pastagens, floresta nativa e reflorestamento com *Pinus radiata* e *Eucalyptus globulus*, na Austrália, evidenciaram que a absorção de CH₄ na pastagem foi 17% daquela medida na floresta nativa, enquanto que o reflorestamento com pinus ou eucaliptos aumentou a absorção de CH₄ em 32% e 43%, respectivamente, quando comparada com a floresta nativa (LI VESLEY et al., 2009).

No sul do Brasil, Veloso (2014) observou absorção de metano em solos sob plantios de *Pinus taeda*. Mesmo sendo de menor grandeza, quando comparada à floresta nativa adjacente (estágio intermediário de sucessão), a absorção foi bastante expressiva, apresentando taxas de 3 kg de C-CH₄ ha⁻¹ ano⁻¹. Nesses plantios, os estoques de carbono aumentaram com o uso florestal.

O potencial de solos florestais de estocar carbono e atuar como dreno de metano reside, principalmente, na capacidade de mudar as práticas de uso da terra. Técnicas adequadas de fertilizantes, práticas conservacionistas e conversão de áreas degradadas podem ser grandes aliadas no combate à mudança do clima. Os dados mencionados anteriormente demonstram o potencial do setor de plantios florestais comerciais para essa finalidade. Além dos aspectos abordados anteriormente, a substituição de aço ou concreto por madeira na construção pode salvar até 0,5 tonelada de CO₂ por metro quadrado de construção, durante a vida útil do edifício. Casas e móveis de madeira podem manter o carbono fora

da atmosfera por períodos de até um século ou mais, uma vez que cada metro cúbico de madeira armazenada sob a forma de produtos de madeira contém aproximadamente 0,9 tonelada de CO₂, e resíduos para substituir combustíveis fósseis podem economizar 1,1 tonelada de CO₂ por tonelada de madeira utilizada (BONAN, 2008). Embora esses usos da madeira, como estoque de carbono, sejam temporários e apresentem menor potencial de mitigação quando comparados ao potencial de conservação de florestas, ao mesmo tempo, desempenham papel de grande relevância quando a origem é plantios florestais comerciais, uma vez que diminuem a pressão sobre os remanescentes nativos.

Metas brasileiras para a redução dos gases de efeito estufa

Apresentadas nas Conferências das Partes sobre Mudanças Climáticas (COP-21), o Brasil anunciou à ONU que a sua meta é reduzir em 37% e 43% até 2025 e 2030, respectivamente, a emissão de gases de efeito estufa (ACORDO..., 2015). A proposição foi feita à NDC no contexto das chamadas “Contribuições Nacionalmente Determinadas”. Os objetivos serão alcançados com: a) o desmatamento ilegal zero até 2030; b) o reflorestamento ou restauração de 12 milhões de hectares; c) a recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas; e d) estabelecimento de 5 milhões de hectares de integração lavoura-pecuária-floresta (BRASIL, 2015). Na área de energia, o governo brasileiro mantém o compromisso de ter 45% de fontes totais renováveis. Pretende-se também manter 66% de fonte hidrelétrica e 23% de fontes renováveis tais como solar, eólica e de biomassa (BRASIL, 2015). A participação do etanol será de 16% (BRASIL, 2015)

A Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura reconhece avanços no conjunto de contribuições anunciadas pelo governo brasileiro via NDC, mas salienta uma necessária interação entre sociedade e governo para acompanhamento de métricas e de mecanismos de implementação.

**Plantações
florestais comerciais,
a certificação e os
diálogos setoriais**

*Sérgio Ahrens
Yeda Maria Malheiros de Oliveira*

Introdução

O presente capítulo aborda a relação do setor de plantações florestais comerciais com organizações nacionais e internacionais, seja pelo lado da sua interação com o ambiente e a sociedade, por meio dos processos que levam à certificação ou, também, por outra forma de contato com a sociedade, por meio de mecanismos na lógica do diálogo entre protagonistas que, aparentemente, possuem agendas tão diferentes que parecem inconciliáveis. Também menciona os diferentes fóruns de discussões setoriais, mecanismos de grande importância para oportunizar aos líderes nacionais e/ou internacionais do setor florestal uma plataforma e processo multilateral de diálogo contínuo.

Plantações florestais comerciais e a certificação

Os fatores econômicos são os de maior visibilidade em uma organização, no entanto, a competitividade dela não depende apenas desse componente, mas também de uma conduta socialmente valorizada, o que permitirá o aumento de sua robustez e legitimidade, garantindo sua sobrevivência também sob a ótica socioambiental. As pressões da sociedade sobre as plantações florestais comerciais têm sido maiores que as exercidas sobre as atividades agropecuárias, protagonizando uma relação em algumas situações conflituosas, entre o setor e parte da sociedade civil organizada. O bom senso vem gerando um sentimento de que o desenvolvimento socioeconômico não poderá prescindir dos produtos das florestas plantadas, devendo acontecer dentro do limite da “sustentabilidade negociada” a partir de diálogo proativo com a sociedade.

Uma das primeiras respostas do setor de plantações florestais comerciais às demandas da sociedade foi a certificação. Essa ação acompanhou o movimento do setor de agroalimentares, onde a diversidade de produtos e os problemas contemporâneos de segurança alimentar levaram à necessidade de certificação. Por certificação florestal deve-se entender tanto a certificação do manejo florestal como a certificação da origem do produto florestal, também chamada cadeia de custódia (ou rastreabilidade), significando que todas as etapas do processo de manufatura do produto final foram monitoradas. A certificação do manejo florestal pode ter como objeto tanto florestas naturais como florestas plantadas.

O início desses processos ocorreu devido, principalmente, a pressões de mercados e também de diferentes segmentos da sociedade que reivindicavam iniciativas relacionadas à conservação dos ecossistemas. Tal demanda levou empresas do setor florestal a considerar como imprescindível a necessidade de certificação. Assim, em 1996, algumas associações do setor, instituições de ensino e pesquisa, organizações não governamentais e alguns órgãos do governo passaram a desenvolver esforços no sentido de criar um programa voluntário denominado Programa Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor), reconhecido internacionalmente pelo Program Endorsement of Forest Certification (PEFC).

O Cerflor atua hoje em vários estados brasileiros com destaque para o Mato Grosso do Sul, considerado uma área de expansão recente, evidenciando que a expansão das plantações florestais brasileiras está sendo realizada dentro dos limites de sustentabilidade estabelecidos pela sociedade brasileira em relação à produção florestal. O setor também tem empresas certificadas pelo Forest Stewardship Council (FSC) que é uma organização não governamental, internacional e independente, formada por ambientalistas, pesquisadores, representantes de movimentos sociais, produtores rurais, empresários e representantes de populações tradicionais. O FSC é uma acreditadora de certificadoras, garantindo assim que os certificados emitidos pelas mesmas obedeçam a padrões de qualidade. Estas desenvolvem

um método para certificação baseado nos princípios e critérios do FSC, adaptando-o para a realidade de cada região ou sistema de produção. É dos selos ofertados no Brasil o de maior reconhecimento internacional.

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (2015), do total de 7,74 milhões de hectares de árvores plantadas no Brasil, 4,88 milhões de hectares (63%) são certificados pelo FSC e o PEFC.

De acordo com o Serviço Florestal Brasileiro (2015), posição atualizada em setembro de 2015, entre florestas nativas e plantadas, o país ocupa o 6º lugar no ranking total do sistema FSC. Para a instituição, até aquela data, havia no Brasil 68 certificações de cadeia de custódia para produtos de origem florestal e 24 certificações de manejo florestal pelo Cerflor, totalizando 2.468.112,32 hectares de florestas plantadas.

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (2015), da área total certificada, 1,70 milhão de hectares (35%) são realizados conjuntamente pelos programas FSC e Cerflor/PEFC, 2,60 milhões de hectares (53%) foram certificados exclusivamente pelo FSC e outros 0,58 milhão de hectares (12%) exclusivamente pelo Cerflor/PEFC.

Em 2012, o FSC iniciou um processo de criação de um Fundo para o Pequeno Produtor. Os pequenos produtores que optam pela certificação têm maior acesso ao mercado, mais apoio técnico e financeiro e, também, podem conseguir melhor preço pela sua madeira. A interação entre grandes empresas e pequenos produtores, fomentados ou não, pode melhorar muito, por meio de processos como esse, já que a certificação pode também facilitar o acesso do pequeno produtor às cadeias de suprimento internacionais.

Plantações florestais comerciais e os diálogos setoriais

Da mesma forma ocorrida com a certificação, a constatação das pressões ambientalistas sobre as plantações florestais, em maiores proporções que aquelas exercidas sobre as atividades agropecuárias, fez com que o setor de florestas plantadas buscasse mecanismos de aproximação com a sociedade, visando o esclarecimento de conceitos e preconceitos, além de discutir novas propostas para o avanço do setor e da sociedade como um todo.

No bioma Mata Atlântica, grandes empresas florestais e a sociedade, com participação significativa de organizações não governamentais (ONG), têm exercitado um diálogo interessante que poderá servir de aprendizado e de embrião para o desenvolvimento de experiência igual em outros biomas e regiões. De acordo com Mesquita (2008), o Diálogo na Mata Atlântica, com a participação efetiva do Fórum Florestal do Sul e Extremo Sul da Bahia, gerou a oportunidade de acordo em 13 princípios de grande importância para o desenvolvimento das florestas plantadas em sua região de abrangência.

O crescimento do Diálogo da Mata Atlântica deu origem ao Diálogo Florestal no Brasil que, além do Fórum Florestal do Sul e Extremo Sul da Bahia, também lançado em 2005, conta com mais sete Fóruns Regionais nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná e Santa Catarina, cada um deles com suas peculiaridades.

O Diálogo Florestal estabeleceu diretrizes de médio e longo prazo abrangendo temas prioritários como a conservação, a silvicultura, o fomento florestal e as mudanças climáticas e sua relação com as florestas, como vetores de desenvolvimento no país.

Ao contrário do que se tem afirmado quanto ao setor de florestas plantadas estar avançando sobre as áreas destinadas ao setor de produção de alimentos, há claras evidências de aproximação de tais setores. Com esse intuito, em março de 2015, o Diálogo Florestal

participou de uma reunião em São Paulo, para compartilhar experiências oriundas de melhores práticas e conhecer as propostas do Pacto Global, uma iniciativa da Organização das Nações Unidas (ONU) para estimular a incorporação, pelas empresas produtoras de alimentos, de um conjunto de 10 princípios relacionados aos direitos humanos, direitos trabalhistas, meio ambiente e combate à corrupção. Adicionalmente, novo esforço de modernização do setor florestal foi responsável pela criação do Fórum de Competitividade da Cadeia Produtiva de Madeira e Móveis, com o objetivo de estabelecer ações necessárias para o desenvolvimento e implementação de projetos, entre os quais o de Certificação Florestal, visando um futuro Contrato de Competitividade.

Outra iniciativa de porte foi a Coalizão Brasil, Clima, Florestas e Agricultura: criada em 2014, reúne diferentes atores da sociedade interessados em contribuir para o avanço e a sinergia das agendas de proteção, conservação e uso sustentável das florestas, agricultura sustentável e mitigação e adaptação às mudanças climáticas, no Brasil e no mundo. Ao longo do primeiro semestre de 2015, mais de 200 de seus participantes elaboraram um documento que foi entregue na solenidade de lançamento da Coalizão. Em dezembro de 2015, um importante acordo foi negociado, na COP21, em Paris. Visando contribuir com as negociações multilaterais e agenda econômica no país, a Coalizão pretende estabelecer um diálogo entre os diferentes atores, o Governo Federal e as principais organizações internacionais envolvidas com o tema. A Ibá e a maioria dos grandes grupos do setor florestal fazem parte das entidades brasileiras que aderiram à Coalizão Brasil, Clima, Florestas e Agricultura.

Já no plano internacional, pode-se citar o Advisory Committee on Sustainable Forest-based Industries (ACSF): órgão integrante da FAO composto por executivos seniores do setor privado industrial, entre os quais se encontram dirigentes da indústria florestal, associações de produtores florestais e executivos de empresas de 20 países, incluindo duas entidades brasileiras. O ACSFI se reúne anualmente com o principal objetivo de fornecer orientação sobre as atividades e o programa de trabalho do Departamento Florestal da FAO a respeito de temas relevantes para a indústria de papel e produtos florestais, dando, assim, suporte aos esforços dos países membros na direção do desenvolvimento sustentável.

The International Council of Forest and Paper Associations (ICFPA): organização de associações nacionais e regionais florestais e da indústria de papel cujos objetivos são servir como um fórum de diálogo global, de coordenação e cooperação entre associações florestais e papeleiras; representar a indústria mundial florestal e papeleira nas organizações internacionais; desenvolver posições comuns sobre temas de interesse mútuo; e coordenar ação por intermédio das associações-membros. A Ibá e a Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS) são as entidades brasileiras que participam da ICFPA.

The Forest Dialogue (TFD): criado em 1998 para oportunizar aos líderes internacionais do setor florestal uma plataforma e processo multilateral de diálogo contínuo focados no desenvolvimento de confiança mútua, entendimento compartilhado e soluções baseadas em colaboração, para enfrentar os desafios da busca para o manejo florestal sustentável e para a conservação florestal no mundo. O objetivo do TFD é reduzir o conflito entre as partes interessadas sobre a utilização e proteção dos recursos florestais vitais. Ao longo dos últimos doze anos, o TFD reuniu mais de 2.500 diferentes líderes para trabalhar questões florestais. O TFD é coordenado por um comitê diretivo composto por representantes de instituições de todo o mundo, incluindo o Brasil, com participação da Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida e a Klabin.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD): organização liderada por diretores executivos de empresas com visão de futuro que trabalha para que a comunidade empresarial mundial crie um futuro sustentável para as empresas, a sociedade e o meio

ambiente. Os membros trabalham em conjunto em todos os setores, regiões geográficas e cadeias de valor para explorar, desenvolver e intensificar as soluções de negócios para enfrentar os desafios de sustentabilidade mais urgentes do mundo. Também integram o WBCSD, as empresas brasileiras Fibria, Suzano, Vale e Votorantin.

New Generation Plantations (NGP): fundada, em 2007, pelo World Wildlife Fund (WWF) e sua plataforma tem como objetivo influenciar outras empresas e governos a tomarem decisões responsáveis do ponto de vista ambiental e social no manejo de plantações. A NGP reúne empresas florestais líderes e alguns órgãos governamentais internacionais, entre os quais encontram-se entidades e empresas brasileiras ou presentes no Brasil.

Plantações florestais comerciais e o uso de agrotóxicos em relação a alguns produtos da agricultura

*Susete do Rocio Chiarello Penteado
Elisiane Castro de Queiroz
Wilson Reis Filho
Marcílio José Thomazini*

Introdução

Neste capítulo, apresenta-se um levantamento das pragas e doenças associadas a espécies florestais com maior expressão de área plantada no Brasil, como acácia, paricá, teca, seringueira, álamo, pínus e eucalipto, e a utilização de inseticidas, fungicidas, acaricidas e herbicidas, fazendo um comparativo com as culturas agrícolas de soja, algodão, milho, cana-de-açúcar, citros e pastagens.

Uso de agrotóxicos nas plantações florestais comerciais

Entre as espécies florestais com maior expressão de área plantada no Brasil, destacam-se: acácia, paricá, teca, seringueira, álamo, pínus e eucalipto. A elas está associado a ocorrência de pragas, doenças e conseqüentemente a utilização de inseticidas, fungicidas, acaricidas e herbicidas.

Acácia - *Acacia mearnsii* e *Acacia mangium*: a área plantada, em 2013, era de 146.903 hectares. Sua madeira é usada para energia, carvão, cavaco para celulose e painéis de madeira. Também é fonte de tanino para uso em curtumes, adesivos, petrolífero e borrachas (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2014). Não há produtos registrados para controle de suas pragas e doenças. Possui como principal praga o serrador *Oncideres impluviata* (Coleoptera: Cerambycidae).

Paricá - *Schizolobium amazonicum*: a área plantada, em 2013, era de 87.519 hectares. Com usos para lâmina e compensado, forros, palitos, papel, móveis, acabamentos e molduras (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2014). Não há produtos registrados para controle de suas pragas e doenças. Possui como principal praga a cigarra *Quesada gigas* (Hemiptera: Cicadidae).

Teca - *Tectona grandis*: a área plantada, em 2013, era de 88.270 hectares, sendo utilizada na construção civil (portas, janelas, lambris, painéis, forros), assoalhos e decks, móveis, embarcações e lâminas decorativas (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2014). Não há produtos registrados para controle de suas pragas e doenças. Possui como principal praga uma lagarta desfolhadora conhecida como lagarta da teca, *Hyblaea puer* (Lepidoptera: Hyblaeidae).

Seringueira - *Hevea brasiliensis*: a área plantada no Brasil, em 2013, era de 172.448 hectares, sendo sua madeira utilizada para energia e celulose e a seiva para borracha (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2014). Essa cultura possui registrados os produtos químicos Iharol, Decis 25 EC e Envidor e também o Thuricide, como produto biológico, para controle dos seguintes insetos: *Aspidiotus destructor* (Hemiptera: Diaspididae), *Erinnys ello* (Lepidoptera: Sphingidae), *Premolis semirufa* (Lepidoptera: Arctiidae) e o ácaro *Tenuipalpus hevea* (Acari: Tenuipalpidae). Já para as doenças, são 10 fungos associados e a existência de 14 produtos químicos registrados (BRASIL, 2015) (Tabela 1).

Álamo - *Populus* sp.: também conhecido como pópulus, possuía, em 2013, uma área plantada no Brasil de 4.216 ha, sendo sua madeira utilizada para palitos de fósforos, partes de móveis, portas, marcenaria interior, brinquedos e utensílios de cozinha (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2014). Baculovirus e Dipel são os produtos biológicos registrados para o controle da lagarta desfolhadora *Condylorrhiza vestigialis* (Lepidoptera: Pyralidae). Para o fungo *Melampsora medusae*, causador da ferrugem-do-álamo, são oito produtos químicos (Bayfidan EC, Constant, Elite, Erradicur, Folicur 200 EC, Score, Tebuconazole CCAB 200 EC e Triade) com registro para o controle da mesma (BRASIL, 2015) (Tabela 1).

Tabela 1. Número de insetos e doenças nas culturas e os produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle.

	Seringueira	Álamo	Eucalipto	Pinus	Soja	Algodão	Milho	Cana-de-açúcar	Citros	Pastagens
Insetos	4	1	15	1	67	46	46	21	73	24
Produtos registrados	4	0	21	3	568	763	377	163	531	30
Produtos biológicos	2	2	1	0	19	13	3	20	7	11
Doenças	10	1	7	1	42	28	33	11	32	14
Produtos registrados	14	8	3	0	795	209	142	45	239	10
Produtos biológicos	0	0	0	1	5	1	0	0	0	0

Fonte: Brasil (2015).

Eucalipto e pinus: em 2014, a área plantada com essas duas espécies atingiu cerca de 7,74 milhões de hectares, sendo 71,90% da área constituída por plantios de *Eucalyptus*, 20,65%, por plantios de *Pinus* e 7,45% pelas outras espécies listadas (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015). Existem 21 produtos químicos e um produto biológico registrados para o controle de 15 espécies de insetos que atacam o eucalipto. Comet, Nativo e Piori Xtra são os produtos químicos registrados para controle de sete doenças do eucalipto (BRASIL, 2015) (Tabela 8.1).

Entretanto, para as principais pragas do eucalipto como: psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*), gorgulho-do-eucalipto (*Gonipterus platensis*), percevejo bronzeado (*Thaumastocoris peregrinus*) e a vespa-de-galha (*Leptocybe invasa*), há programas de controle biológico desenvolvidos e em execução, como o uso do parasitoide *Psyllaephagus bliteus* para o controle do psilídeo-de-concha; o uso do parasitoide de ovos *Anaphes nitens* para controle do gorgulho-do-eucalipto; o uso do parasitoide de ovos *Cleruchoides noackae* para o controle do percevejo bronzeado, e o recém-introduzido parasitoide *Seletrichodes neseri* para o controle da vespa-da-galha. As lagartas desfolhadoras *Thirintea arnobia*, *Sabulodes caberata*, *Glena unipennaria*, *Sarsina violascens*, *Eupseudosoma aberrans*, *Eupseudosoma involuta* e *Euselasia apisaon* também podem causar danos aos plantios de eucalipto e são controladas com programas de manejo, monitoramento da praga e criação e liberação em campo de inimigos naturais.

As formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* são responsáveis por grandes danos aos plantios florestais. A utilização de iscas granuladas, de pós-secos e da termonebulização constituem os métodos de controle químico mais usados para essas formigas. Dos 7,74 milhões de hectares de plantações florestais comerciais no Brasil, 63% são certificados (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015). Nesse sentido, se um determinado agrotóxico não é registrado para uso florestal perante as autoridades brasileiras competentes, ele é automaticamente incompatível com a certificação. Porém, em geral, as regras próprias das certificadoras independentes costumam ir além do que a legislação preconiza, ou seja, são ainda mais rigorosas. Os químicos proibidos podem ser objeto de derrogação, desde que descumpridas as leis nacionais. Em 2010, o FSC, por exemplo, colocou sob derrogação, por um período de cinco anos (abril 2010 - abril 2015), o uso de fipronil e sulfluramida para o controle de formigas cortadeiras, mediante o atendimento de certos condicionantes que mostrassem que as empresas estariam se esforçando para encontrar um princípio ativo alternativo. Vale mencionar que as regras da certificação do FSC vêm se tornando cada vez mais rigorosas em relação aos químicos. A ideia é que o uso desses produtos seja evitado ao máximo e substituído por outras alternativas no futuro, com menor impacto ambiental.

O pínus possui apenas um inseto (o pulgão-gigante-do-pínus, *Cinara atlantica*) e uma doença (o nematóide, *Helicotylenchus dihystera*) registrados na base de dados do AGROFIT (BRASIL, 2015). Os produtos com registro para o controle do inseto são os químicos Bamako 700 WG, Evidence 700 WG e Imaxi 700 WG, sendo que para a doença não há produto registrado. Entretanto, para o controle de *Cinara atlantica*, foi desenvolvido um programa de controle biológico com a utilização do parasitóide *Xenostigmus bifasciatus* introduzido dos Estados Unidos. Atualmente, esse parasitóide está estabelecido em todas as áreas com a presença da praga, mantendo as populações sob controle, não havendo a necessidade do uso de inseticidas químicos. Também, para a praga *Sirex noctilio*, conhecida como vespa-da-madeira, principal praga da cultura, foi desenvolvido um programa de controle biológico, ainda em execução, e que utiliza o controle biológico com o nematóide entomopatogênico *Deladenus (Beddingia) siricidicola*, que é o responsável por manter a população da praga sob controle, sem a necessidade do uso de agrotóxicos.

Uso de agrotóxicos em plantios agrícolas

Entre as principais atividades da agropecuária, em termos de área, produção e com impactos econômicos no Brasil, destacam-se: soja, algodão, milho, cana-de-açúcar, citros e as pastagens. Também, a essas atividades agrícolas estão associadas à ocorrência de pragas e doenças e, conseqüentemente, a utilização de agrotóxicos.

Soja: é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 49% da área total plantada com grãos. O aumento da produtividade está associado aos avanços tecnológicos, ao manejo e eficiência dos produtores (BRASIL, 2015). Possui 568 produtos químicos registrados e 19 produtos biológicos para o controle de 67 insetos considerados pragas da cultura. Para o controle das 42 doenças associadas à cultura, são 795 produtos químicos registrados e 5 produtos biológicos (BRASIL, 2015) (Tabela 1). O Brasil vem demonstrando uma forte preocupação para tornar a produção de soja cada vez mais responsável e sustentável e existem diversos projetos de iniciativas de produtores, de indústrias e de governos. Compromissos e acordos em prol da soja sustentável e projetos da Associação dos Produtores de Soja do Mato Grosso (Aprosoja), da Amaggi, da Bunge, da Cargill e as iniciativas coletivas Soja Plus e Soja Mais Verde fazem parte do programa de boas práticas agrícolas.

Algodão: o avanço da tecnologia e o aumento da produtividade permitiram ao Brasil passar de maior importador mundial de algodão para o terceiro maior exportador do produto em 12 anos. A produção nacional de algodão é, prioritariamente, destinada à indústria têxtil (BRASIL, 2015). A cultura possui 763 produtos químicos e 13 produtos biológicos registrados para o controle de 46 insetos. Para o controle das 28 doenças, são registrados 209 produtos químicos e um produto biológico (BRASIL, 2015) (Tabela 1).

Milho: o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, totalizando 53,2 milhões de toneladas na safra 2009/2010. O cultivo desse grão, para atender ao consumo humano, é a parte menor da produção nacional. O principal destino da safra são as indústrias de rações para animais (BRASIL, 2015). A cultura possui 377 produtos químicos e 3 produtos biológicos registrados para o controle de 46 insetos. São 33 doenças associadas ao milho e 142 produtos químicos registrados para o seu controle (BRASIL, 2015) (Tabela 1).

Cana-de-açúcar: é uma das principais culturas da economia brasileira, pois, além de ser o maior produtor mundial, é também o primeiro do mundo na produção de açúcar e etanol. O País deve alcançar uma taxa média de aumento da produção de 3,25% até 2018/19, e colher 47,34 milhões de toneladas do produto. Para as exportações, o volume previsto para 2019 é

de 32,6 milhões de toneladas. A produção do etanol conta com projeções positivas de 58,8 bilhões de litros para 2019. O consumo interno está projetado em 50 bilhões de litros e as exportações em 8,8 bilhões (BRASIL, 2015). A cultura possui 163 produtos químicos e 20 produtos biológicos registrados para o controle de 21 insetos. São 11 doenças associadas e 45 produtos químicos registrados (BRASIL, 2015) (Tabela 1).

Citricultura: é uma das mais destacadas culturas na agroindústria brasileira. Responsável por 60% da produção mundial de suco de laranja, o Brasil é também o campeão de exportações. A cultura de citros possui registro de 531 produtos químicos e 7 produtos biológicos para o controle de 73 insetos. São 32 doenças associadas e 239 produtos químicos registrados (BRASIL, 2015) (Tabela 8.1).

Pastagens: De acordo com estimativas do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2006), a área total de pastagens (naturais e plantadas) no Brasil é de 172,3 milhões de hectares. A cultura possui 30 produtos químicos e 11 produtos biológicos registrados para o controle de 24 insetos. São 14 doenças e 10 produtos químicos registrados (BRASIL, 2015) (Tabela 1).

Considerando os agrotóxicos comercializados em 2014, de acordo com dados do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal (2015) (Tabela 2), a soja se mantém como a primeira colocada da lista, com 64% do consumo e uma área plantada, no mesmo período, de 30 milhões e 173 mil hectares (CONAB, 2015b), seguida pelo milho, com 13% de consumo e área plantada de 15 milhões e 829 mil hectares. A cana-de-açúcar apresenta um consumo de 8,7% em uma área de 8 milhões e 811 mil hectares. Já o algodão, com um consumo de 7,66% e área plantada de 1 milhão e 121 mil hectares. As áreas de reflorestamento totalizam 7 milhões e 137 mil hectares de área plantada e um consumo de 0,04%, referente, principalmente, a herbicidas e formicidas. As pastagens e citros apresentam um consumo de 3,37% e 2,60%, respectivamente.

Tabela 2. Quantidade, em toneladas, de agrotóxicos comercializados no ano de 2014, por classe.

Culturas/ agrotóxicos (t)	Herbicidas	Fungicidas (foliar e sementes)	Inseticidas (foliar e sementes)	Acaricidas	Outros (inclui formicidas)	Total
Soja	255.949	59.545	142.609	1.809	44.104	504.016
Milho	69.931	7.925	20.969	31	5.980	104.836
Cana-de-açúcar	59.159	1.017	6.121	2	1.852	68.151
Algodão	16.987	5.259	31.795	908	5.090	60.039
Citros	4.473	2.616	4.710	6.448	2.100	20.347
Pastagens	25.631	14	247	0	527	26.419
Reflorestamento	216	9	22	0	82	329 ⁽¹⁾
Total	432.346	76.385	206.473	9.198	59.735	784.137

⁽¹⁾ Esse valor baixo é devido ao uso apenas de produtos registrados. Uma vez que o controle biológico tem se mostrado muito eficiente, em extensas áreas de plantios, para uma grande parte das principais pragas das culturas florestais, o uso de agrotóxicos tem se limitado, principalmente, ao controle de formigas cortadeiras e herbicidas. Além disso, a utilização de agrotóxico não registrado é incompatível com a certificação florestal, restringindo ainda mais seu uso.

Resultados indicadores da sustentabilidade do segmento de florestas plantadas

Yeda Maria Malheiros de Oliveira

Edilson Batista de Oliveira

Moacir José Salles Medrado

O capítulo 9 apresenta, de forma reduzida, os indicadores de sustentabilidade do segmento de florestas plantadas apontados pelos diferentes autores ao longo de todos os capítulos do presente compêndio. As contribuições referem-se tanto a experiências pessoais como à compilação de informações a partir de base de dados e literatura disponíveis cujos autores são citados e referenciados em cada capítulo.

Indicadores de impacto socioeconômico

Área plantada: os 7,74 milhões de hectares plantados no Brasil representam apenas 3% da área total de plantios florestais no mundo. A expansão da área com florestas plantadas no Brasil tem ocorrido com taxa geométrica média anual – (T.G.M. anual) inferior à taxa mundial. Mesmo com a expectativa de expansão de 45%, apenas no segmento nacional de papel e celulose, novos desafios e oportunidades surgiram. A NDC brasileira tem os seguintes objetivos, no contexto das plantações florestais:

- Reflorestamento ou restauração de 12 milhões de hectares.
- 5 milhões de hectares de integração lavoura-pecuária-floresta.

Incremento em área plantada: o setor ocupa a nona posição no ranking mundial, mas países como China e Canadá têm apresentado ampliações muito mais expressivas. Entre as atividades do contexto agropecuário, seu incremento em área (período de 1970 a 2006) é o menos expressivo, dentre as culturas mais relevantes, envolvendo lavoura e pastagens plantadas. O setor de florestas plantadas visualiza um aumento de produção diante das expectativas de exportação, mas a regulamentação do acesso do capital estrangeiro para a aquisição de terras, fator crucial para o seu desenvolvimento vem afetando os investimentos nos últimos anos. Os projetos de investimento das empresas, em andamento ou previstos, que visam ao aumento dos plantios, ampliação de fábricas e novas unidades, são da ordem de R\$ 53 bilhões, no período de 2014 a 2020.

Renda e emprego: o setor florestal gera renda e emprego ao longo de suas cadeias produtivas, principalmente na indústria de transformação da madeira (660 mil posições). Considerando os empregos diretos, indiretos e os resultantes do efeito renda, o segmento de florestas plantadas é responsável por cerca de 4,2 milhões de empregos.

Geração de divisas: o segmento de plantações florestais incrementa a obtenção líquida de divisas para o País. Em 2014, 10,2% das exportações do agronegócio foram produtos florestais, representando 4,42% das exportações nacionais. O segmento importa menos do que exporta, sendo responsável por 9,3% do saldo da balança comercial do agronegócio. Já em 2015, em função da conjuntura político-econômica nacional e internacional, o volume de exportações de celulose teve um crescimento de 7,1% em relação ao mesmo período de 2014, enquanto o segmento de painéis de madeira viu as vendas externas crescerem 48,2% na mesma base de comparação. O saldo positivo da balança comercial do segmento de florestas plantadas cresceu 6% no período.

Geração de tributos: As florestas plantadas proporcionaram a geração de R\$ 10,2 bilhões em tributos federais, estaduais e municipais em 2014, o que corresponde a 0,8% da arrecadação nacional.

Bioeconomia e inovação: No momento atual, a construção com madeira está passando por um renascimento, principalmente, no plano internacional. Sustentabilidade e questões climáticas formam o denominador comum para todos os produtos da madeira da nova era. Tal tendência pode também vir a ser observada no Brasil, com foco em madeira de florestas plantadas, a exemplo do programa do governo federal Minha Casa Minha Vida, que

incorporou imóveis produzidos com madeira de pinus autoclavado. Projetos de pesquisa envolvendo biocombustíveis a partir de madeira estão sendo desenvolvidos pela Embrapa, que também avalia o bio-óleo para produzir celulignina, bem como a produção de gás de síntese, hidrogênio e etanol a partir de biomassa florestal. A Embrapa e parceiros investigam a produção de nanoestruturas a partir de plantas, como nanocelulose e nanolignina. Madeira compensável maleável e papelão termoformatável biocomposto estão sendo produzidos e são indicadores importantes de inovação.

Indicadores de impactos ambientais

Substituição de aço ou concreto por madeira: com essa iniciativa, pode-se armazenar até 0,5 tonelada de CO₂ por metro quadrado de construção. Casas e móveis de madeira podem manter o carbono fora da atmosfera por períodos de até um século ou mais. Já o uso de resíduos de madeira para substituir combustíveis fósseis pode economizar 1,1 toneladas de CO₂ por tonelada de madeira utilizada.

Substituição do uso da terra: caso a cobertura vegetal original não mais exista, as plantações florestais, se estabelecidas conforme padrões técnicos, contribuirão para a diminuição do escoamento superficial da água e assim, evitarão a erosão hídrica, indicando que esses plantios oferecem eficiente cobertura ao solo.

Boas práticas - manejo florestal: quando manejada de forma adequada, a plantação florestal comercial apresenta perdas de solo abaixo da tolerância admissível por erosão hídrica estabelecida. Destacam-se como boas práticas, o preparo reduzido de área ou o cultivo mínimo (adotado em quase todas as plantações florestais comerciais no Brasil), e o manejo de resíduos, que envolve a retirada da madeira deixando no local o restante da biomassa. Essa prática preserva o estoque de nutrientes do solo e o teor de matéria orgânica. Entre outras, o cultivo mínimo apresenta vantagens, tais como o não revolvimento da superfície do solo formando o *mulching*, a melhoria da microfauna e mesofauna do solo. O uso de resíduos da colheita para energia pode gerar melhorias no balanço energético da empresa, quando devidamente associado à deposição contínua de resíduos florestais (galhos, folhas e casca) que, ao longo dos ciclos de colheita, proporcionam benefícios ambientais.

Boas práticas - balanço de carbono: é otimizado pela eliminação da queima na limpeza da área de plantio (e adoção do cultivo mínimo) e pela utilização de áreas de pastagens degradadas para os plantios florestais comerciais.

Armazenamento de carbono: o potencial de sequestro de carbono do solo aumenta com a densidade do plantio. Florestas plantadas têm o potencial de reter maior quantidade de carbono acima e abaixo do solo, em comparação com os sistemas agrícolas tradicionais. Os 7,74 milhões de hectares com árvores plantadas absorvem 1,69 bilhão de toneladas de CO₂ da atmosfera. Os 5,4 milhões de hectares de áreas naturais, na forma de Áreas de Preservação Permanente (APP), de Reserva Legal (RL) e de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), representam um estoque médio de 2,40 bilhões de toneladas de CO₂.

Redução das emissões de metano: a absorção de metano (GEE relevante) em solos sob plantios de *Pinus taeda*, de menor grandeza (comparado à floresta nativa adjacente em estágio intermediário de sucessão) é expressivo, com taxas da ordem de 3 kg de C-CH₄ ha⁻¹ ano⁻¹.

Modernização no campo: Modernos equipamentos e técnicas de colheita florestal têm reduzido significativamente os impactos na compactação do solo, havendo casos em que não são observados efeitos significativos. O tráfego de máquinas sobre camadas de resíduos florestais também contribui para a redução do nível de compactação.

Extração de nutrientes pelas árvores: em comparação com os cultivos de café, algodão, soja, milho, laranja e pastagem, o eucalipto (no ciclo de sete anos) é a cultura que menos extrai N, P (perde apenas para o café) e K (perde apenas para o milho).

Qualidade dos solos em rotação com outras culturas: a agricultura pode ser bem-sucedida em áreas antes ocupadas por plantios florestais com objetivo comercial, denotando o não esgotamento dos solos.

Consumo de água: as espécies florestais, por permitirem a percolação facilitam a infiltração da água de chuva no solo, evitando ou reduzindo as enxurradas e o transporte de sedimentos para os cursos d'água. Mesmo o eucalipto, considerado como um grande captador de água, não utiliza quantidade de água significativamente maior que outras culturas agrícolas.

Comparação da relação florestas naturais e plantadas nas propriedades: No Brasil, para cada hectare plantado com árvores para fins industriais, entre 0,65 e 0,69 hectare é destinado à preservação, enquanto na agropecuária, a relação entre área protegida e área produtiva é de apenas 0,07 hectare preservado por hectare utilizado. Além disso, a área preservada pelo setor de florestas plantadas representa 13,3% dos 50,10 milhões de hectares de habitat naturais preservados no Brasil fora de unidades de conservação. O Chile, em cada hectare ocupado por plantios de árvores, 0,25 hectare é preservado. Na Austrália, a relação entre área protegida e produtiva é inferior a 0,05 hectare.

Redução na pressão sobre florestas naturais: o abastecimento de madeira (particularmente madeira em tora) está mudando de florestas naturais para plantações florestais comerciais, o que contribui para a conservação das primeiras.

Refúgio e corredor de passagem para a fauna: mesmo sem ser o objetivo das plantações florestais comerciais, os mosaicos ou matrizes de uso ou cobertura da terra adotados pelas empresas florestais podem abrigar ou atuar como corredor de passagem para a fauna, sendo esta, muitas vezes, importante agente de controle biológico de pragas.

Vizinhança com outros usos da terra: considerada positiva, quando comparada à vizinhança com usos agrícolas. O plantio florestal oferece proteção ao fragmento, diminuindo o efeito de borda e permitindo uma zona tampão.

Restauração de ecossistemas: as florestas plantadas podem ser usadas com sucesso como alternativa para a reabilitação de áreas degradadas e para facilitar a restauração ecológica de florestas nativas.

Uso de agrotóxicos: há baixa demanda por agrotóxicos devido à estabilidade do ambiente florestal quando comparado com culturas anuais, facilitando o controle biológico. Parte dos agroquímicos, como no caso de fungicidas e inseticidas, é utilizada apenas em viveiros de produção de mudas. O uso de herbicidas nas florestas plantadas é mais utilizado nos primeiros anos, não ocorrendo durante toda a rotação da cultura. Já na agricultura, em 2014, foram comercializadas 504.016 t. para soja, 104.836 t. para o milho (safra e safrinha), 68.151 t. para cana-de-açúcar, 60.039 t. para o algodão, 26.419 t. para pastagens e 20.347 t. para citros.

Indicadores da relação florestas plantadas e sociedades de classe

Certificação florestal: Da área certificada, 1,70 milhão de hectares (35%) foram certificados conjuntamente pelos programas FSC e Cerflor/PEFC, 2,60 milhões de hectares (53%) foram certificados exclusivamente pelo FSC e outros 0,58 milhão de hectares (12%), exclusivamente, pelo Cerflor/PEFC, possibilitando o rastreamento da matéria-prima florestal, desde a colheita até a comercialização do produto junto ao consumidor final. Isso demonstra a atenção e a preocupação do segmento de florestas plantadas com aspectos socioeconômicos e ambientais da produção florestal.

Diálogos com a sociedade e participação de fóruns com pares: Da mesma forma que ocorre com a certificação, a constatação das pressões ambientalistas sobre as plantações florestais comerciais, em maiores proporções que aquelas exercidas sobre as atividades agropecuárias, fez com que o setor de florestas plantadas buscasse mecanismos de aproximação com a sociedade, visando o esclarecimento de conceitos e preconceitos, além de discutir novas propostas para o avanço do setor e da sociedade como um todo. O Diálogo Florestal no Brasil e a Coalizão Brasil, Clima Florestas e Agricultura são exemplos bem-sucedidos dessa iniciativa. Internacionalmente instituições como o Advisory Committee on Sustainable Forest-based Industries” (ACFSI), órgão integrante da FAO, The International Council of Forest and Paper Associations (ICFPA), World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), “The Forest Dialogue (TFD)”, World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) e New Generation Plantations (NGP), entre outros, são fóruns com a presença do segmento de plantações florestais de grande protagonismo.

Funções, serviços ecossistêmicos e ambientais: Se planejadas, manejadas e monitoradas adequadamente, as paisagens produtivas podem suportar não só a produção de alimentos e fibras, mas também contribuir para uma variedade de serviços como a conservação da biodiversidade e a regulação da água e do clima. O fluxo de serviços ambientais varia de acordo com o regime de rotação e o nível de intensidade dos cultivos. Assim, a avaliação e a análise de trade-offs entre os serviços ambientais, submetidos a diferentes estratégias de manejo florestal, são importantes nos processos de planejamento e tomada de decisão, em nível de propriedade e de paisagem.

Plantações florestais e a produção de alimentos: O cultivo de árvores associado a culturas agrícolas e a atividades pastoris tem sido uma forma de apropriação dos benefícios que o componente arbóreo proporciona à agropecuária. Em sistemas pecuários, pode-se elevar a produção de carne e leite até 20%, por exemplo. Além disso, a integração torna mais complexo, do ponto de vista biológico, o ambiente pecuário e promove o bem-estar animal, aumentando a competitividade da pecuária nacional. Há, ainda, exemplos de árvores servindo de adubação verde para culturas alimentares cultivadas em suas em aleias. Ao associar atividades agrícolas e/ou pecuárias com espécies florestais arbóreas, estabelecem-se sistemas de produção com elevado grau de sustentabilidade. Esses sistemas possibilitam a recuperação da fertilidade do solo, fornecimento de adubo verde, controle de praga e de plantas daninhas e diversificação da produção. Além disso, promovem uma maior estabilidade na oferta de produtos ao longo do ano, obtenção de alimentos, extração de madeira e cultivo de plantas medicinais.

Considerações finais

*Yeda Maria Malheiros de Oliveira
Edilson Batista de Oliveira*

Tanto a análise de literatura disponível sobre o assunto como o conteúdo do presente compêndio possibilitam as seguintes considerações:

O segmento de plantações florestais destaca-se no Brasil pelo seu elevado impacto social e econômico. A atividade apresenta alto potencial de expansão, desde que barreiras competitivas sejam atenuadas, como a desoneração e simplificação do licenciamento ambiental para áreas antropizadas, dentre outras.

O setor florestal gera renda e emprego ao longo de suas cadeias produtivas, principalmente, na indústria de transformação da madeira, incrementando a obtenção líquida de divisas para o País. O segmento também possui uma área de plantio com um grande potencial de crescimento, considerando-se a sua capacidade produtiva e a disponibilidade de terras apropriadas para cultivos florestais, principalmente, as áreas de pastagens degradadas.

As características das plantações florestais estão alinhadas com muitos objetivos da legislação ambiental e de normas de boas práticas agropecuárias e florestais, bem como corroboram para a mudança do uso da terra com vários benefícios socioeconômicos e ambientais. Particularmente, podem contribuir com os objetivos da Política Nacional de ILPF, Lei Federal nº 12.805 (BRASIL, 2013), para o plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura – Plano ABC, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para a elaboração do Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas (PNDF), no âmbito da Política Agrícola para Florestas Plantadas – Decreto nº 8.375 (BRASIL, 2014), além da recém lançada NDC brasileira. Esta última tem os seguintes objetivos relacionados ao segmento florestal: reflorestamento ou restauração de 12 milhões de hectares e 5 milhões de hectares de integração lavoura-pecuária-floresta. Os incentivos para o estabelecimento de plantios comerciais, tendo como substrato produtivo áreas degradadas por mau uso agrícola ou áreas plantadas antropizadas e inaptas para a agricultura, podem ser considerados uma medida de mitigação das mudanças climáticas.

As plantações florestais comerciais protegem o solo contra os processos erosivos, em função de terem ciclo de vários anos no campo, ótima cobertura do solo com suas copas e matéria orgânica depositada, e sistema radicular que lhes permite proteger o solo por um longo período. Por outro lado, os cultivos de ciclo curto, utilizados para a produção de grãos, utilizam o solo em períodos cíclicos de um ano ou menos. Isso tem se intensificado com a inovação da safrinha ou segundo cultivo, tornando os solos mais susceptíveis à erosão, quando comparados com outros de usos mais longos (frutíferas, plantações florestais comerciais, ervais, etc.). O impacto mais significativo ocorre em operações de colheita e baldeio, mas estas operações vêm tendo avanços tecnológicos e seus efeitos no solo estão, cada vez mais, sendo atenuados, especialmente quando práticas adequadas de manejo florestal são utilizadas.

O eucalipto é a cultura que menos extrai N, P e K, perdendo apenas para o café, em termos de extração de P, e para o milho, em relação à exportação de K. Em relação ao cálcio, sua extração é maior que todas as culturas, à exceção das pastagens. Quanto à extração de magnésio, o comportamento é muito semelhante ao do cálcio, sendo superado apenas pela pastagem, pelo algodão e pelo conjunto soja e algodão.

É fundamental ressaltar a importância das plantações florestais comerciais na ciclagem de nutrientes. Assim, de acordo com Vital (2007), para produzir uma tonelada de madeira, por exemplo, o eucalipto deixa no solo entre 0,30 a 0,35 toneladas de serapilheira.

Os nutrientes contidos nas folhas, galhos e serapilheira, principais resíduos da colheita florestal, representam uma percentagem altamente significativa no estoque de nutrientes de uma plantação florestal comercial. Assim, como em qualquer outra cultura, será o manejo adotado pelo silvicultor que ditará a maior ou menor sustentabilidade do sítio explorado.

Um manejo inadequado desses resíduos pode influenciar negativamente a produtividade florestal das novas rotações, tanto por perdas de nutrientes contidos nestes resíduos como pela falta de proteção do solo.

Remanescentes florestais nativos, sob a forma de fragmentos de diferentes formas e tamanhos, principalmente em regiões densamente povoadas, eram vistos como ilhas de habitat incrustadas em uma matriz inóspita de áreas inabitáveis pela fauna e flora locais. A tendência, entretanto, é considerar que alimentos e refúgio podem ser encontrados ao longo de gradientes da lógica denominada “Modelo de paisagem corredor-fragmento-matriz”.

As espécies florestais facilitam a infiltração da água de chuva no solo, reduzem as enxurradas e o transporte de sedimentos para os cursos d’água. Portanto, seus plantios podem garantir um abastecimento regular dos lençóis subterrâneos, fenômeno importante para a regularização da vazão e da qualidade da água dos rios. Mesmo o eucalipto, tido como um grande consumidor de água, não utiliza quantidade significativamente maior que a de outras culturas agrícolas.

A questão da água, no entanto, é muito mais complexa do que o seu consumo por espécies florestais, como o eucalipto, e deve ser discutida de uma forma mais ampla. Assim, a bacia hidrográfica deve ser considerada como o ponto focal para o qual as discussões sobre a água deveriam ser conduzidas. Na bacia, sempre deverá haver uma convivência planejada e harmônica entre as atividades econômicas e as florestas naturais, seja na forma de matas ciliares como áreas de reserva legal ou, mesmo, de áreas de conservação de uso direto ou indireto.

O termo “florestas plantadas”, ora denominada “plantações ou plantios florestais comerciais” ou “plantios de árvores”, embute parte da discussão em torno dessa questão. Segundo o modelo conceitual idealizado para classificar o valor relativo da cobertura florestal plantada com relação aos seus objetivos, muitos dos plantios (com espécies nativas ou introduzidas) têm objetivo e função puramente de produção (em diferentes gradientes), outros podem ter multifunção (produção e proteção) e um terceiro grupo engloba os plantios de proteção. A relação das plantações florestais comerciais com a biodiversidade vegetal e com a fauna, e sua capacidade de inibição ou convivência com a regeneração natural em seu sub-bosque, a fertilidade do solo e qualidade do ar e da água, depende, intrinsecamente, da finalidade do empreendimento, sua relação espaço-temporal com a vizinhança e o regime de manejo sustentável.

As plantações florestais comerciais manejadas com finalidade multifuncional permitem a regeneração natural e o crescimento de espécies florestais nativas formando sub-bosque, possibilitando vários serviços ambientais, como conservação e restauração da diversidade biológica e captura de GEE. Os cultivos agrícolas, quando comparados com plantações florestais, apresentam biodiversidade mais restrita. Nos cultivos agrícolas, a sobrevivência de outras espécies vegetais poderá ser inibida por fatores como o uso de herbicidas, preparos anuais do solo (aração e gradagem) e pela própria competição promovida pela planta cultivada.

As plantações florestais comerciais não têm tido o objetivo de servir de refúgio ou corredor para a fauna. Entretanto, é prática comum nas empresas florestais certificadas ou que adotam no manejo florestal sustentável, a interligação de fragmentos florestais, a conservação de faixas de vegetação nativa entremeadas à floresta de produção, o plantio de enriquecimento das matas nativas, os programas de educação ambiental para públicos internos e externos, o apoio à fiscalização por parte dos órgãos competentes e o controle integrado de pragas e doenças.

Os sistemas agroflorestais são uma forma conciliadora entre a produção florestal e a produção de alimentos. Alguns SAF podem, inclusive, favorecer serviços de recuperação

de áreas degradadas por mau uso agrícola. Muitos deles são utilizados como fonte de adubo verde para as espécies florestais ou mesmo para fornecimento de adubação verde às culturas agrícolas.

No Sul do Brasil, árvores do gênero *Pinus* dispersas em locais que não nos povoamentos plantados possuem uma distribuição espacial menor que 0,1 árvore por hectare. O pínus dificilmente é encontrado no interior de fragmentos florestais sendo, porém, frequentemente encontrado nas bordas de florestas nativas. Para minimizar o problema, uma boa prática de manejo florestal está sendo considerada pelas empresas florestais, qual seja a observância da presença de aceiros monitorados entre povoamentos de *Pinus* e remanescentes florestais, diminuindo, assim, o impacto da proliferação de árvores isoladas, resultantes da formação de mudas indesejadas pelo empreendimento florestal.

O potencial de solos florestais de estocar carbono e atuar como dreno de metano depende, principalmente, do uso apropriado da terra. Técnicas adequadas de fertilizantes, práticas conservacionistas e a conversão de áreas degradadas podem ser grandes aliados no combate à mudança do clima. Os dados são claros na demonstração do potencial do setor de plantios florestais comerciais para essa finalidade.

A substituição de aço ou concreto por madeira, na construção civil, pode salvar até 0,5 tonelada de CO₂ por metro quadrado de construção, durante a vida útil de um edifício. Casas e móveis de madeira podem manter o carbono fora da atmosfera por períodos de até um século ou mais, uma vez que cada metro cúbico de madeira armazenada sob a forma de produtos de madeira contém aproximadamente 0,9 tonelada de CO₂, assim como o uso de resíduos para substituir combustíveis fósseis permite a economia de 1,1 tonelada de CO₂ por tonelada de madeira utilizada.

O controle biológico é altamente eficaz, e extensas áreas de plantios florestais têm sido beneficiadas com esse tipo de controle, não havendo a necessidade de utilização de agrotóxicos.

O presente documento procurou explicitar os impactos sociais, ambientais e econômicos das florestas plantadas. Espera-se que essa contribuição à literatura possa mudar a equivocada visão da silvicultura nacional como agente potencialmente poluidor, evoluindo para uma visão de silvicultura aliada ao meio ambiente, fundamentada no respeito às leis ambientais e tendo reconhecidos os benefícios que as plantações comerciais podem proporcionar ao solo, água, clima e à agricultura e à pecuária nacional.

Referências

ACORDO de Paris. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, [2015]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

AGROSTAT. **Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>. Acesso em: 4 maio 2015.

ALBAUGH, J. M.; DYE, P. J.; KING, J. S. *Eucalyptus* and water use in South Africa. **International Journal of Forestry Research**, v. 2013, Article ID 852540, 11 p., 2013. DOI: 10.1155/2013/852540.

ALICEWEB2. **Sistema de análise das informações de comércio exterior**. Brasília, DF: Secretaria de Comércio Exterior, 2015. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 4 maio 2015.

ALMEIDA, A. C. de; SOARES, J. V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica) na Costa Leste do Brasil. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 159-170, 2003.

ALMEIDA, A. Q. **Dinâmica hídrica em microbacias cultivadas com eucalipto e pastagem no leste de Minas Gerais**. 2012. 77 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) – Universidade de Viçosa, Viçosa, MG.

ALMEIDA, A. Q.; RIBEIRO, A.; LEITE, F. L. Modelagem do balanço hídrico em microbacia cultivada com plantio comercial de *Eucalyptus grandis* x *urophylla* no leste de Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, 2013. DOI: 10.1590/S0100-67622013000300018.

ANDRADE, M. L. de C. **Efeito do maquinário de colheita florestal na compactação do solo**. 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ANUÁRIO estatístico ABRAF 2013: ano base 2012. Brasília, DF, 2013. 148 p.

ATTIAS, N.; SIQUEIRA, M. F.; BERGALLO, H. de G. Acácias australianas no Brasil: histórico, formas de uso e potencial de invasão. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 2, p. 74-96, 2013.

AVILA, A. L. de; ARAUJO, M. M.; ALMEIDA, C. M. de; LIPERT, D. B.; LONGHI, R. Regeneração natural em um sub-bosque de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 696-698, 2007.

BARAL, H.; KEENAN, R. J.; FOX, J. C.; STORK, N. E.; KASEL, S. Spatial assessment of ecosystem goods and services in complex production landscapes: A case study from south-eastern Australia. **Ecological Complexity**, v. 13, p. 35-45, 2013. DOI: 10.1016/j.ecocom.2012.11.001.

BARBOSA, C. E. A.; BENATO, T.; CAVALHEIRO, A. L.; TOREZAN, J. M. D. Diversity of regenerating plants in reforestation with *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze of 12, 22, 35, and 43 years of age in Paraná State, Brazil. **Restoration Ecology**, v. 17, n. 1, p. 60-67, 2009. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2007.00335.x.

BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; ARAUJO, I. S.; ÁVILA-PIRES, T. C.; BONALDO, A. B.; COSTA, J. E.; ESPOSITO, M. C.; FERREIRA, L. V.; HAWES, J.; HERNANDEZ, M. I. M.; HOOGMOED, M. S.; LEITE, R. N.; LO-MAN-HUNG, N. F.; MALCOLM, J. R.; MARTINS, M. B.; MESTRE, L. A. M.; MIRANDA-SANTOS, R.; NUNES-GUTJAHR, A. L.; OVERAL, W. L.; PARRY, L.; PETERS, S. L.; RIBEIRO-JÚNIOR, M. A.; SILVA, M. N. F. da; MOTTA, C. da S.; PERES, C. A. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 47, p. 18555-18560, 2007. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/104/47/18555.full.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2015.

BAUMHARDT, E. **Balanço hídrico de microbacia com eucalipto e pastagem nativa na região da Campanha do RS**. 2010. p. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.

BONAN, G. B. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. **Science**, v. 320, n. 5882, p. 1444-1449, 2008. DOI: 10.1126/science.1155121.

BRASIL. **Decreto nº 8.375, de 11 de dezembro de 2014.** Define a Política Agrícola para Florestas Plantadas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8375.htm>. Acesso em: 25 jun. 2015.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 25 maio de 2015.

BRASIL. **Lei nº 12.805, de 29 de abril de 2013.** Institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e altera a Lei no 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12805.htm>. Acesso em: 24 maio 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins. **AGROFIT: Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários.** Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 29 abr. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Pesquisa ABRAPA maio 2014.** 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/algodao/anos-anteriores/pesquisa-abrapa-maio-2014/view>>. Acesso em: 24 maio 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Comissão Nacional de Biodiversidade. **Resolução CONABIO nº 5 de 21 de outubro de 2009.** Dispõe sobre a estratégia nacional sobre espécies exóticas invasoras. Disponível em: <https://correio.embrapa.br/service/home/~/Resolucao_CONABIO_n%C2%BA5_21_dez_2009.pdf?auth=co&loc=pt_BR&id=53959&part=3>. Acesso em: 16 maio 2016.

BRASIL. **Pretendida contribuição nacional determinada para consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima.** Brasília, DF, [2015]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/BRASIL_iNDC_portugues.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2017.

BRITO, L. de F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; FERREIRA, M. M.; PÍRES, L. S. Erosão hídrica de Latossolo Vermelho muito argiloso relevo ondulado em área de pós-plantio de eucalipto no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do Estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, n. 67, p. 27-36, 2005.

BRENHA, H.; GERAQUE, E. Consumo de água na grande São Paulo cresce mais que a produção. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 3 mar. 2014. Cotidiano. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/04/1435060-consumo-de-agua-na-grande-sao-paulo-cresce-mais-que-a-producao.shtml>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

BROCKERHOFF, E. G.; JACTEL, H.; PARROTTA, J. A.; QUINE, C.; SAYER, J. Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? **Biodiversity and Conservation**, v. 17, n. 5, p. 925-951, 2008. DOI: 10.1007/s10531-008-9380-x.

BRUIJNZEEL, L. A. Forest hydrology. In: EVANS, J. (Ed.). **The forest handbook: an overview of forest science.** Oxford: Blackwell Science, 2001. v. 1, p. 301-333.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 104, n. 1, p. 185-228, 2004. DOI: 10.1016/j.agee.2004.01.015.

BRUIJNZEEL, L. A.; PEÑA-ARANCIBIA, J. L.; MULLIGAN, M. Identifying “bright spots” of potentially enhanced stream flow after reforestation degraded land across the tropics. In: ASIA-PACIFIC WORKSHOP ON WATER AND FORESTS: beyond traditional forest hydrology, 2013, Dehradun, India. **Extended abstracts...** Malaysia: APAFRI, 2014.

CALDER, I. R. Forests and water: ensuring forest benefits outweigh water costs. **Forest Ecology and Management**, v. 251, p. 110-120, 2007. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.06.015.

CALDER, I.; HOFER, T.; VERMONT, S.; WARREN, P. Towards a new understanding of forests and water. **Unasylva**, v. 58, n. 229, 2007.

- CALDER, I. R. Water use of eucalypts: a review with special reference to South India. **Agricultural Water Management**, v. 11, n. 3/4, p. 333-342, 1986. DOI: 10.1016/0378-3774(86)90049-1.
- CALEGARIO, N. **Parâmetros florísticos e fitossociológicos da regeneração natural de espécies arbóreas nativas no sub-bosque de povoamentos de *Eucalyptus***. 1993, 114 f. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CALEGARIO, N.; SOUZA, A. L. de; MARANGON, L. C.; SILVA, A. F. da. Parâmetros florísticos e fitossociológicos da regeneração natural de espécies arbóreas nativas no subosque de povoamentos de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 17, n. 1, p. 16-29, 1993.
- CÂMARA, C. D.; LIMA, W. de P. Corte raso de uma plantação de *Eucalyptus saligna* de 50 anos: impactos sobre o balanço hídrico e a qualidade da água em uma microbacia experimental. **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 41-58, 1999.
- CAPPELLATTI, L.; SCHMITT, J. L. Caracterização da flora arbórea de um fragmento urbano de floresta estacional semidecidual no Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas, Botânica**, n. 60, p. 341-354, 2009.
- CARDOSO, E. G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J. L.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; GUIMARÃES, M. de F. Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 493-501, 2006. DOI: 10.1590/S0100-204X2006000300017.
- CARNEIRO, P. H. M. **Caracterização florística, estrutural e da dinâmica da regeneração de espécies nativas em um povoamento comercial de *Eucalyptus grandis* em Itatinga, SP**. 2002. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CARVALHAES, E. de. Floresta plantada e alimentos. **O Papel**, v. 73, n. 6, p. 29, 2013.
- CARVALHO, J. Pesquisadores defendem cultivo de eucaliptos. **Paraná Online**, Curitiba, 19 jan. 2013. Notícias, Cidades. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br/editoria/policia/news/178588/>>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- CASSMAN, K. G. Ecological intensification of cereal production systems Yield potential, soil quality, and precision agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 96, n. 11, p. 5952-5959, 1999.
- CHANDLER, D. G. Reversibility of forest conversion impacts on water budgets in tropical karst terrain. **Forest Ecology and Management**, v. 224, n. 1-2, p. 95-103, 2006. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.12.010.
- CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO. **Coefficientes técnicos e custos de produção na agricultura do Estado do Espírito Santo**: planilhas. Vitória, 2015a. Eucalipto Área Motom. Baixa Média Tec. Disponível em: <http://www.cedagro.org.br/coeficiente_planilhas.php>. Acesso em: 11 maio 2015.
- CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO. **Coefficientes técnicos e custos de produção na agricultura do Estado do Espírito Santo**: planilhas. Vitória, 2015b. Eucalipto Área Motomec. e Alta Tec. Disponível em: <http://www.cedagro.org.br/coeficiente_planilhas.php>. Acesso em: 11 maio 2015.
- CHAPMAN, C. A.; CHAPMAN, L. J. Exotic tree plantations and the regeneration of natural forests in Kibale National Park, Uganda. **Biological Conservation**, v. 76, n. 3, p. 253-257, 1996. DOI: 10.1016/0006-3207(95)00124-7.
- CONAB (Brasil). **Custos de produção**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1546&t=2>>. Acesso em: 30 abr. 2015a.
- CONAB (Brasil). **Séries históricas de área plantada no Brasil**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&>>. Acesso em: 5 maio 2015b.
- COOK, R. L.; BINKLEY, D.; MENDES, J. C. T.; STAPE, J. L. Soil carbon stocks and forest biomass following conversion of pasture to broadleaf and conifer plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 324, p. 37-45, 2014. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.03.019.

CUNHA, C. R. da. **Avaliação de impactos imediatos da retirada de eucalipto em subseqües avançado, na APTA – Pólo Regional Alta Mogiana, município de Colina/SP**. 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DAVIDSON, J. Ecological aspects of eucalyptus plantations. In: PROCEEDINGS regional expert consultation on eucalyptus, 1993. Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pacific Bangkok, 1995. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/005/ac777e/ac777e00.HTM>>. Acesso em: 28 jun. 2015.

DAVIDSON, J. **Setting aside the idea that eucalyptus are always bad**. Rome: FAO, 1985. (FAO. Working paper, 10).

DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 383-390, 2005. DOI: 10.1590/S0100-67622005000300005.

DIAS JÚNIOR, M. de S.; MARTINS, P. C. C.; FONSECA, S. Impactos das operações de colheita de madeira na compactação do solo: prevenção e recuperação. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3., 2014, Campinas. **Anais: palestras de convidados**. Curitiba: Malinovski, 2014. v. 1, p. 29-45.

DIETZ, M.; COUTO, E. A.; ALFENAS, A. C.; FACCINI, A.; SILVA, G. F. Efeito de duas pequenas plantações de florestas homogêneas sobre populações de mamíferos pequenos. **Brasil Florestal**, v. 6, n. 23, p. 54-57, 1975.

DURIGAN, G.; FRANCO, G. A. D. C.; PASTORE, J. A.; AGUIAR, O. T. de. Regeneração natural da vegetação de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 9, n. 1, p. 71-85, 1997.

DU TOIT, B.; DOVEY, S. B.; SMITH, C. W. Effects of slash and site management treatments on soil properties, nutrition and growth of a *Eucalyptus grandis* plantation in South Africa. In: NAMBIAR, E. K. S. (Ed.). **Site management and productivity in tropical plantation forests: proceedings of workshops**, in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006. Bogor: CIFOR, 2008. p. 63-78. Disponível em: <http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BKallio0801.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2015.

ECLESIA, R. P.; JOBBAGY, E. G.; JACKSON, R. B.; BIGANZOLI, F.; PINEIRO, G. Shifts in soil organic carbon for plantation and pasture establishment in native forests and grasslands of South America. **Global Change Biology**, v. 18, n. 10, p. 3237-3251, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2012.02761.x.

EVARISTO, V. T.; BRAGA, M. A.; NASCIMENTO, M. T. Atlantic forest regeneration in abandoned plantations of eucalypt (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill and L.A.S.Johnson) in Rio de Janeiro, Brazil. **Interciência**, v. 36, n. 6, p. 431-436, 2011.

FAO. **Climate change guidelines for forest managers**. Rome, 2013a. 104 p. (FAO. Forestry paper, n. 172). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3383e/i3383e.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2015.

FAO. **Global forest resources assessment 2015: how are the world's forests changing?** 2nd ed. Rome, 2015. 46 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2015.

FAO. **SAFA: Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems: indicators**. Rome, 2013b. 271 p. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/SAFA_Indicators_final_19122013.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2015.

FARINACI, J. S. Contribuição da modernização ecológica para discussões acerca da transição florestal: o caso das monoculturas florestais. In: ENCONTRO ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 6., 2012, Belém, PA. **Anais**. [S.l.]: ANPPAS, 2012. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro6/anais/gt10.html>>. Acesso em: 15 maio 2015.

FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J. A.; BARÁ, S.; BELOSO, C.; ALONSO, M.; FONTURBEL, T. Nitrogen mineralization after clearcutting and residue management in a second rotation *Eucalyptus globules* Labill, stand in Galicia (NW) Span. **Annals of Forest Science**, v. 66, n. 8, p. 807p1-p9, 2009. DOI: 10.1051/forest/2009076.

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. **Formação de povoamentos florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 109 p.

- FERREIRA, W. C.; FERREIRA, M. J.; MARTINS, J. C. Regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas no subosque de *Eucalyptus grandis* em mata ciliar, no Município de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 579-581, 2007. Nota científica.
- FISCHER, J.; LINDENMAYER, D. B. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 265-280, 2007. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2006.00287.x.
- FLOWERS, M. D.; LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a Mollic Ochraqualf in northwest Ohio. **Soil and Tillage Research**, v. 48, n. 1/2, p. 21-35, 1998. DOI: 10.1016/S0167-1987(98)00095-6.
- FOELKEL, C. Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores. In: EUCALYPTUS online book & newsletter. Porto Alegre, [s.d.]. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/dcf/seriestecnicas/capitulo_minerais.pdf>. Acesso em: 28 maio 2015.
- FORESTS and floods: drowning in fiction or thriving on facts? Bogor Barat: CIFOR; Bangkok: FAO, Regional Office for Asia and the Pacific, 2005. (RAP Publication 2005/03; Forest perspectives, 2).
- FORMAN, R. T. T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- FRANZLUEBBERS, A. J. Will we allow soil carbon to feed our needs? **Carbon Management**, v. 1, n. 2, p. 237-251, 2010. DOI: 10.4155/cmt.10.25.
- FRITZSONS, E.; HIND, E. C.; MANTOVANI, L. E.; RIZZI, N. E. As alterações da qualidade da água do Rio Capivari com o deflúvio: um instrumento de diagnóstico de qualidade ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 8, p. 239-248, 2003.
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; CHAVES NETO, A.; HINDI, E. C. A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviáteis: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 381-390, 2009. DOI: 10.1590/S1413-41522009000300012.
- GARLIPP, R.; FOELKEL, C. O papel das florestas plantadas para atendimento das demandas futuras da sociedade. In: CONGRESO FORESTAL MUNDIAL, 13., 2009, Buenos Aires. **Desarrollo forestal: equilibrio vital**. Buenos Aires: FAO, 2009. 18 p.
- GOLDSTEIN, J. H.; CALDARONE, G.; DUARTE, T. K.; ENNAANAY, D.; HANNAHS, N.; MENDOZA, G.; POLASKY, S.; WOLNY, S.; DAILY, G. C. Integrating ecosystem-service tradeoffs into land-use decisions. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, n. 19, p. 7565-7570, 2012. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/109/19/7565.full.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2015.
- GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F.; STAPE, J. L.; SERRANO, M. I. P.; MELLO, S. L. M.; MENDES, K. C. F. S.; JORGE, L. A. C. **Efeito de práticas de cultivo mínimo e intensivo do solo sobre a ciclagem de nutrientes, fertilidade do solo, configuração do sistema radicular e nutrição mineral de povoamentos de *Eucalyptus grandis***. Piracicaba: FAPESP, 1997. 94 p. Relatório final de pesquisa, FAPESP, processo n° 1994/4248-4.
- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 1-57.
- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L. Manejo de resíduos vegetais e preparo de solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 131-204.
- GONÇALVES, J. L. M.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L.; SERRANO, M. I. P. Soil fertility and growth of *Eucalyptus grandis* in Brazil under deferent residue management practices. In: NAMBIAR, E. K. S. (Ed.). **Site management and productivity in tropical plantation forests: proceedings of workshops**, in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006. Bogor: CIFOR, 2008. p. 51-62. Disponível em: <http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BKallio0801.pdf> Acesso em 30 jun. 2015.

HALMENSCHLAGER, G.; RODRIGUES, K. C. S.; SCHWAMBACH, J.; FETT NETO, A. G. Efeito alelopático de extratos de acículas de *Pinus elliottii* na germinação e crescimento e plântulas de alface. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22., 2010, Porto Alegre. **Livro de resumos**. Porto Alegre: UFRGS, 2010. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/46419/Resumo_6155.pdf?sequence=1&locale=en>. Acesso em: 15 nov. 2015.

HARTEMINK, A. E.; LAL, R.; GERZABEK, M. H.; JAMA, B.; MCBRATNEY, A. B.; SIX, J.; TORNQUIST, C. G. Soil carbon research and global environmental challenges. **PeerJ**, PrePrints 2:e366v1, 2014. DOI: 10.7287/peerj.preprints.366v1.

HARTLEY, M. J. Rationale and methods for conserving biodiversity in plantation forests. **Forest Ecology and Management**, v. 155, n. 1/3, p. 81-95, 2002. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00549-7.

IBGE. **Censo agropecuário 1920/2006**: até 1996, dados extraídos de: estatística do século XX: produção vegetal: rendimento médio. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <<http://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=AGRO02>>. Acesso em: 4 maio 2015.

IBGE. **Censo agropecuário 2006**: Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 777 p. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf>. Acesso em: 4 maio 2015.

IBGE. **Produção agrícola municipal (PAM)**: tabela 15: área plantada ou área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção dos principais produtos das lavouras temporárias e permanentes em ordem decrescente de área colhida: 2013. Rio de Janeiro, 2013a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2013/default_temp_perm_ods.shtm>. Acesso em: 10 maio 2015.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura (PEVS)**: tabelas completas, Brasil, 2013. Rio de Janeiro, 2013b. Disponível em: <[ftp://ftp.IBGE.gov.br/Producao_Agricola/Producao_da_Extracao_Vegetal_e_da_Silvicultura_\[anual\]/2013/xls/brasil_xls.zip](ftp://ftp.IBGE.gov.br/Producao_Agricola/Producao_da_Extracao_Vegetal_e_da_Silvicultura_[anual]/2013/xls/brasil_xls.zip)>. Acesso em: 15 maio 2015.

INDICADORES DA AGROPECUÁRIA. Brasília, DF: Conab, ano 22, n. 1, 2015. 92 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_02_18_17_40_51_revista_janeiro_2015.pdf>. Acesso em: 5 maio 2015.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **IBÁ 2014**. São Paulo, 2014. Relatório IBÁ 2014 relativo a 2013. Disponível em: <<http://www.iba.org/pt/biblioteca-iba/publicacoes>>. Acesso em: 15 maio 2015.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **IBÁ 2015**. São Paulo, 2015. 61 p. Relatório IBÁ 2015 relativo a 2014. Disponível em: <<http://www.iba.org/pt/biblioteca-iba/publicacoes>>. Acesso em: 19 jul. 2015.

INTERNATIONAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL KNOWLEDGE, SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT. **Agriculture at a crossroads**: the synthesis report. Washington, DC, 2009. 95 p. Disponível em: <www.agassessment.org>. Acesso em: 20 abr. 2015.

KIRBY, K. R.; POTVIN, C. Variation in carbon storage among tree species: implications for the management of a small-scale carbon sink project. **Forest Ecology and Management**, v. 246, n. 2/3, p. 208-221, 2007. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.03.072.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S de. **Química da madeira**. 4. ed. rev. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2013. 87 p.

KURASZ, G.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D. Geotecnologias e ecologia da paisagem. In: GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P. (Ed.). **Gestão ambiental na agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa, 2007. p. 34-60.

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **Forest Ecology and Management**, v. 220, n. 1/3, p. 242-258, 2005. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.08.015.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, n. 123, p. 1-22, 2004.

- LARANJEIRO, A. J. **Estabilidade da entomofauna num mosaico de plantação de eucalipto e áreas naturais de conservação**. 2003. 142 f. Tese (Doutorado e Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São, Piracicaba.
- LE MER, J.; ROGER, P. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: a review. **European Journal of Soil Biolpgy**, v. 37, n. 1, p. 25-50, 2001. DOI: 10.1016/S1164-5563(01)01067-6.
- LI VESLEY, S. J.; KIESEW, R.; MIEHLE, P.; WESTONZ, C. J.; BUTTERBACH-BAHL, K.; ARNDT, S. K. Soil-atmosphere exchange of greenhouse gases in a *Eucalyptus marginata* woodland, a clover-grass pasture, and *Pinus radiata* and *Eucalyptus globulus* plantations. **Global Change Biology**, v. 15, n. 2, p. 425-440, 2009. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2008.01759.x.
- LIAO, C.; LUO, Y.; FANG, C.; LI, B. Ecosystem carbon stock influenced by plantation practice: implications for planting forests as a measure of climate change mitigation. **PLoS ONE**, v. 5, n. 5, e10867, 2010. 6 p. DOI: 10.1371/journal.pone.0010867.
- LIMA, E. A. de; SILVA, H. D. da; TUSSOLINI, E. L. **Potencial do *Eucalyptus benthamii* para produção de carvão em fornos convencionais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2012a. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 305). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65178/1/CT-305.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2015.
- LIMA, P. L.; ZAKIA, M. J. B. **As florestas plantadas e a água**: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: RIMA. 2006. 218 p.
- LIMA, W. de P. **A silvicultura e a água**: ciência, dogmas, desafios. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2010. 64 p. (Cadernos do diálogo, v. 1).
- LIMA, W. de P. **A silvicultura e a água**: ciência, dogmas, desafios. 2. ed. atual. Atalanta: Apremavi, 2015. 52 p. (Cadernos do diálogo, v. 1).
- LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: EDUSP, 1993. 302 p.
- LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 1996. 301 p.
- LIMA, W. P. **O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais**. São Paulo: ARTPRESS, 1987. 114 p.
- LIMA, W. P.; FERRAZ, S. F. B.; RODRIGUES, C. B.; VOIGTLAENDER, M. Assessing the hydrological effects of forest plantations in Brazil. In: BOON, P. J.; RAVEN, P. J. (Ed.). **River conservation and management**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012b. p. 57-66.
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Indicadores hidrológicos em áreas florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 31, p. 53-64, 1998.
- LINDENMAYER, D. B.; FRANKLIN, J. F. **Conserving forest biodiversity**: a comprehensive multiscaled approach. Washington, DC: Island Press, 2002.
- LOCKABY, B. G.; VIDRINE, C. G. Effect of logging equipment traffic on soil density and growth and survival of young loblolly pine. **Southern Journal of Applied Forestry**, v. 8, n. 2, p. 109-112, 1984.
- LOMBARDI, J. A.; MOTTA JUNIOR, J. C. Levantamento do sub-bosque de um reflorestamento mono específico de *Pinus elliotti* em relação às síndromes de dispersão. **Turrialba**, v. 42, n. 4, p. 438-442, 1992.
- LOPES, E. da S.; SAMPIETRO, J. A.; PEREIRA, A. L. N.; OLIVEIRA, D. Compactação de um Latossolo submetido ao tráfego de Skider com diferentes rodados. **Floresta**, v. 41, n. 3, p. 471-480, 2011. DOI: 10.5380/rf.v41i3.24038.
- LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; De POORTE, M. **100 of the world's worst invasive alien species**: a selection from the global invasive species database. Auckland: ISSG/SSC/IUCN, 2004. 12 p.

- LUZ, L. D. Aspectos hidrológicos e serviços ambientais hídricos. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 171-182.
- MAFFIA, V. P.; DIAS, H. C. T.; GAMBÁS, O. S.; CARVALHO, A. P. V. Monitoramento da precipitação e vazão em uma microbacia com plantio de eucalipto no Município de Francisco Dumont, MG. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 2., 2009, Taubaté. **Anais**. Taubaté: IPABHI, 2009. p. 141-148. DOI: 10.4136/serhidro.19.
- MAKKONEN, I. **Chosing a wheeled shortwood forwarder**. Pointe Claire: Forest Engineering Research Institute of Canada, 1989. 12 p. (FERIC. Technical note, n. 136).
- MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. de S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 2, p. 187-195, 2002. DOI: 10.1590/S1519-566X2002000200004.
- MARTINS, S. G. **Erosão hídrica em povoamento de eucalipto sobre solos coesos nos tabuleiros costeiros, ES**. 2005. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURI, N.; FONSECA, S. Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do Estado do Espírito Santo. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 517-526, 2010.
- MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na Região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 395-403, 2003. DOI: 10.1590/S0100-06832003000300001.
- MATTHEWS, S. The water vapour conductance of *Eucalyptus* litter layers. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 135, n. 1/4, p. 73-81, 2005. DOI: 10.1016/j.agrformet.2005.10.004.
- MEDEIROS, G. D.; SILVA, E.; MARTINS, S. V.; FEIO, R. N. Diagnóstico da fauna silvestre em empresas florestais brasileiras. **Revista Árvore**, v. 33, n. 1, p. 93-100, 2009. DOI: 10.1590/S0100-67622009000100010.
- MENDHAM, D. S.; SANKARAN, K. V.; O'CONNELL, A. M.; GROVE, T. S. Eucalyptus globules harvest residue management effects on soil carbon and microbial biomass at 1 and 5 years after plantations establishment. **Soil Biology and Chemistry**, v. 34, n. 2, p. 1903-1912, 2002. DOI: 10.1016/S0038-0717(02)00205-5.
- MESQUITA, C. A. B. Diálogo florestal: uma ferramenta a serviço da conservação em terras privadas. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE CONSERVAÇÃO EM TERRAS PRIVADAS, 8., 2008, Rio de Janeiro. **Memórias**. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2008. p. 101-110. Disponível em: <www.dialogoflorestal.org.br/download.php?codigoArquivo=60>. Acesso em: 29 jun. 2015.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: global assessment reports**. Washington, DC: Island Press, 2005. Disponível em: <http://www.millenniumassessment.org/en/index.html> Acesso em: 19 jul. 2015.
- MISRA, R. K.; GIBBONS, A. K. Growth and morphology of eucalypt seedling-roots, in relation to soil strength arising from compaction. **Plant and Soil**, v. 182, n. 1, p. 1-11, 1996. DOI: 10.1007/BF00010990.
- MOCHIUTTI, S.; HIGA, A. R.; SIMON, A. A. Fitossociologia dos estratos arbóreo e de regeneração natural em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) na região da floresta estacional semidecidual do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 2, p. 207-222, 2008. DOI: 10.5902/19805098458.
- MOCHIUTTI, S.; HIGA, A. R.; SIMON, A. A. Susceptibilidade de ambientes campestres à invasão de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild.) no Rio Grande do Sul. **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 239-253, 2007.
- MODNA, D.; DURIGAN, G.; VITAL, M. V. C. *Pinus elliottii* Engelm como facilitadora da regeneração natural em mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 85, p. 73-83, 2010.

- MOSCA, A. A. de O. **Avaliação dos impactos ambientais de plantações de eucalipto no Cerrado com base na análise comparativa do ciclo hidrológico e da sustentabilidade da paisagem em duas bacias de segunda ordem**. 2008. 254 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- NAJBERG, S.; PEREIRA, R. de O. Novas estimativas do modelo de geração de empregos do BNDES. **Sinopse Econômica**, n. 133, p. 25-32, 2004. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/5062/1/SINOPSE%20ECONOMICA%2c%20n.%20133%2c%20mar.%202004.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2015.
- NAPPO, M. E.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V.; DE MARCO JÚNIOR, P.; SOUZA, A. L. de; OLIVEIRA FILHO, A. T. de. Dinâmica da estrutura diamétrica da regeneração natural de espécies arbóreas e arbustivas no subosque de povoamento puro de *Mimosa scabrella* Benthham, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 35-46, 2005. DOI: 10.1590/S0100-67622005000100005.
- NAPPO, M. E.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V.; DE MARCO JÚNIOR, P.; SOUZA, A. L. de; OLIVEIRA FILHO, A. T. de. Dinâmica da estrutura fitossociológica da regeneração natural em sub-bosque de *Mimosa scabrella* Benthham em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 811-829, 2004. DOI: 10.1590/S0100-67622004000600006.
- NASCIMENTO, M. I. do; POGGIANI, F.; DURIGAN, F.; IEMMA, A. F.; SILVA FILHO, D. F. da. Eficácia de barreira de eucaliptos na contenção do efeito de borda em fragmento de floresta subtropical no Estado de São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 191-203, 2010.
- NERI, A. V.; CAMPOS, E. P. de; DUARTE, T. G.; MEIRA NETO, J. A. A.; SILVA, A. F. da; VALENTE, G. E. Regeneração de espécies nativas lenhosas sob plantio de *Eucalyptus* em área de Cerrado na Floresta Nacional de Paraopeba, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 369-376, 2005. DOI: 10.1590/S0102-33062005000200020.
- NOBRE, B. A.; LEITE, M. E. Monocultura do eucalipto, impacto ambiental e conflito na bacia do Canabrava, no Norte de Minas Gerais. **Revista VITAS: visões transdisciplinares sobre ambiente e sociedade**, v. 2, n. 4, 8 p., 2012.
- NÓBREGA, A. M. F. da; VALERI, S. V.; PAULA, R. C. de; SILVA, S. A. da. Regeneração natural em remanescentes florestais e áreas reflorestadas da várzea do rio Mogi-Guaçu, Luiz Antônio - SP. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 909-920, 2008. DOI: 10.1590/S0100-67622008000500016.
- NZILA, J. D.; BOILLET, J. P.; LACLAU, J. C.; RANGER, J. The effect of slash management on nutrient cycling and tree growth in *Eucalyptus* plantation in the Congo. **Forest Ecology and Management**, v. 171, n. 1/2, p. 209-221, 2002. DOI: 10.1016/S0378-1127(02)00474-7.
- O'CONNELL, A. M.; GROVE, T. S.; MENDHAM, D. S.; RANCE, S. J. Impact of harvest residue management on soil nitrogen dynamics in *Eucalyptus globules* plantations in would western Australia. **Soil, Biology and Biochemistry**, v. 36, p. 39-48, 2004. DOI: 10.1016/j.soilbio.2003.08.017.
- OGDEN, F. L.; CROUCH, T. D.; STALLARD, R. F.; HALL, J. S. Effect of land cover and use on dry season river runoff, runoff efficiency, and peak storm runoff in the seasonal tropics of Central Panama. **Water Resources Research**, v. 49, p. 1-20, 2013. DOI: 10.1002/2013WR013956.
- OLIVEIRA, D. de; LOPES, E. da S. Determinação da compactação do solo causada pela colheita de madeira com harvester e forwarder. In: ENCONTRO ANUAL DA INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19., 2010, Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: UNICENTRO, 2010. Disponível em: <<http://anais.unicentro.br/xixeaic/pdf/1837.pdf>> Acesso em: 28 maio 2015.
- OLIVEIRA, E. B. de; SOUSA, L. P. de; RADOMSKI, M. I. Regeneração natural em sub-bosque de *Corymbia citriodora* no Noroeste do Estado do Paraná. **Floresta**, v. 41, n. 2, p. 377-386, 2011.
- OLIVEIRA, Y. M. M. de; GARRASTAZÚ, M. C.; ROSOT, M. A. D.; LUZ, N. B.; ABRANTES, M. A.; BOGNOLA, I.; FREITAS, J. V.; MATTOS, P. P.; VIBRANS, A. V.; FRANCISCON, L.; GOMIDE, G. L. **Detection of *Pinus* sp. and *Hovenia dulcis* as invasive species in native forests of South Brazil using National Forest Inventory data**. Disponível em: <<http://foris.fao.org/wfc2015/api/file/55b5da760f541f9035232e71/contents/f0cf4451-e5f0-4239-9fef-633666c3366e.pdf>> Acesso em: 2 dez. 2015

ONOFRE, F. F.; ENGEL, V. L.; CASSOLA, H. Regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. em uma antiga unidade de produção florestal no Parque das Neblinas, Bertioga, SP. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 85, p. 39-52, 2010.

ONOFRE, F. F. **Restauração da Mata Atlântica em antigas unidades de produção florestal com *Eucalyptus saligna* Smith. no Parque das Neblinas, Bertioga, SP.** 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PAIS, P. S. M.; PAIS, A. M.; DIAS JÚNIOR, M. de S.; SANTOS, G. A. dos; DIAS, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALCÂNTARA, E. N. de. Compactação causada pelo manejo de plantas invasoras em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 1949-1957, 2011. DOI: 10.1590/S0100-06832011000600011.

PALMBERG, C. **Forest plantations working papers: annotated bibliography on environmental, social and economic impacts of eucalypts.** Rome: FAO, 2002. Compilation from English, French and Spanish publications between 1995-1999. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/6172-01295154eb5459bc018e828076ff8a292.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2015.

PALMROTH, S.; OREN, R.; MCCARTHY, H. R.; JOHNSEN, K. H.; FINZI, A. C.; BUTNOR, J. R.; RYAN, M. G.; SCHLESINGER, W. H. Aboveground sink strength in forests controls the allocation of carbon below ground and its [CO₂]-induced enhancement. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 103, n. 51, p. 19362-19367, 2006. DOI: 10.1073/pnas.0609492103.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica.** Brasília, DF: Embrapa, 2015. 372 p.

PARROTA, J. A. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. **Agriculture, Ecosystem & Environment**, v. 41, n. 2, p. 115-132, 1992. DOI: 10.1016/0167-8809(92)90105-K.

PARROTA, J. A.; TURNBULL, J. W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, p. 1-7, 1997. DOI: 10.1016/S0378-1127(97)00190-4.

PENTEADO, S. R. C.; TRENTINI, R. F.; IEDE, E. T.; REIS FILHO, W. Ocorrência, distribuição, danos e controle de pulgões do gênero *Cinara* em *Pinus* Spp no Brasil. **Revista Floresta**, v. 30, n. 1/2, p. 55-64, 2000. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2324/1942>>. Acesso em: 21 maio 2015.

PERRY, D. A. The scientific basis of forestry. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 29, p. 435-466, 1998.

PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; BRITO, L. de F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 687-695, 2006. DOI: 10.1590/S0100-204X2006000400021.

POORE, M. E. D.; FRIES, C. **The ecological effects of *Eucalyptus*.** Rome: FAO, 1988. (FAO. Forestry paper, 59). Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-an793e.pdf>> Acesso em: 19 jul. 2015.

PROGRAMA produtividade potencial do *Eucalyptus* no Brasil. Piracicaba: IPEF, [2015?]. Projeto Brasil *Eucalyptus* Produtividade Potencial (BEPP). Disponível em: <<http://www.ipef.br/bepp/>>. Acesso em: 6 jan. 2016.

PUTUHENA, W. M.; CORDERY, I. Some hydrological effects of changing forest cover from eucalyptus to *Pinus radiata*. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 100, p. 59-72, 2000. DOI: 10.1016/S0168-1923(99)00086-6.

RAB, M. A. Soil physical and hydrological properties following logging and slash burning in the *Eucalyptus regnans* forest of southeastern Australia. **Forestry Ecology Management**, v. 84, n. 1/3, p. 159-186, 1996. DOI: 10.1016/0378-1127(96)03740-1.

RAUDSEPP-HEARNE, C.; PETERSON, G. D.; BENNETT, E. M. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 11, p. 5242-5247, 2010. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/107/11/5242.full.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2015.

- REZENDE, M. L. de; VALE, A. B. do; SOUZA, A. L. de; REIS, M. das G. F.; SILVA, A. F. da; NEVES, J. C. L. Regeneração natural de espécies florestais nativas em subosque de *Eucalyptus* e em mata secundária no município de viçosa, zona da mata - Minas Gerais, Brasil. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Recuperação de áreas degradadas**: anais. Curitiba: FUPEF, 1994. p. 409-418.
- RICHARDSON, D. M.; BOND, W. J. Determinants of plant distribution: evidence from pine invasions. **The American Naturalist**, v. 137, n. 5, p. 639-668, 1991.
- RICHARDSON, D. M.; HIGGINS, S. I. Pines as invaders in the southern hemisphere. In: RICHARDSON, D. M. (Ed.). **Ecology and biogeography of Pinus**. Cambridge: Cambridge University, 1998. p. 450-473.
- ROA-GARCIA, M. C.; BROWN, S.; SCHREIER, H.; LAVKULICH, L. M. The role of land use and soils in regulating water flow in small headwater catchments of the Andes. **Water Resources Research**, v. 47, n. 5, 2011. DOI: 10.1029/2010WR009582.
- RODRIGUES, C. K. **Compactação do solo causada por dois sistemas de colheita de madeira em florestas de *Eucalyptus grandis***. 2013. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati.
- ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F. Desenvolvimento do *Pinus elliottii* e do *Eucalyptus tereticornis* consorciado com plantas de cobertura, em solos degradados por arenização. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 84-89, 2008. DOI: 10.1590/S0103-84782008000100014.
- SALGADO, A. A. R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Impactos da silvicultura de eucalipto no aumento das taxas de turbidez das águas fluviais: o caso de mananciais de abastecimento público de Caeté/MG. **Revista Geografias**, v. 2, n. 1, p. 47-57, 2006.
- SALEMI, L. F.; GROppo, J. D.; TREVISAN, R.; SEGHEsi, G. B.; MORAES, J. M. de; FERRAZ, S. F. de B.; MARTINELLI, L. A. Consequências hidrológicas da mudança de uso da terra de floresta para pastagem na região da floresta tropical pluvial Atlântica. **Ambiente & Água: an interdisciplinary journal of applied science**, v. 7, n. 3, p. 127-140, 2012. DOI: 10.4136/ambi.agua.927.
- SANG, P. M.; LAMB, D.; BONNER, M.; SCHMIDT, S. Carbon sequestration and soil fertility of tropical tree plantations and secondary forest established on degraded land. **Plant and Soil**, v. 362, n. 1, p. 187-200, 2013. DOI: 10.1007/s11104-012-1281-9.
- SANKARAN, K. V.; MENDHAM, D. S.; CHACKO, K. C.; PANDALAI, R. C.; PILLAI, P. K. C.; GROVE, T. S.; O'CONNELL, A. M. Impact of soil management practices on growth of eucalypt plantations in the Monsoonal Tropics in Kerala, India. In: NAMBIAR, E. K. S. (Ed.). **Site management and productivity in tropical plantation forests**: proceedings of workshops, in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006. Bogor: CIFOR, 2008. p. 23-38.
- SANTOS, F. F. M.; MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Regeneração natural sob diferentes modelos de plantio de mata ciliar em região de cerrado, no município de Assis, SP. **IF Série Registros**, v. 31, p. 225-228, 2007. Edição dos anais do 1º Seminário de Iniciação Científica do Instituto Florestal, São Paulo, 2007.
- SAPORETTI JÚNIOR, A. W.; MEIRA NETO, J. A.; ALMADO, R. Fitossociologia de sub-bosque de Cerrado em talhão de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no município de Bom Despacho-MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 905-910, 2003. DOI: 10.1590/S0100-67622003000600017.
- SARTORI, M. S.; POGGIANI, F.; ENGEL, V. L. Regeneração da vegetação arbórea nativa no sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith. localizado no Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, v. 62, p. 86-103, 2002.
- SARTORI, M. S. **Variação da regeneração natural da vegetação arbórea no sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. Manejado por talhadia, localizado no município de Itatinga, SP**. 2001. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SEIXAS, F. **Compactação do solo devido à mecanização florestal**: causas, efeitos e práticas de controle. Piracicaba: IPEF, 1988. 11 p. (IPEF. Circular técnica, n. 163).

SEIXAS, F.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. D. Compactação do solo devido ao tráfego de máquinas de colheita de madeira. **Scientia Forestalis**, n. 60, p. 73-87, 2001.

SEIXAS, F.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. D. de; SOUZA, C. R. de. Efeito da camada de resíduos florestais na compactação do solo causada pelo transporte primário da madeira. **Scientia Forestalis**, n. 54, p. 9-16, 1998.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Sistema Nacional de Informações Florestais**: produção florestal: número de empregos formais por segmento do setor florestal. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/emprego>>. Acesso em: 14 out. 2015.

SEVERIANO, E. da C.; OLIVEIRA, G. C. de; DIAS JÚNIOR, de S.; CASTRO, M. B. de; OLIVEIRA, L. F. C. de; COSTA, K. A. de P. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: I – modelagem e quantificação da compactação adicional após as operações de colheita. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 3, p. 404-413, 2010.

SHI, Z.; XU, D.; YANG, X.; JIA, Z.; GUO, H.; ZHANG, N. Ecohydrological impacts of eucalypt plantations: a review. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 10, n. 3-4, p. 1419-1426, 2012.

SIDLE, R. C.; ZIEGLER, A. D.; NEGISHI, J. N.; NIK, A. R.; SIEW, R.; TURKELBOOM, F. Erosion processes in steep terrain: truths, myths, and uncertainties related to forest management in Southeast Asia. **Forest Ecology Management**, v. 224, p. 199-225, 2006.

SILVA, A. H.; FAVARETTO, N.; CAVALIERI, K. M. V.; DIECKOW, J.; VEZZANI, F. M.; PARRON, L. M.; CHEROBIM, V. F.; MARIOTI, J.; FERRARI NETO, H. Atributos físicos do solo e escoamento superficial como indicadores de serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 71-83.

SILVA, C. R. da. **Riqueza e diversidade de mamíferos não-voadores em um mosaico formado por plantios de *Eucalyptus Saligna* e remanescentes de Floresta Atlântica no município de Pilar do Sul, SP**. 2001. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA JÚNIOR, M. C.; SCARANO, F. R.; CARDEL, F. S. Regeneration of an Atlantic Forest in the understory of an *Eucalyptus grandis* stand in Southern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, p. 148-152, 1995.

SILVA, M. A. da; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J. C.; LEITE, F. P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 765-776, 2011.

SILVEIRA, E. R.; DURIGAN, G. Recuperação de matas ciliares: estrutura da floresta e regeneração natural aos dez anos em diferentes modelos de plantio na Fazenda Canaçu, Tarumã, SP. In: VILAS BOAS, O.; DURIGAN, G. **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista**: resultados da cooperação Brasil/Japão. São Paulo: Páginas & Letras, 2004. p. 325-347.

SILVICULTURA e os recursos hídricos. [Piracicaba]: IPEF; [S.l.]: IBÁ, 2015. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Silvicultura_e_Recursos_Hidricos-Junho-2015.pdf>. Acesso: 6 jan. 2016.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA VEGETAL. **Estatísticas do setor**. Disponível em: <<http://www.sindiveg.org.br/estatisticas.php>>. Acesso em: 26. abr. 2015.

SOARES, J. L. N.; ESPINDOLA, C. R.; FOLONI, L. L. Alteração física e morfológica em solos cultivados com citros e cana-de-açúcar, sob sistema tradicional de manejo. **Ciência Rural**, v. 35, n. 2, p. 353-359, 2005. DOI: 10.1590/S0103-84782005000200016.

SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. Modeling the water balance of soil water fluxes in a fast growing Eucalyptus plantation in Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 253, n. 1, p. 130-147, 2001. DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00477-2.

SOARES, M. P.; NUNES, Y. R. F. Regeneração natural de cerrado sob plantio de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 2015-214, 2013. DOI: 10.1590/S0034-737X2013000200008.

- SOARES, S. M.; MARINHO, C. G. S.; DELLA LUCIA, T. M. C. Diversidade de invertebrados edáficos em áreas de eucalipto e mata secundária. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 19, n. 2, p. 157-164, 1998.
- SOUZA FILHO, P. C.; BECHARA, F. C.; CAMPOS FILHO, E. M.; BARRETTO, K. D. Regeneração natural após diferentes níveis de perturbação em subosque de *Eucalyptus* sp. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 96-98, 2007.
- SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serrapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Cerne**, v. 7, n. 1, p. 101-113, 2001.
- SPIOTTA, E. M.; SHARMA, P. Carbon storage in successional and plantation forest soils: a tropical analysis. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, n. 1, p. 105-117, 2013. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2012.00788.x.
- SWANK, W. T.; MINER, N. H. Conversion of hardwood-covered watersheds to white pine reduces water yield. **Water Resources Research**, v. 4, p. 947-954, 1968. DOI: 10.1029/WR004i005p00947.
- TABARELLI, M.; VILLANI, J. P.; MANTOVANI, W. A recuperação da floresta atlântica sob plantios de *Eucalyptus* no núcleo Santa Virgínia, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 5, n. 2, p. 187-201, 1993.
- TADEU, N. D. **Avaliação dos impactos hídricos da monocultura de eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (Brasil)**. 2014. 176 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- THEODOROU, C.; CAMERON, L. C.; BOWEN, G. D. Growth of roots of different *Pinus radiata* genotypes in soil at different strength and aeration. **Australian Forestry**, v. 54, n. 1/2, p. 52-59, 1991. DOI: 10.1080/00049158.1991.10674556.
- THOMPSON, A. M.; HOGAN, K. B.; HOFFMAN, J. S. Methane reductions: implications for global warming and atmospheric chemical change. **Atmospheric Environment: part a general topics**, v. 26, n. 4, p. 2665-2668, 1992. DOI: 10.1016/0960-1686(92)90118-5.
- TIARKS, A.; NAMBIAR, E.; COSSALTER, C. (Ed.). **Site management and productivity in tropical plantation forests: workshop proceedings**, in Pietermaritzburg 16-29 February 1998. Bogor: CIFOR, 1999. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/42690-0dda8075dc09de654b3e68de0f83e4ee5.pdf>> Acesso em: 28 jun. 2015.
- TIESSSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. **Nature**, v. 371, n. 6500, p. 783-785, 1994. DOI: 10.1038/371783a0.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. de; RIBEIRO, C. A. A. S.; FIRME, D. J.; LEITE, F. P. Diagnóstico hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Município de Guanhães, MG, Brasil. **Revista Ambiente & Água: an interdisciplinary journal of applied science**, v. 4, n. 1, p. 156-168, 2009. DOI: 10.4136/ambi-agua.80.
- TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 2, p. 301-309, 1998. DOI: 10.1590/S0100-06831998000200016.
- TUBINI, R. **Comparação entre a regeneração em plantios abandonados de *Eucalyptus saligna* Smith. e em fragmentos de Floresta Ombrófila Densa em São Bernardo do Campo/SP**. 2006. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- VELOSO, M. **Estoque de carbono e emissão de gases de efeito estufa em cambissolo sob plantações de *Pinus taeda***. 2014. 91 f. Tese (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- VERBURG, P. H.; VAN DE STEEG, J.; VELDKAMP, A.; WILLEMEN, L. From land cover change to land function dynamics: a major challenge to improve land characterization. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 3, p. 1327-1335, 2009. DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.08.005.

VIANI, G. R. A.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. de. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 533-552, 2010. DOI: 10.5902/198050982067.

VIANI, R. A. G. **O uso da regeneração natural (Floresta Estacional Semidecidual e talhões de *Eucalyptus*) como estratégia de produção de mudas e resgate da diversidade vegetal na restauração florestal**. 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 85-94, 2010. DOI: 10.1590/S0100-67622010000100010.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev2808.pdf>. Acesso em: 28 maio 2015.

WHITE, D. A.; DUNIN, F. X.; TURNER, N. C.; WARD, B. H.; GALBRAITH, J. H. Water use by contour-planted belts of trees comprised of four *Eucalyptus* species. **Agricultural Water Management**, v. 53, n. 1/2, p. 133-152, 2002. DOI: 10.1016/S0378-3774(01)00161-5.

WHITE, K. J. Silviculture of *Eucalyptus* plantings: learning in the region. In: REGIONAL EXPERT CONSULTATION ON EUCALYPTUS, 1993, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pacific, 1995. v. 1. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/005/ac777e/ac777e07.htm#bm07>> Acesso em: 28 jun. 2015.

WHITEHEAD, D.; BEADLE, C. L. Physiological regulation of productivity and water use in *Eucalyptus*: a review. **Forest Ecology and Management**, v. 193, n. 1/2, p. 113-140, 2004. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.01.026.

WINK, C.; REINERT, D. J.; MÜLLER, I.; REICHERT, J. M.; JACOMET, L. A idade das plantações de *Eucalyptus* sp. influenciando os estoques de carbono. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 333-343, 2013. DOI: 10.5902/198050989279.

WOHL, E.; BARROS, A.; BRUNSELL, N.; CHAPPELL, N. A.; COE, M.; GIAMBELLUCA, T. W.; GOLDSMITH, S.; HARMON, R.; HENDRICKX, J. M. H.; JUVIK, J. O.; MCDONNELL, J. J.; OGDEN, F. L. The hydrology of the humid tropics. **Nature Climate Change**, v. 2, p. 655-662, 2012. DOI: 10.1038/nclimate1556.

WUNDERLE, J. M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forested regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v. 99, n. 1/2, p. 223-235, 1997. DOI: 10.1016/S0378-1127(97)00208-9.

ZEN, S.; YONEZAWA, J. T.; FELDEBERG, J. T. Implantação de florestas no sistema de cultivo mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1., 1991, Curitiba. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1995. p. 65-72.

ZINN, Y.; RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. Soil organic carbon as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in the Cerrado region of Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 166, n. 1/3, p. 285-294, 2002. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00682-x.

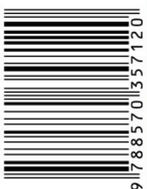
Embrapa

Florestas

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

BRASIL
GOVERNO FEDERAL

978-85-7035-712-0



9 788570 357120

CGPE 13950