

A young pine tree sapling with a red stem growing from a log in a forest. The background is a blurred forest scene with green foliage and brown tree trunks.

CIÊNCIA

AMBIENTE

PENSANDO A  
CIÊNCIA FLORESTAL

20





JANEIRO/JUNHO DE 2000

- 3 EDITORIAL
- 5 PRÓXIMA EDIÇÃO
- CIÊNCIA FLORESTAL – RAÍZES HISTÓRICAS
- 9 DAS QUEIMADAS À CIÊNCIA FLORESTAL  
*Herbert Killian*
- CIÊNCIA FLORESTAL – O VALOR DA BIODIVERSIDADE
- 25 DO CÓDIGO FLORESTAL PARA O CÓDIGO DAS BIODIVERSIDADES  
*Aziz Nacib Ab'Saber*
- CIÊNCIA FLORESTAL – FLORESTAS MULTIFUNCIONAIS
- 35 SILVICULTURA  
Arte e Ciência  
*Rudi Arno Seitz*
- 45 A BIOTECNOLOGIA NO SETOR FLORESTAL  
*Carlos Alberto Labate*
- 53 PRINCÍPIOS PARA A MODELAGEM DE ECOSISTEMAS FLORESTAIS  
*Hubert Hasenauer*
- 71 PERSPECTIVAS DO MANEJO FLORESTAL POR ÁRVORES SINGULARES  
*Miguel Antão Durlo, José Newton Cardoso Marchiori e Peter Spathelf*
- 83 EXPLORAÇÃO FLORESTAL, SUSTENTABILIDADE E O MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO  
*Cláudio Ferraz e Ronaldo Seroa da Motta*
- CIÊNCIA FLORESTAL – O APROVEITAMENTO DA MADEIRA
- 101 TECNOLOGIA DA MADEIRA NO BRASIL  
Evolução e Perspectivas  
*Ivan Tomaselli*
- CIÊNCIA FLORESTAL – PONTO DE VISTA
- 115 CARTA ABERTA AOS INTERESSADOS NAS QUESTÕES FLORESTAIS DO RIO GRANDE DO SUL  
*Franz Andrae*
- 127 INSTRUÇÕES PARA PUBLICAÇÃO
- 128 INSTRUCCIONES PARA PUBLICACIÓN



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

**REITOR**

*Paulo Jorge Sarkis*

**EDITOR**

*Delmar Antonio Bressan*

**EDITORES CONVIDADOS**

*José Newton Cardoso Marchiori*

*Miguel Antão Durlo*

**CONSELHO EDITORIAL**

*Delmar Antonio Bressan*

*Miguel Antão Durlo*

*Ronai Pires da Rocha*

*Ronaldo Mota*

*Severo Ilha Neto*

**ANÁLISE E REVISÃO DE TEXTO**

*Zília Mara Scarpari*

**CAPA E PROGRAMAÇÃO VISUAL**

*Valter Noal Filho*

**FOTO DA CAPA**

*Paulo Fernando Machado*

**EDITORIAÇÃO DE TEXTO**

*Simone Portella Fernandes*

**IMPRESSÃO E ACABAMENTO**

*Editora Pallotti/Santa Maria*

---

Ciência & Ambiente/Universidade Federal de Santa Maria.

UFSM - Vol. 1, n.1(jul. 1990)- - Santa Maria :

Semestral

CDD:605 CDU:6(05)

---

Ficha elaborada por Marlene M. Elbert, CRB 10/951

**Revista Ciência & Ambiente**

Universidade Federal de Santa Maria

Prédio 44 - Sala 5210 - Campus Universitário - Camobi

97105-900 - Santa Maria - Rio Grande do Sul - Brasil

Fone: (55)2208444 - e-mail: mdurlo@ccr.ufsm.br



*Pensar a ciência ou, mais particularmente, pensar a ciência florestal. Eis o objetivo do vigésimo número de Ciência e Ambiente, edição que marca a passagem dos dez anos de existência da revista.*

*A rigor, nada há de novo nesta proposição editorial, a não ser o fato de (re)acender, embora em uma área bastante específica, o debate sobre uma prática esmaecida no dia-a-dia dos centros ocupados com a produção do conhecimento, por mais paradoxal que isto possa parecer. Pensar sobre o que fazemos, por que fazemos, como fazemos e que influências recebemos, deveria ser algo normal, corriqueiro até. Afinal, nossas escolhas, individuais ou coletivas, inclusive sobre as linhas de investigação que desejamos seguir, são sempre portadoras de um sentido epistemológico e, portanto, convém pensá-las com tanta atenção e zelo quanto o próprio objeto particular da busca científica.*

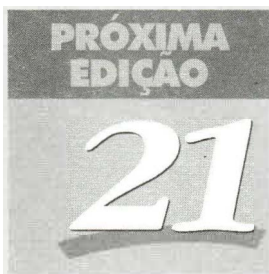
*No caso da ciência florestal, é perceptível a mudança de paradigma que se opera ao longo da segunda metade do século XX. De uma concepção que atribui valor quase que exclusivo ao conhecimento capaz de sustentar a produção madeireira, chega-se a outra, recente, que tende a sobrelevar os demais benefícios da floresta e, em consequência, a sua preservação.*

*Na atualidade, no entanto, afirma-se um novo modo de conceber este ramo da ciência, com abrangência suficiente para contemplar as duas percepções anteriores – por alguns consideradas excludentes – de forma simultânea, complementar, indissociável. Trata-se agora de compreender a floresta em sua multifuncionalidade.*

*Há, contudo, grande distância entre a assimilação de um princípio e a sua materialização científica e prática, sobretudo em países periféricos como o Brasil. Sendo assim, a plena incorporação deste novo enfoque demandará, por certo, um reordenamento teórico-metodológico e estrutural dos centros de ensino e pesquisa e, em igual escala, do sistema produtivo.*





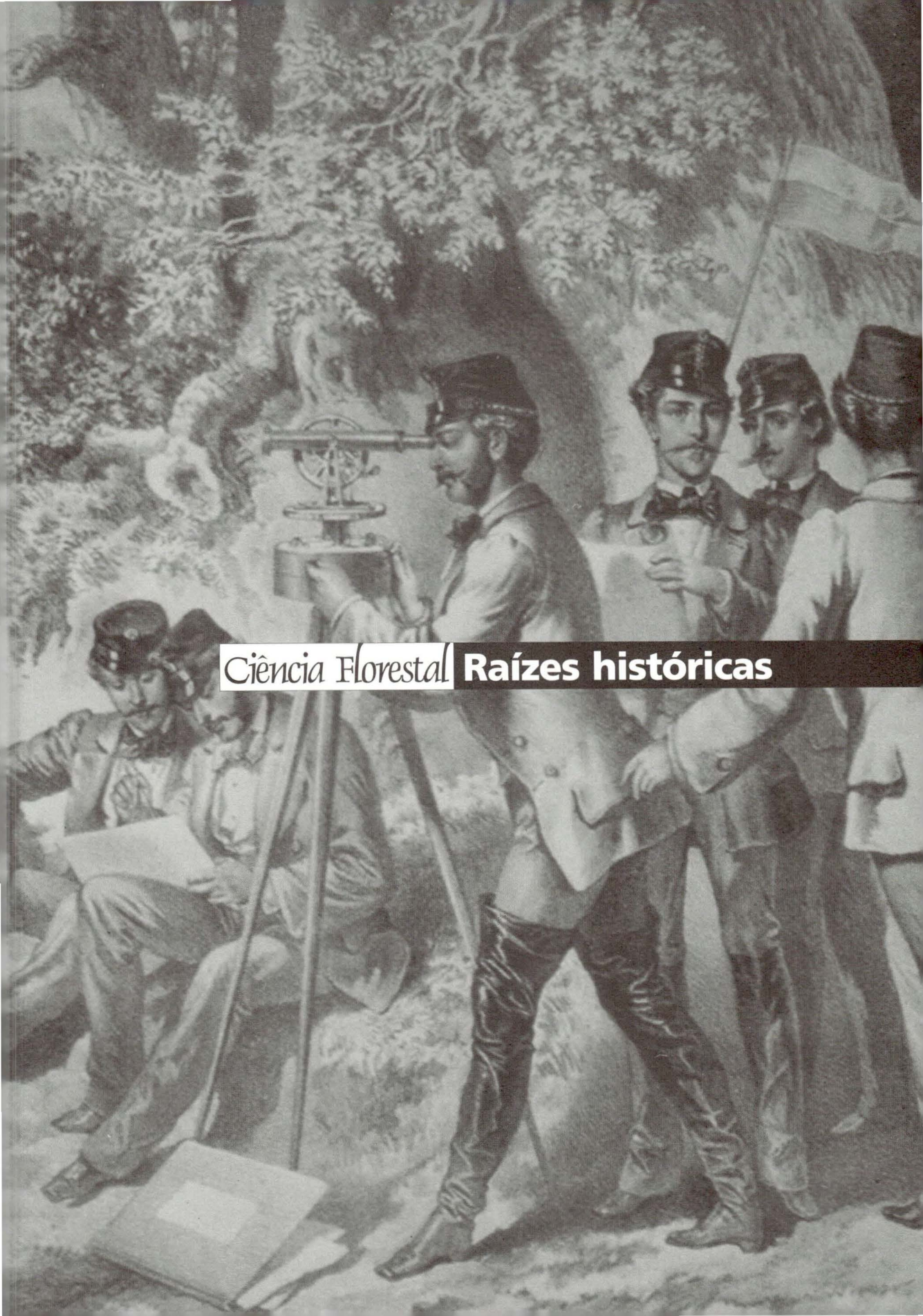


**A *Gestão da Água* é o tema selecionado pelo Conselho Editorial para a 21ª edição da revista *Ciência & Ambiente*.**

**O imaginário da civilização sobre a água, as inquietações contemporâneas quanto à disponibilidade de recursos hídricos para os diversos fins – abastecimento público, irrigação, geração de energia –, as estratégias de gestão, os custos e as normas legais para uso da água, tendo sempre como referência as bacias hidrográficas, são alguns dos aspectos que estão à espera de um exame acurado do mundo acadêmico e dos agentes estatais e comunitários. Há, sem dúvida, um mundo de águas que, nem por isso, merece tratamento descuidado, sob pena de degradação, altos custos sociais para recuperação e, em último estágio, escassez de um bem essencial à existência humana e ao funcionamento dos sistemas naturais.**







*Ciência Florestal* **Raízes históricas**



Ilustração (Fragmento)

*Litografia retratando aula prática sobre florestas ministrada  
na Escola Florestal Mariabrunn no ano de 1875 (data aproximada).*

# DAS QUEIMADAS À CIÊNCIA FLORESTAL

*Herbert Killian*

*As formas de uso da floresta que caracterizaram os primórdios da civilização, aí incluída a Revolução Neolítica, acabaram por produzir um temor que acompanhou o homem durante séculos, o da escassez de madeira. Diante de um quadro alarmante, os nobres europeus proprietários de terras emitem as primeiras ordens e portarias destinadas a regulamentar o consumo de madeira e a proteger seus interesses de caça. Tais documentos e as práticas que deles decorrem representam o nascimento do que hoje se denomina ciência florestal. Iniciadas no século XVIII e surpreendentemente atuais, estas práticas exigirão, mais adiante, um amparo teórico, abrindo-se o caminho para o ensino, a pesquisa e as primeiras publicações, em especial na Áustria e Alemanha, países com larga tradição neste campo do conhecimento, hoje reconhecido por todos como de grande relevância para a humanidade.*



## **Trajatória do uso das florestas**

Há aproximadamente 9.000 anos, portanto ainda no Mesolítico, verificou-se uma expressiva mudança social na Europa. Os coletores e caçadores nômades da antiguidade transformaram-se em agricultores e criadores de animais, passaram a construir cabanas e povoações, e tornaram-se sedentários. A atividade agrícola induziu a uma maior divisão do trabalho entre os membros da sociedade, à propriedade privada, ao comércio e, finalmente, a uma grande concentração populacional. Foi a chamada “Revolução Neolítica”, que se estendeu por aproximadamente 2.000 anos e representou uma das mais importantes modificações culturais da humanidade, sendo concluída por volta de 5.000 anos antes de Cristo.

A floresta que, por suas amoras, fungos, frutas e caça, era importante fonte de alimento para os caçadores nômades, foi transformada em solo para cultivo através de queimadas. Adubado com as cinzas destas queimadas, o solo produzia abundantes colheitas de grãos por períodos que variavam de um a três anos. Quando as áreas desnudas, já inférteis, eram abandonadas, buscavam-se novas áreas florestais para ocupação. Em poucos anos reaparecia a vegetação arbórea nas zonas abandonadas, agora composta por espécies pioneiras como bétulas e salgueiros. Foi assim que o homem passou a influenciar permanentemente a floresta, pois era preciso ampliar as terras destinadas aos cultivos agrícolas. No período de 900 a 1900, a área florestal da Europa Central foi reduzida para menos da metade. A luta contra a floresta se estendeu por milênios. As queimadas para obtenção de novos locais para cultivo, na Áustria, por exemplo, ainda eram praticadas durante o século XV, ou seja, até o final da Idade Média.

A destruição das florestas, segundo opinião da época, não representava, de forma nenhuma, agressão à natureza. Ao contrário, considerava-se um ato cultural e progressista a transformação de áreas cobertas com florestas em solo agrícola fértil. Mosteiros e fundações, muitas vezes construídos em locais ermos, rodeados de florestas, não somente eram portadores de cultura mas, igualmente, pioneiros no desbravamento.

Com o domínio da agricultura e da criação de gado, o homem encontrava-se em condições de produzir seu próprio alimento mas, simultaneamente, era obrigado a manter estoques de sementes para serem usados no plantio, na primavera seguinte. Logo, havia necessidade de trabalhar sustentadamente, já há 7.000 anos atrás. A sustentabilidade, portanto, não é um conceito exclusivo da ciência florestal, como se propaga hoje em alguns círculos acadêmicos.

Dada a produção ilimitada de alimentos, seja em frutos da terra, seja em carnes, tornou-se possível o crescimento populacional, fato que redundou na formação de maiores concentrações

de pessoas e, finalmente, no surgimento de cidades. A concentração de pessoas, entretanto, propiciou o aparecimento e a disseminação de epidemias. Com isto a taxa de mortalidade nos centros urbanos era sempre maior que a da natalidade, de tal modo que as cidades se mantinham pela migração de pessoas do campo. Estes poucos eventos já mostram claramente como a Revolução Neolítica modificou profundamente toda a cultura e a forma de vida do homem.

O primeiro período de uso da floresta pelos caçadores e catadores nômades chegou ao final devido ao sedentarismo do homem. O segundo período estendeu-se até quase o final da Idade Média. Toda a madeira necessária para a construção de casas e instalações para animais, fabricação de instrumentos, armas, móveis e combustível era disponibilizada pela floresta. A floresta era igualmente o local de manutenção e pastoreio de animais domésticos: os porcos, por exemplo, eram engordados no outono com sementes de carvalhos e faias. Assim, a ação humana sobre a floresta é perceptível desde o Neolítico.

Com o florescimento da mineração, a partir do século XIII, inicia-se um terceiro período – que só se encerra com a Revolução Industrial – de luta não mais contra, mas a favor da floresta, pois a madeira era indispensável para a obtenção de sal, ferro e outros metais, como também para a manufatura de diversos produtos minerais. Na Áustria, a Revolução Industrial teve início a partir da metade do século XIX quando, devido à construção de estradas de ferro, tornou-se possível o transporte de carvão mineral para as empresas e para as cidades. A madeira perdia continuamente sua importância como combustível, passando a ser procurada mais como matéria-prima para transformação e material para construção.

Atualmente a visão sobre a floresta encontra-se novamente em fase de transição, ingressando num quarto período. As suas funções indiretas ocupam, cada vez mais, o primeiro plano. O modelo que priorizava a produção florestal é substituído por outro que apregoa a proteção e a preservação. Esta mudança, consequência da tecnificação, quando comparada às mudanças anteriores, ocorre com enorme velocidade, pois a consciência ecológica da população exerce grande influência sobre as instâncias de decisões.<sup>1</sup>

### **Ordens e portarias florestais: surgimento e significado**

Com o aumento da importância da mineração e o consequente aumento da demanda de madeira, o homem viu-se, pela primeira vez, confrontado com o fato de que as florestas não eram inesgotáveis e sua exploração possuía limites. Tal situação obrigava-o a trabalhar com os recursos disponíveis e a preocu-

<sup>1</sup> KILLIAN, Herbert. Notas de aulas de História Florestal, ministradas para o Curso de Engenharia Florestal e da Madeira da Universidade Rural de Viena.

<sup>2</sup> Antes do século XIX, quando inexistia a estrutura estatal de hoje, as ordens e portarias eram editadas pelos proprietários das terras e tinham força de lei para as pessoas que moravam em suas propriedades.

<sup>3</sup> GAILBERG, Bettina. Die Bestrafung von Wald- und Jagdexzessen auf Herrschaft Murau im 18. und 19. Jahrhundert. Diplomarbeit am Institut für forstliche Betriebswirtschaft und Forstpolitik, Fachbereich Forstgeschichte, der Universität für Bodenkultur Wien, Wien 1995.

<sup>4</sup> Maria Theresia, imperatriz austríaca, uma das figuras mais ilustres da história do País. Reinou de 1740 a 1780.

<sup>5</sup> PANOVSKY, Sigrid. Das forstliche Wissen im Spiegel der Waldordnungen für Wien und Niederösterreich vom 16.-19. Jahrhundert. Diplomarbeit am Institut für forstliche Betriebswirtschaft und Forstpolitik, Fachbereich Forstgeschichte, der Universität für Bodenkultur Wien, Wien 1996, Seite 49.

par-se com sua manutenção. O temor da “fome de madeira” acompanhou a humanidade por muitos séculos e levou os nobres (proprietários de terras) a emitirem “ordens e portarias” para regulamentar o consumo de madeira.<sup>2</sup> Desta forma, surgiram as primeiras portarias florestais e de mineração, seguidas mais tarde por “patentes”, “circulares” e outros tipos de regulamentação que representam a hora do nascimento da ciência florestal.

Entretanto, antes mesmo de regulamentar o uso das florestas para as empresas de mineração e para as salinas, a nobreza já havia iniciado tal controle visando seus interesses de caça. As primeiras portarias de caça surgiram no século IX. No que se refere às florestas, tais portarias continham principalmente proibições de retirada de madeira em determinadas épocas do ano. Motivo: a prática da caça que, há séculos, possuía grande importância para os nobres proprietários rurais, não deveria ser perturbada ou impedida, sob hipótese alguma. Como mostra pesquisa sobre o tema, até o século XVIII, o roubo de caça era punido muito mais severamente do que os danos causados à floresta.<sup>3</sup>

As primeiras ordens florestais e de mineração foram promulgadas no século XIII e tinham validade em geral limitada a determinadas minerações e/ou regiões; mais tarde, complementadas por inúmeras portarias, foram estendidas a Estados da Monarquia. Tais ordens regionais foram abolidas somente quando da promulgação da *Lei Florestal Real* de 1852, válida para toda a metade austríaca da Monarquia Áustro-Húngara.

O sentido e o objetivo dessas ordens foram formulados claramente em um preâmbulo de Maria Teresa<sup>4</sup> para a ordem florestal de 1766, válida para a Áustria acima e abaixo do Rio Enns. Nesse preâmbulo, lê-se que “as florestas são em parte manejadas de forma incorreta, técnica e economicamente, em parte até mesmo devastadas, transformadas em vinhedos, lavouros e campos, e, para a obtenção de maior lucro, são muitas vezes exploradas excessivamente, sem qualquer cuidado com sua regeneração”. No caso de não se adotar “um ordenamento adequado, como o praticado em florestas com bom manejo e com vistas a promover a regeneração, deverá ocorrer, com o tempo, uma falta generalizada de madeira sobre todo o território”<sup>5</sup>.

Como então se providenciou o combate a este déficit de madeira tão ameaçador? Inicialmente, procurando-se estimar o estoque existente, o que era feito através de cavalgadas florestais. Os levantamentos duravam de alguns dias até vários anos, na dependência da área que cobriam. O levantamento geral, promovido por ordem de Maria Teresa, levou mais de 11 anos para ser concluído e o resultado, apresentado em 29 grossos volumes, foi utilizado para elaborar as ordens florestais. A temida falta de madeira devia ser evitada e é espantosa a atualidade dos temas florestais discutidos, já naquela época.



### *Marcação de divisas*

Como primeira medida foram verificados os limites florestais e a área de florestas. Estimaram-se ainda as formas de propriedade, os possuidores de direitos e a magnitude destes direitos.

### *Ordenamento espacial*

Uma possibilidade de maior renda, geralmente usada pelos agricultores, era a de construir novas casas para si e alugar a moradia anterior, ou então construir novas cabanas para o pastoreio. Esta atividade aumentava o consumo de madeira e foi proibida. Mais tarde, sobretudo sob Maria Teresa, foi estabelecida distinção entre florestas para uso agrícola temporário e florestas para a produção exclusiva de madeira. A instalação de fábricas de calcáreo e de olarias, devido ao grande consumo de madeiras, requeria licença especial. A destruição da regeneração natural (roçadas) para aumento dos campos era punida severamente. Nota-se que nestes parágrafos já estão contidos os princípios para o ordenamento espacial no sentido moderno.

### *Silvicultura*

A manutenção de árvores porta-sementes em áreas de corte raso era obrigatória; restos de derrubada, assim como madeiras secas ou arrancadas pelo vento, deveriam ser retiradas rapidamente da área para não prejudicar a regeneração. O arraste e o transporte deveria ser feito com cuidado e sem prejuízo ao povoamento. Desde Maria Teresa, o uso de serra passou a ser obrigatório por dois motivos: primeiro, porque no corte das toras com machado se perdia 1/6 da massa de madeira; e segundo, porque a permanência de cavacos no solo impedia a germinação de novas plantas. Árvores frutíferas e euxilóforas como carvalho, faia, acer e larix, entre outras, eram protegidas: proibiam-se cortes e danos. Era obrigatória a instalação de viveiros e o reflorestamento das áreas exploradas, através de sementeira. Para o reflorestamento, o pessoal florestal tinha como obrigação a coleta de sementes, além da coleta e transferência de parte da regeneração natural para as áreas exploradas.

### *Usos secundários (bens indiretos)*

As queimadas, visando ganho temporário de terras para cultivo agrícola, eram muito difundidas nas regiões montanhosas. Devido à queima de sementes e da regeneração, aos danos às cascas e galhos em árvores remanescentes e à freqüente invasão dos povoamentos vizinhos pelo fogo, este tipo de atividade rural foi totalmente proibido pela portaria de 1766 na Alta e Baixa Áustria, mas praticada na Estíria até 1960. Era igualmente proibido o pastoreio em áreas florestais recentemente exploradas. O

pastoreio de cabritas, animais especialmente danosos à regeneração, só era permitido para poucos “funcionários públicos”; do contrário, totalmente vedado em qualquer estação do ano. O corte de gramas, devido aos prejuízos para a regeneração, também era proibido. A retirada da serapilheira, para evitar danos às raízes, só podia ser realizada com ancinhos de madeira. A retirada de “prova” (uma lasca de madeira) de árvores vivas, para verificar sua aptidão para tabuinhas de cobertura, foi totalmente impedida. A poda e o corte de galhos para preparação de forragem e forração (cama) para animais eram permitidos, apesar de bastante limitados: havia obrigatoriedade de manter, pelo menos, seis pontos de inserção de galhos nos troncos. A permissão para explorar resinas, especialmente a execução de furos em *Larix*, só era concedida para determinados empresários.

### *Proteção florestal*

Aos operários florestais não se permitia fumar ou fazer fogueiras em florestas. Por falta de cuidado, com frequência, ocorriam incêndios causadores de grandes danos. Os conhecimentos a respeito de pragas florestais eram admiráveis: embora as descrições fossem imprecisas até a metade do século XVIII, no início do século XIX algumas portarias continham informações detalhadas a respeito da biologia, perigos, danos e formas de combate das pragas. Em especial, o “besouro de casca” era bastante pesquisado e as medidas de higiene florestal, aconselhadas à época, correspondem aos princípios de hoje.

### *Formação Florestal*

Em 1756, muito antes da fundação da primeira escola florestal, foi publicada uma “instrução” para candidatos ao posto de “caçador florestal”<sup>6</sup> como também para os “cavaleiros florestais intimamente ligados à caça”<sup>7</sup>. Em 56 perguntas e respostas abrangentes, estava listado o conhecimento sobre caça e floresta existentes na época. Dois anos antes, em “portaria para madeira e floresta” destinada a Bohemia, encontram-se instruções detalhadas sobre “como as florestas podem ser conduzidas, melhor implantadas, multiplicadas e conservadas”<sup>8</sup>.

Grandes proprietários florestais, entre os quais Fundações e Mosteiros, também promulgaram diversas “ordens e portarias florestais”, para suas respectivas áreas de domínio. Nelas, assim como nos “indicadores” que desde a antiguidade regulamentavam o uso das florestas comunitárias, eram tratados temas semelhantes aos apresentados anteriormente. Como a literatura florestal só aparece na Áustria, na primeira metade do século passado, e na Alemanha uns 100 anos antes, as antigas ordens e portarias são as fontes de consulta mais importantes, através das quais se pode aprender a respeito do conhecimento florestal dos séculos passados.

<sup>6</sup> Holzgerechte Jäger: nome antigo dado aos empregados dos donos de grandes áreas, que cuidavam da caça e também do corte de madeira.

<sup>7</sup> Os cavaleiros florestais eram responsáveis pela execução do levantamento de florestas.

<sup>8</sup> KILLIAN, Herbert. Das österreichische Forstwesen im Spiegel alter Gesetze und Verordnungen (13.-19. Jahrhundert): *Schriftenreihe des Instituts für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft der Universität für Bodenkultur. Wien*, Band 40, Wien 2000.

## A formação de silvicultores

O ensino florestal teve início na Alemanha, quando Hans Diether von Zanthier fundou a primeira escola para mestres florestais em Wernigerode. Em 1772 a escola foi transferida para Ilsenburg e fechada em 1778, após a morte de seu fundador. Pouco mais tarde, em 1780, o silvicultor Hase abriu uma escola para mestres florestais em Harz, próximo a Lauterberg.<sup>9</sup> Na época, o ensino baseava-se fundamentalmente na experiência prática. Cada mestre florestal formava seu próprio sucessor, da mesma maneira como ele próprio havia sido formado por seu antecessor. Os conhecimentos teóricos e práticos eram transmitidos em aulas particulares. Foi assim que surgiram, na segunda metade do século XVIII as primeiras “Escolas para Mestres”. Naturalmente, à época, a caça ainda ocupava o primeiro plano. Por isto, após um aprendizado de dois ou três anos, o candidato recebia a licença de “caçador ambulante”.

As escolas para mestres, fundadas por grandes proprietários florestais, serviam à formação de sua própria sucessão. Eram ligadas ao seu “mestre” e se este adoecesse ou morresse encerravam-se as aulas.

A primeira escola para mestres florestais na Áustria foi fundada por Ignaz Johann Ehrenwerth, na Bohemia, em Erzgebirge, no ano de 1773. Seu fundador atuava como administrador nos domínios da casa Rothenhaus do conde Rottenhan. Ehrenwerth ministrava aulas anualmente para grupos de 20 a 30 alunos no castelo de caça, em Platten perto de Komotau. Para lá se dirigiam não somente aprendizes da Bohemia, mas de toda a Monarquia austríaca e até da Alemanha. Ehrenwerth era um ótimo manejador florestal e seu método sobre “Estimativa de florestas e seu seccionamento em derrubadas sempre renováveis” foi utilizado em toda a Monarquia e até mesmo Frederico, o Grande, introduziu este sistema no Reino da Prússia. Na fundamentação do método estava implícita, sem dúvida, a idéia da sustentabilidade. Entretanto, mais tarde, o método foi duramente combatido, “porque aqui, como em outras terras ele não era praticável, agredia muito os interesses da época e, sob pressão de muitas catástrofes naturais, tinha que fracassar”<sup>10</sup>. Quando Ehrenwerth, em 1791, deixou a propriedade de Henrique, Conde de Rottenhan, e, em razão de seu excelente desempenho, foi contratado pelo Estado, a escola fechou seus portões após 18 anos de existência.

Pouco mais tarde, outros grandes proprietários florestais e também as instituições estatais seguiram o exemplo e, por volta de 1800, fundaram escolas para mestres em seus domínios, como o príncipe Josef zu Schwarzenberg em Goldenkron, próximo a Krumau, na Bohemia, ou o príncipe de Lichtenstein, em Mähren.

<sup>9</sup> KILLIAN, Herbert. Mariabrunner Trilogie, Teil II. Die Forstlehranstalt und Forstakademie Mariabrunn. Band 1, geschichtliche Entwicklung (1813-1875). *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien*, Heft 79, Wien 1968, Seite 1, 3 u. ff.

<sup>10</sup> KILLIAN, Herbert. *Österreichisches Forstbibliographisches Lexikon. Leben und Werke forstlicher Personalitäten aus vier Jahrhunderten (1571-1990)*, Band 6, Wien 1999, Seite 86.



Também em Eisenstadt, na época situada na Hungria, na propriedade do príncipe Esterhazy, em 1804, e, em 1805, na fazenda Gratzen do conde Johann von Bouquoy, na Bohemia. No mesmo ano, em Pukersdorf, próximo a Viena, surge uma escola para mestres florestais que objetivava a formação de sucessores para administrar os bosques de Viena.<sup>11</sup> Na seqüência foram criadas inúmeras outras escolas, em diferentes níveis, especialmente na Alemanha e Áustria.<sup>12</sup>

Ao lado das escolas privadas para mestres, o ensino florestal era também desenvolvido em instituições públicas, como na primeira escola florestal pública da Alemanha, fundada em 1770, em Berlim, sob o reinado de Frederico, o Grande. Da mesma forma, na Academia Militar, igualmente fundada em 1770, pelo Duque Karl Eugen von Württemberg, no castelo Solitude, em Hohenheim, foram ministradas aulas florestais desde 1772. É interessante observar que no século XVII e ainda no século XIX, o ensino florestal não raro estava ligado a instituições militares ou, como se pode constatar mais tarde, encontrava-se sob a direção de militares. Por exemplo, a escola florestal de nível médio em Kiel (1785), fundada para a corporação de infantaria dinamarquesa<sup>13</sup>, ou aquela de Hannover (1821-1849), ligada à corporação em Klaustal. Além disso, na Prússia havia previsão de aulas florestais para todos os batalhões de infantaria. Também em São Petersburgo, na Rússia, foi aberta a chamada “Forstmeister-Classe im See-Cadettencorps”, na qual se ensinavam assuntos florestais a um grupo especial de cadetes<sup>14</sup> até que, em 1803, fosse criado o Instituto Florestal Imperial.

Algumas escolas para mestres florestais foram, posteriormente, transformadas em escolas de nível médio ou escolas públicas de nível superior, fato que dificulta um tratamento mais abrangente do tema. Entretanto, estas estreitas ligações de origem histórica não se deram apenas com as instituições militares, mas também com a área de mineração, pois “sem madeira, nada de ferro, nada de metais nobres e nada de ouro branco (sal)”. A estreita e indissolúvel ligação entre mineração e atividade florestal, permite compreender porque nas academias de mineração, desde cedo, ministrava-se o ensino florestal. Assim o foi, por exemplo, na academia de mineração, criada em Berlim por Frederico, o Grande, em 1770. Na cidade de Schemnitz<sup>15</sup>, na Hungria, existia uma escola de mineração que foi elevada à condição de academia de mineração em 1770, por Maria Teresa. No documento lê-se: “Entretanto deve-se pensar cuidadosamente em aulas de silvicultura, pois que esta cultura é absolutamente necessária à mineração”<sup>16</sup>. Tal orientação, contudo, só foi seguida parcialmente pelas disciplinas gerais sobre florestas; somente no terceiro ano eram ministradas matérias aplicadas, como economia florestal. Em

<sup>11</sup>H A F N E R, F r a n z : TRZESNIOWSKI, Anton. Lehr-und Forschungsstellen. *Österreichs Wald. Vom Urwald zur Waldwirtschaft*, Wien 1994, Seite 395-398.

<sup>12</sup>*Meyers Grosses Konversations-Lexikon*, 6. Auflage, Band 6. Leipzig-Wien 1904.

<sup>13</sup>Na época, o norte da Alemanha, onde se localiza a cidade de Kiel, fazia parte da Dinamarca. Somente em 1866 passou para a Prússia (hoje Alemanha).

<sup>14</sup>*Allgemeine Oesterreichische Zeitschrift für den Landwirth, Forstmann und Gärtner*. Nr. 40, Wien 5.10.1829. Rubik 797.

<sup>15</sup>A cidade de Schemnitz fica na atual Eslováquia, numa região tradicional de mineração. Na época, porém, toda a Eslováquia fazia parte do reinado da Hungria. A região, por sua vez, era habitada por alemães, assim que o ensino nesta escola de mineração era ministrado em alemão. Aulas em alemão, num estado eslavo, dentro do reino húngaro...

<sup>16</sup>HAFNER, Franz. Die erste akademische forstliche Lehranstalt des Kaiserreiches Österreich war in Schemnitz. *Zentrblatt für das gesamte Forstwesen*, Wien 1980, Heft 4, Seite 194.

1807 decidiu-se implantar um instituto público e uma cátedra própria para clientes de nível superior e para o desenvolvimento sistemático da ciência florestal. Juntamente com outros professores famosos, atuou nesta academia, por muitos anos, o renomado professor Rudolf Feistmantel, que escreveu uma obra didática em três volumes. Com a nova constituição de 1867, que separou a Áustria da Hungria, esta instituição de ensino passou a ser apenas húngara.

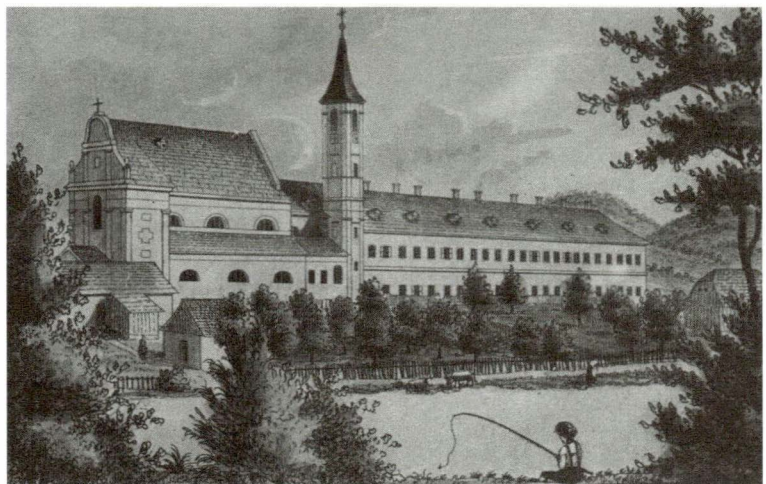
Com a fundação de associações florestais, por volta da metade do século XIX, surgiram na Áustria numerosas escolas de silvicultura de diferentes níveis que, entretanto, tiveram curta existência.

A primeira escola superior de ensino florestal da Europa foi fundada na Rússia, no ano de 1803, em São Petersburgo. A Academia Técnica Florestal de Kirow, na qual lecionavam principalmente alemães, foi a mais antiga academia estatal da Europa e talvez de todo o mundo. Na Alemanha e em outros países, em poucos decênios, foram fundadas uma série de escolas superiores de florestas, em parte ligadas às Escolas Superiores de Agronomia ou de Mineração, em parte ligadas às Escolas Técnicas Superiores e às Universidades.

### O ensino científico florestal na Áustria

Na lista das instituições de ensino, a Áustria, logo após a Rússia, ocupa a segunda posição na Europa, com a fundação da Escola Florestal Mariabrunn, em 1813.<sup>17</sup> Na segunda metade do século XIX, foram fundadas, pela iniciativa privada, diversas outras escolas florestais de nível secundário.

<sup>17</sup>Mariabrunn: mosteiro localizado na parte ocidental de Viena, fechado em torno de 1790. O Imperador Josef II, filho de Maria Teresa, fechou todos os mosteiros que “não tinham utilidade” isto é, não abrigavam escolas, hospitais, etc.



Escola Florestal Mariabrunn, Áustria (aquarela de 1820).

O Instituto Mariabrunn, cujo surgimento se relaciona com a fundação, em 1805, da Escola de Mestres Florestais, em Pukersdorf, representa até o momento de sua junção com a Universidade Rural de Viena, em 1875, o mais alto grau de ensino na Áustria. Inicialmente o tempo de estudo era de dois anos para o nível inferior (técnico florestal) e de três anos para funcionários florestais, mas foi reduzido mais tarde a dois anos para todos e, quando de sua transformação em academia, em 1867, novamente elevado para três anos, devido ao aumento das exigências científicas. Em 1814, um ano após sua fundação, a esta escola foi destinada uma área dos bosques de Viena para estudos e, em 1823, organizou-se um grande jardim botânico florestal, com um Arboretum. A escola, montada no antigo mosteiro, encontrava-se a três horas de caminhada de Viena, sendo, por isto, conduzida como internato. Hoje, Mariabrunn pertence ao 14º distrito da capital austríaca.

Digno de nota é que esta intuição de ensino, por 40 anos (de 1827 a 1867), portanto até sua transformação em academia, foi dirigida por militares. Os diretores, como também alguns professores, eram oficiais aposentados do exército austríaco. Neste aspecto percebe-se a semelhança com a situação alemã. Um outro aspecto histórico se refere à administração superior. Desde sua fundação até a revolução de 1848<sup>18</sup>, esta escola estava ligada à Administração Estadual. Em 1849, foi transferida para o Ministério da Agricultura, Moeda e Mineração, dissolvido quatro anos mais tarde. A instituição passou então para o Ministério das Finanças, responsável pela administração de todas as Florestas Nacionais. Em seguida, a transferência mostrou-se equivocada, sendo corrigida somente depois do “affaire dos bosques de Viena”.<sup>19</sup> A Academia, em 1868, e as Florestas Nacionais, em 1872, passaram para o recém-criado (1867) Ministério da Agricultura, hoje Ministério da Agricultura e Florestas.

Na Academia Florestal Mariabrunn trabalharam importantes personalidades científicas como Wilhelm Exner, Josef Schlesinger, Josef Böhm e Arthur Freiherr von Seckendorff-Gudent. Os quatro professores citados, após a dissolução da academia em 1875, foram incorporados ao colegiado da Escola Superior de Agricultura de Viena (hoje Universidade Rural de Viena).

A Escola Superior de Agricultura foi fundada em 1872 com uma única Faculdade, na época chamada de Seção. Em seguida, a academia foi anexada à Escola Superior, como uma segunda Seção, o que permitiu ao ensino florestal alcançar seu mais alto nível científico.<sup>20</sup> Quando o tempo de estudo, em 1905, passou para quatro anos, a Escola Superior teve reconhecido o direito de formação de Doutores (Doctor rerum naturalium technicarum – Dr. nat. tech.). Em 1917, passou-se a conceder aos formados o título de engenheiro (Ing.) e, a partir de 1938, para equiparação com as leis da Alemanha, o título de Engenheiro Diplomado (Dipl.–Ing.).<sup>21</sup>

<sup>18</sup> A revolução de 1848 atingiu todos os países europeus. Foi um levante principalmente da burguesia contra o regime aristocrata antigo, que fez com que surgissem novas constituições, tirando o poder da nobreza.

<sup>19</sup> O Wienerwald-affaire foi um escândalo de nepotismo e especulação. Um comerciante judeu queria derrubar todos os bosques de Viena, pretensão impedida por um engenheiro florestal da região, de nome Schöffel. Era uma época de liberalismo desenfreado, durante a qual algumas pessoas enriqueceram muito.

<sup>20</sup> KILLIAN, Herbert. *Mariabrunner Trilogie, Teil II. Die Forstlehranstalt und Forstakademie Mariabrunn. Band I, geschichtliche Entwicklung (1813-1875). Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien*, Heft 79, Wien 1968, Seite 1, 3 u. ff.

<sup>21</sup> KILLIAN, Herbert. *Österreichisches Forstbibliographisches Lexikon. Leben und Werke forstlicher Persönlichkeiten aus vier Jahrhunderten. (1571-1981) Band 1*, Wien 1983, Seite 157.





Vista do prédio da reitoria da Universidade Rural de Viena, no início do século XX.

## As publicações florestais na Áustria

Devido à deficiência de livros didáticos, alguns professores da instituição florestal Mariabrunn decidiram elaborar publicações com esta finalidade. Johann Anton Schmitt, um silvicultor nascido na Alemanha, publicou, em 1808, *O aprendizado da produção artificial de madeira através do plantio* e, em 1810, *Fundamentos para a exploração florestal*. Georg Winkler, um antigo oficial da artilharia e professor de matemática, é o autor das obras *Descrição de um dendrômetro para a determinação exata do volume das árvores* (1812) e *Manual da arte do cálculo e álgebra para uso nas academias florestais* (1813). O conhecido botânico Franz Höss, por sua vez, publicou, em 1830, *Introdução geral para o reconhecimento de plantas e ervas da Áustria através das folhas* e, em 1831, *Monografia sobre o aspecto botânico e florestal de Pinus austriaca*. É do mesmo autor a *Descrição dos principais insetos florestais e os melhores meios para sua proteção e eliminação* editada em 1835. O volume de apenas 77 páginas permite inferir sobre o conhecimento da época a este respeito. Gottlieb Zötl, assistente na instituição florestal, escreveu, em 1831, um trabalho científico com o título *Manual para trabalhos florestais nas montanhas, para... silvicultura, mineração, construções hídricas, de cabanas e de estradas, e para funcionários políticos, líderes comunitários, proprietários florestais, etc.* O livro, notável não apenas em razão de seu título, que expressa as ligações da ciência florestal com outros ramos do conhecimento, mas também por ser o pioneiro sobre a atividade florestal nas montanhas,

<sup>22</sup> KILLIAN, Herbert. Der Kampf gegen Wildbäche und Lawinen im Spannungsfeld von Zentralismus und Föderalismus. *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien*, Heft 164/I, Wien 1990, Seite 39, 44, 62.

<sup>23</sup> KILLIAN, Herbert. Der Kampf gegen Wildbäche und Lawinen im Spannungsfeld von Zentralismus und Föderalismus. *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien*, Heft 164/I, Wien 1990, Seite 39, 44, 62.

<sup>24</sup> Assim foram chamados os últimos anos do período compreendido entre o Congresso de Viena, que, em 1815, passou a regular a Europa pós-napoleônica, e a revolução de março de 1848.

<sup>25</sup> Governo repressivo instalado durante o período do “Vormärz”, quando o chanceler Metternich era o símbolo de agentes policiais. A repressão manifestava-se contra os críticos da situação política concentradora do poder nas mãos das antigas elites. Tal procedimento não evitou a revolução de 1848. Metternich foi para o exílio. A revolução trouxe liberdade para os agricultores, livrando-os do pagamento de impostos aos responsáveis regionais pela administração pública.

<sup>26</sup> KILLIAN, Herbert. Die Entwicklung des “Forstlichen Blätterwaldes” in Österreich. *Österreichische Forstzeitung*, Wien 1989, Nr. 12, Seite 15-16.

é ainda um dos primeiros trabalhos científicos da Áustria. Zötl critica agudamente as deficiências do ensino florestal em Mariabrunn, pois os estudantes eram formados para atividades florestais em regiões planas e não para regiões montanhosas.<sup>22</sup> Não se pode deixar de mencionar ainda a obra, em três volumes, do conhecido Rudolf Feistmantel *A ciência florestal geral, com ênfase aos estados austríacos (1835-1837)*. À época da publicação, Feistmantel era professor da Academia de Mineração em Schemnitz.

A atividade científica na área de controle de torrentes e avalanches já havia começado alguns anos antes com os trabalhos de Georg Freiherr von Aretin – *Sobre desabamentos e os meios de evitá-los ou pelo menos de reduzir seus danos (1808)*<sup>23</sup> – e de Joseph Duile – *Sobre o manejo de torrentes em áreas montanhosas (1826)*. Ambos, entretanto, não eram técnicos da área florestal, mas diretores de construções hídricas e de estradas. Aretin, por sinal, era do Serviço Estadual da Baviera e, durante a ocupação francesa, viera para o Tirol.

Quanto às revistas florestais, a primeira surgiu em Praga sob o título *Assuntos da área florestal e de caça*. A ligação entre a área florestal e a caça é típica para o período do “Vormärz”<sup>24</sup> e pode ser verificada em todos os seis periódicos da época e também nas publicações feitas por particulares que, paralelamente à administração de suas empresas, se comprometeram com a função de transmitir experiências florestais.

O período da dominação de Metternich<sup>25</sup> foi menos favorável ao desenvolvimento de publicações florestais. É característico deste período, que se encontrasse no mercado quase sempre uma única revista e que a duração dos periódicos fosse bastante curta. A mais longa foi de apenas nove anos. Entretanto, a revolução de março de 1848 introduziu também na área florestal uma nova fase. Pela primeira vez chegou-se à formação de associações florestais e, com isto, ao aumento das publicações. Passaram a existir então de 7 a 10 periódicos simultaneamente, com tempo de duração de 35 a 40 anos. Do total de 31 periódicos impressos regularmente na Monarquia, abrangendo os atuais países da Áustria, República Tcheca, Eslováquia, Hungria, Eslovênia, Croácia, Bósnia e partes da Polônia, Ucrânia, Romênia e norte da Itália, apenas 11 sobreviveram à queda do Reino Imperial. Antes da primeira guerra mundial existiam 13 periódicos; hoje são 11, dois dos quais fundados há mais de cem anos<sup>26</sup>.

## A pesquisa florestal na Áustria

Os primórdios da pesquisa sobre florestas devem ser procurados em Mariabrunn, a primeira escola florestal estatal da Áustria, na qual não somente foram instalados os primeiros experi-

mentos, como também teve início a investigação científica. Deve-se citar aqui a pesquisa sobre *Pinus* branco e *Pinus* negro, conduzida por Franz Höss entre 1830-1892 na área de Wiener Neustadt, que foi publicada em livro ricamente ilustrado sobre *Pinus nigra* (Arnald) var. *austriaca* (Hoess), conforme referência anterior. De 1834 a 1835, Leopold Grabner conduziu experimentos sobre a influência da lua e o período mais favorável para a colheita de madeira para combustível, construção hidráulica e civil, sem contudo ter chegado a um resultado preciso.

Quando o conhecido silvicultor alemão Franz von Baur, no ano de 1868, fez uma convocação para discutir a formação de estações florestais experimentais, reuniu-se, em Regensburg, um comitê composto por cinco membros, entre os quais dois professores da Academia Mariabrunn. A primeira estação de pesquisa foi inaugurada na Alemanha, em 1870. Na Áustria, somente dois anos mais tarde. Nesse período uma questão foi longamente discutida: se as estações experimentais deveriam estar ligadas às academias, de forma que os professores pudessem ser, simultaneamente, pesquisadores. Ao final, devido à sobrecarga dos professores, decidiu-se pela separação. Mesmo assim, foi constituído, na academia, um comitê de cinco pessoas, que planejou um experimento – sem obter resultados concretos – sobre métodos de resinagem de *Pinus nigra* na Áustria, tendo como referência o modelo empregado em *Pinus maritima* no litoral da França. Apenas em 1874, quando foi fundada a Direção de Experimentação Florestal, em Viena, e solicitado como diretor o professor Arthur Freiherr – desobrigando-o de suas atividades de ensino – é que se pode falar de pesquisa florestal conduzida de forma planejada.

Em 1875, quando a Academia Florestal foi anexada como Faculdade à Escola Superior de Agricultura de Viena (hoje Universidade Rural de Viena), o antigo mosteiro ficou vazio, ganhando nova vida somente em 1887, quando a Direção de Experimentação Florestal foi transferida para lá. Devido às diversas funções e ao grande aumento de atividades de pesquisa, tornou-se necessária a construção de um novo prédio, erigido no bairro de Viena, acima do Castelo de Schönbrunn. Desde 1957, a Estação Federal de Experimentação Florestal conta com duas grandes construções, fisicamente divididas, mas sob mesma direção.<sup>27</sup>

A pesquisa florestal, porém, não é realizada unicamente na Estação Federal de Experimentação Florestal, mas sobretudo na Faculdade de Florestas da Universidade Rural de Viena. Se um país pequeno, mas ricamente coberto por florestas como a Áustria, comporta duas instituições de pesquisa, é questão que foi e ainda continua sendo muito discutida. O conhecido cientista florestal da Universidade Rural de Viena, Hermann Flatscher, escreve: “Não só é economicamente improdutivo quando duas instituições perseguem o mesmo objetivo e cada uma por si só tem o

<sup>27</sup> KILLIAN, Herbert. Geschichte und Entwicklung des forstlichen Versuchswesen in Österreich. *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien*, Heft 106, Wien 1974, Seite 1-79.



<sup>28</sup> FLATSCHER, Hermann. 150 Jahre forstliche Lehre. *Allgemeine Forstzeitung*, Wien 1957, Nr. 11/12, Seite 150.

<sup>29</sup> POCKBERGER, Josef. Gedanken zur forstlichen Forschung. *Allgemeine Forstzeitung*, Wien 1961, Folge 19/20, Seite 236-237.

**Herbert Killian** é historiador, Ph.D em História Florestal e professor da Universidade Rural de Viena, Áustria.  
Texto traduzido por Miguel A. Durlo.

mesmo escopo, mas também as despesas são desproporcionalmente maiores”.<sup>28</sup> Poucos anos mais tarde outra manifestação expressava pensamento semelhante. Desta feita, entretanto, não por um representante da Universidade, mas pelo então diretor da Estação de Experimentação, o conselheiro Pockberger. Para ele, seguindo o exemplo da Academia de Ciências de Viena, dever-se-ia construir uma ligação entre a pesquisa florestal aplicada e a de base:

*O melhor resultado do trabalho na Estação de Experimentação pode ser esperado quando o ensino e a pesquisa se unirem, se ajudarem e se apoiarem mutuamente, em atividades conjuntas e afins. (...) Isto só pode ser alcançado através do trabalho mais intensivo das instituições de pesquisa, em conjunto com as altas escolas do País. Sua concretização encontra-se na união pessoal profunda entre a Estação de Experimentação e o detentor de uma cátedra em uma escola de excelência.*<sup>29</sup>

O objetivo, segundo Pockberger, poderia ser alcançado através de uma Academia-Florestal. Esta idéia, entretanto, não encontrou eco, embora até hoje existam muitos defensores dela. A divisão entre Estação de Experimentação e Universidade é a realidade. As forças do passado parecem agir muito fortemente, motivo pelo qual a solução desta questão ainda não pode ser visualizada.





*Ciência Florestal* **O valor da biodiversidade**

Ilustração (Fragmento)

*Litografia extraída da Flora Brasiliensis de Carl Friedrich Philip von Martius.*



# DO CÓDIGO FLORESTAL PARA O CÓDIGO DAS BIODIVERSIDADES

*Aziz Nacib Ab'Saber*

*Existem códigos que possuem uma relevância total em relação ao futuro do país. Não se trata, porém, de um futuro aleatório, pensando apenas em função dos viventes de hoje, interessados em transformar os espaços em “mercadorias”, para favorecer alguns em detrimento de todos, as atuais e futuras gerações. Determinados códigos, em suas posturas, têm responsabilidades com o futuro a diferentes profundidades de tempo. É esse exatamente o caso do Código Florestal. Um documento legal elaborado para induzir a um melhor equilíbrio na organização dos espaços herdados da natureza sujeitos às mais esdrúxulas formas de utilização, por ações antrópicas, historicamente cumulativas.*

É fora de dúvida que muitos códigos, de tempos em tempos não muito curtos, possam sofrer revisões para aperfeiçoamentos, adequação à inteligência, respeitando a evolução dos conhecimentos sobre determinados setores. Entre eles: saúde pública; sistema educacional; saneamento básico; proteção de biodiversidades regionais; conciliação entre desenvolvimento e proteção ambiental e ecológica; estratégias corretas para a inserção dos excluídos; exigências para avaliações periódicas sobre o metabolismo urbano de grandes aglomerações do mundo urbano industrial. E, sobretudo, leis obrigatórias, democráticas e funcionantes para a previsão de impactos em projetos que interfiram no ambiente físico, social e ecológico. Posturas que nos são cobradas por todos os grupos esclarecidos do mundo. E que, por outro lado, pela sua inexistência e incorreção nos são assacadas por inimigos potenciais de nossa soberania.

O Código Florestal brasileiro elaborado há quase meio século funcionou como documento legal endereçado ao gerenciamento da organização imposta pelos homens sobre os espaços naturais, herdados de um longo processo geológico, fitogeográfico e biológico. Pela evolução dos conhecimentos científicos, no contexto do fim do século e do milênio, o clássico documento, elaborado pelas elites culturais do passado, carece de adaptações a novas circunstâncias. E, sobretudo, ampliações que o estendam para a prestação de manejo de todas as áreas de biodiversidades regionais do país: Amazônia, Caatingas, Brasil Tropical Atlântico, Cerrados, Planalto das Araucárias e Pradarias Mistadas do Rio Grande do Sul. Sem esquecer, evidentemente, a fachada atlântica inter e subtropical brasileira. Para interferir no Código que possuía aparentemente um endereço para *florestas*, há que se exigir a presença e as opiniões técnicas e científicas de personalidades ilibadas, conhecedoras do país em seu todo. Técnicos e cientistas que estudam as sutilezas e vocações de todas as regiões naturais e tipos de espaços geográficos e econômicos. Evidentemente para elaborar um novo Código Florestal não basta apenas o conhecimento da organização natural dos espaços (domínios morfoclimáticos e fitogeográficos); torna-se imprescindível conhecer em profundidade a realidade dos cenários e defeitos da organização (ou da desorganização), criados pelos homens e pela economia sobre as velhas heranças da natureza.

Convém lembrar que os três códigos, transformados em leis, endereçados à proteção dos recursos naturais, foram editados entre 1965 e 1967, ou sejam: *Código Florestal* (15 de setembro de 1965), *Código de Caça* (3 de janeiro de 1967) e *Código de Pesca* (27 de fevereiro de 1967). Ao que se acrescentaram anotações remissivas da DPRN (Divisão de Proteção de Recursos Naturais), de 5 de janeiro de 1985. E, uma portaria, mais abrangente, editada em 24 de maio de 1985, seguida por uma Resolução

do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), de 18 de setembro de 1985, na qual se estabeleceram definições fisiográfico-fitogeográficas esclarecedoras e detalhadas posturas para proteção de Reservas Ecológicas.

A tarefa de revisar o Código Florestal vigente até o ano 2000, é extremamente delicada e responsável. Para reestruturá-lo com inteligência e racionalidade, em primeiro lugar é necessário dominar o conhecimento de todas as grandes assembléias regionais de ecossistemas, assim como todas as faixas de transição e contato existente entre elas (ecótonos), além de todos os “enclaves” eventuais de vegetação ocorrentes nas áreas de nossos domínios fitogeográficos – “ilhas” de matas do domínio das caatingas; cerrados na Amazônia e no entremeio das matas atlânticas; araucárias nos altos campos da Bocaina e Campos do Jordão/Monte Verde; redutos e mini-redutos de cactáceas no litoral fluminense, nas Coxilhas dos Campos Gaúchos, e setores rochosos de serrarias do Brasil tropical atlântico – entre outras aparentes anomalias, para as quais somente a “Teoria dos Refúgios” foi capaz de oferecer explicações.

Entretanto seria ilusório reconhecer o mapa da vegetação primária, esquecendo o cenário real de uso ou degradação dos espaços ecológicos, tal como eles se encontram no fim do século XX, no território brasileiro. Daí, porque, é absolutamente imprescindível um bom conhecimento do quadro regional vigente de agroecossistemas e ecossistemas urbanos, dispostos em rede no “espaço total” de áreas ou sub-áreas de território.

A proteção ecológica e ambiental das terras baixas florestadas da Amazônia Brasileira, é certamente mais complexa e responsável. Ditar normas para incentivar desenvolvimentos sub-regionais, cruzados com o máximo de florestas-em-pé (vale dizer biodiversidade primária total), é tarefa quase impossível. Indicações genéricas de que é necessário preservar no mínimo 50% das florestas em cada propriedade, sejam elas pequenas, médias, grandes ou muito grandes, é um convite irreparável para engendrar o caos no cenário previsível para a Amazônia do século XXI. Em relação à propriedade de 100 mil a 2 milhões de hectares das imensidões amazônicas, é necessário restringir ao mínimo possível a abertura de clareiras para agropecuária ou manejos de exceção. E, quando essas enormes glebas fundiárias forem parceladas para venda em lotes de 50 a 100 hectares, devem responder legal e contratualmente pelo gerenciamento das mesmas para evitar a desfiguração ecológica e o caos total no uso dos espaços outrora florestados. Restrições específicas devem ser inseridas no Código em reelaboração para evitar a desperenização das clareiras de igarapés, em projetos de rodovias interfluviais, de comprovada interferência negativa para os setores da hidrografia.



As indicações para o Planalto das Araucárias obedecem ligeiramente a somatória das posturas sugeridas para os domínios tropicais do país. Com a diferença fundamental, centrada no fato de que em menos de 60 anos, as atividades madeireiras e a fantástica expansão da agricultura comercial mecanizada, redundaram na eliminação quase total dos antigos bosques subtropicais e suas araucárias emergentes. O modelo de silvicultura adotado para os solos menos férteis, no segundo e terceiro planaltos do Paraná e Santa Catarina, devem pressupor mosaicos de plantações em que se entremeiam atividades agrárias permitidas: plantio direto, pastagens restritas para o gado estabulado, ou atividades horti-granjeiras de garantida comercialização. E, sobretudo, um esforço de reintrodução de espécies nativas (araucárias sobretudo). Fica estabelecido que ao fim do período de aluguel de espaços para o desenvolvimento de plantações homogêneas comerciais, as empresas que utilizam a gleba para a produção de espécies homogêneas, terão que devolvê-las com extensiva liberação de raízes e troncos em um processo ético de devolução de solos preparados para (re)utilização.

Devem ser listados subsídios especiais, viáveis, para a implantação das técnicas de *cultivo direto*, em áreas de solos reconhecidamente inferiores e problemáticos. Para evitar degradações cumulativas irreparáveis deve-se proibir o uso agrícola de escarpas e vertentes de relevo com declividade superior a 20 ou 30%.

No domínio das pradarias mistas, outrora interpenetradas por florestas de galerias e ecossistemas típicos de planícies aluviais, existem considerações especiais baseadas no mosaico de ecossistemas das coxilhas e no estado de predação da cobertura vegetal das planícies de inundação. O fato de a rizicultura gaúcha ter-se estendido pela maior parte das largas planícies e banhados regionais, acarretou uma pronunciada devastação da antiga cobertura vegetal de tais compartimentos do território gaúcho. Razão pela qual deve ser rigorosamente proibida a remoção de florestas beiradeiras de sangas, remanescentes em qualquer setor da Campanha Gaúcha.

A forte erodibilidade dos solos arenosos das coxilhas esculpidas em arenitos Botucatu, na Campanha Sudoeste, obriga a posturas que induzam a uma ocupação agrária dotadas de menor agressividade (erosividade). Aliás, trate-se do Nordeste semi-árido ou das pradarias úmidas do Rio Grande, o reconhecimento de solos frágeis e erodíveis sujeitos a erosividade arrasadora por processos inadequados de manejo, indica que os mesmos devem ser motivos para estratégias indutoras, em qualquer código de vegetação que venha substituir o velho e aplicável Código Florestal, que honrou a geração técnico-científica que o elaborou!

No que concerne ao domínio dos chapadões centrais, recobertos por cerrados extensivos, e dotados de espaçadas dre-

nagens perenes, o rol de posturas específicas vincula-se à proteção das estreitas florestas de galerias biodiversas e às limitações de uso de agrotóxicos desnecessários e encarecedores da produção agrária (custo Brasil). É indispensável, ainda, uma proteção rígida das florestas orográficas biodiversas, existentes em escarpas de cuevas ou nas serrarias fronteiriças. A liberação dos espaços dos cerrados para fins de agricultura comercial mecanizada, deve pressupor limites percentuais e modelos não agressivos à biodiversidade *in situ*. E, uma proteção especial, obrigatória, para as cabeceiras em *dales* (anfiteatros de cabeceiras de florestas de galerias) circundadas por veredas. As posturas genéricas devem especificar, em algum momento, as limitações de uso de adubos químicos ou eventuais agrotóxicos nas bacias ou sub-bacias de rios que conformam o Pantanal Mato-grossense. Sendo que a depressão pantaneira – ela própria – deve receber um tratamento específico e rígido de proteção ambiental induzida.

A inovação introduzida pela técnica do pivô, por meio de canhões d'água, obriga a uma nova proposta de gerenciamento dos setores em que se vem multiplicando o aludido processo de irrigação. Procurando favorecer aos produtores rurais, deve ser explicitado que entre os grandes círculos de irrigação, as interseções dos espaços em atividade restam em pousio, visando proteger parte da biodiversidade natural.

No conjunto dos espaços do domínio das caatingas é aconselhável a defesa radical dos leitos secos de rios e ribeiras, para proteção da qualidade da água represada abaixo das areias, por entre soleiras de rochas duras. Para tanto deve-se proibir totalmente o uso de agrotóxicos e adubos químicos nas culturas de vazantes. Urge, ainda, gerenciar os diferentes espaços sertanejos em relação ao manejo agrícola baseado em produtos químicos para evitar o envenenamento das águas remanescentes nos leitos dos rios intermitentes sazonários. Deve ficar bem definido que em qualquer projeto de transposição de águas que implique eliminação dos espaços tradicionais das vazantes de leitos de rios, seja internalizada a exigência de reformas agrárias para compensar os tradicionais agricultores das vazantes. Há que (re)educar a população ribeirinha de rios e açudes que secam, assim como as autoridades municipais, a fim de que não sejam construídos *decks* para sanitários, nas margens que “cortam”, mesmo porque a defesa quanto a resíduos fecais é o complemento da defesa da poluição por agentes químicos. Fato básico a ser considerado na infra-estrutura sanitária dos núcleos urbanos sertanejos.

Passando das posturas de defesa da sanidade das águas de rios e açudes, para o manejo dos espaços agrários sertanejos, há que reunir diferentes conhecimentos sobre o manejo agropastoril dos sertões, a fim de elaborar posturas adequadas para produzir sem predar ou degradar. Encontrar e elaborar tais posturas para

atender as peculiaridades mais notórias de uso tradicional dos espaços regionais sob o contexto de uma rígida estrutura agrária, não é uma tarefa para observadores distantes e despreparados.

No que respeita às antigas “ilhas” de matas tropicais inseridas em setores locais do domínio sertanejo, é indicada a postura de limitação ou diversificação de culturas extensivas, evitando-se a expansão desmensurada de monoculturas que possam eliminar extensivamente as velhas matas biodiversas dos “brejos” nordestinos. Um cuidado especial deve ser dirigido à expansão exagerada da bananicultura.

Na área dos “agrestes”, totalmente ocupados por pequenas propriedades, há que exigir duas obrigações: proteção da estreita faixa da chamada mata da ribeira, localizada nos diques marginais de córregos e pequenos rios; e, ampliar as cercas vivas das quadras que alternam setores de pecuárias e terrenos agrícolas, constituindo-se na mais importante paisagem agrária popular do país. As mudas de árvores de caatingas arbóreas ou de matas secas, destinadas a triplicar as numerosas cercas vivas, deverão ser fornecidas por hortos municipais, a serem instalados nos próximos 10 anos (2000-2010).

Se é que nas terras do semi-árido brasileiro, as posturas de um código de proteção da natureza implique obrigatoriedade de cuidar da proteção das biodiversidades regionais incluindo um tratamento inteligente sobre os recursos hídricos e o endereço social dos espaços de vazantes, no Brasil Atlântico multiplicam-se as posturas e exigências legais. Nas áreas de “mares de morros”, depenados de suas florestas primárias, por manejos inadequados e inconseqüentes, há que induzir (re)vitalizações dos espaços agrários, à custa de estratégias dinamizadoras, internalizadas nas próprias posturas e exigências legais. Para tanto já existem estudos básicos e propostas consensuais, incluídas no Projeto FLO-RAM (elaborado no Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo).

No que tange às notáveis escarpas tropicais da Serra do Mar, Serra da Mantiqueira, e bordas atlânticas do Planalto Sulbaiano e Borborema Oriental, deve ser indicado um estatuto de proteção integrada e permanente, nos moldes do estatuto do tombamento já aplicados nos Estados de São Paulo e Paraná. Ressalvadas, evidentemente, umas poucas ligações entre Litoral e Planalto (dirigidas para finalidades econômicas, sociais indispensáveis e atividades culturais e de lazer), de reconhecida validade. Mas, nunca para atender os apetites daqueles que se acostumaram a grandes expectativas de lucros com a mercadoria “terra” por construtivismos, tão lucrativos quanto inconseqüentes.

Em muitos casos, as paisagens de exceção, ocorrentes no território brasileiro, possuem sutis variações de ecossistemas, a serem consideradas num Código de Biodiversidade. Nesse senti-



do, enquadram-se os casos dos “pães de açúcar”, inselbergs, mini-refúgios de cactáceas estabelecidas em lajedos e “mares de pedra”, campos com vertentes íngremes de chapadas e escarpas rochosas. Na grande maioria de tais feições geomorfológicas ocorrem coberturas vegetais de gramíneas ou agrupamentos de cactáceas e bromélias. Portanto, além da predominância de fatos geológicos superficiais, existem rupestres-biomas, ou seja, ecossistemas rochosos e localizados, nos quais se inserem fatos bióticos, incluindo refúgios faunísticos locais. Um verdadeiro Código de Biodiversidades deve cuidar de tais ambientes ecológicos, protegendo completamente paisagens de exceção, evitando agressões pelo estabelecimento de pedreiras ou por tinturas ou letreiros propagandísticos. Evidentemente, deve-se dar o máximo de atenção ao Pão de Açúcar (Rio de Janeiro), ao Penedo (Espírito Santo), extensivos aos pontões rochosos, “dedo de Deus”, “pedras tortas”, ocorrentes desde Pancas (Espírito Santo) até a Serra do Mar paranaense. Lajeados de cimeira de serras, como é o caso da Serra do Jardim, com suas características, bromélias e mini-fauna de lagartos, devem ser simplesmente tombados (Valinhos – Vinhedo, São Paulo).

Com base nesses comentários prévios, que envolvem considerações sobre as peculiaridades e exigências da maior parte dos domínios naturais do Brasil (à exceção da Zona Costeira, que merece um código especial de gerenciamento e posturas diferenciais de utilizações), sugere-se que o chamado Código Florestal seja ampliado para um Código de Biodiversidades Regionais e Recursos Hídricos, a ser elaborado por pessoas dignas e competentes, pertencentes à consciência técnica, científica, social, ética e jurídica de um Brasil inteligente e democrático. De uma sociedade que exija que se ouçam as aspirações e expectativas de todos os segmentos de sua pirâmide social, porém induzindo sempre a melhoras na organização do espaço total regional. Visando atender tudo aquilo que for razoável e factível, e aperfeiçoar os estatutos e posturas que se dirigem para um tempo infinito, relacionado à proteção da vida no planeta Terra.

**Aziz Nacib Ab'Saber** é geógrafo, doutor em Geografia e professor visitante do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo.







*Ciência Florestal* **Florestas multifuncionais**



Ilustração

*Vista de uma floresta de Eucalyptus citriodora em Santa Maria, Rio Grande do Sul.  
Fotografia de Paulo Fernando Machado.*

# SILVICULTURA

## Arte e Ciência

*Rudi Arno Seitz*

*Antes mesmo de, no Brasil, a floresta se tornar produtora de madeira de forma sustentada, esta já não é mais sua principal função. Atualmente outros produtos da floresta, como a manutenção da qualidade ambiental, são mais importantes. A função da silvicultura consiste em otimizar os benefícios da floresta, usando técnicas racionais. Mas, para tanto, são necessários conhecimentos indisponíveis no momento. O elevado grau de sofisticação técnica encontrado na produção de mudas ou na colheita da madeira de povoamentos plantados não significa que a silvicultura brasileira esteja em estágio avançado. O manejo silvicultural, além de conhecimentos básicos de biologia, física e química, necessita de senso crítico e, principalmente, da percepção de que nem todos os processos na natureza podem ser esquematizados e ordenados, devendo ser avaliados e interpretados caso a caso.*

## **Antigamente a silvicultura produzia madeira. Hoje deve se preocupar em manter a biodiversidade e a qualidade de vida para o homem.**

Assim como *agricultura* é a ciência do trabalho com plantas, para abastecer o homem de alimentos, e posteriormente também de matérias-primas, *silvicultura* é a ciência do trabalho nas florestas, visando produzir principalmente matérias-primas básicas para a humanidade. Nas civilizações mais antigas isto significava produzir madeira para construções, lenha para o aquecimento, e alguns subprodutos, como a casca de carvalhos para extração de tanino ou resinas de coníferas. A caça era uma consequência natural da existência da floresta. Um brinde para quem possuísse grandes extensões florestais. Vem desta época o conceito de madeira como produto primário da floresta.

Nos tempos modernos, as florestas adquirem um valor muito maior. Sua função reguladora do ambiente é amplamente reconhecida, e assim também devem ser as ações que visem aprimorar estas funções. A floresta como habitat de animais que indiretamente interferem de modo positivo na qualidade de vida do homem passa a ser um propósito em si. Muda agora o conceito de produto primário da floresta. A madeira cede lugar a outros valores, tais como:

- garantia do abastecimento de água: as ações silviculturais são orientadas para garantir a qualidade e o suprimento de água dos mananciais. A madeira, se passível de extração, é um produto secundário. Como exemplo, pode ser tomada a Floresta da Tijuca no Rio de Janeiro;
- ambiente para o lazer: neste caso, as ações silviculturais devem ser de baixo impacto visual, pois nada mais deprimente que uma vegetação destruída, com folhas secas e galhos quebrados por todos os lados. O valor da floresta está no prazer das pessoas que a visitam, e pagam para tal. O Parque Nacional do Iguaçu, próximo às quedas do rio Iguaçu, recebe grande número de visitantes, principalmente pela grandiosidade das quedas. Mas a visitação seria com certeza menor, se ao invés da moldura de floresta, tivéssemos uma paisagem concretada e fortemente alterada pelo homem;
- proteção de encostas: no Japão, país com alta densidade populacional e 65% do território de relevo montanhoso, devido às chuvas torrenciais que ocorrem anualmente, desestabilizando as encostas das montanhas, a ocupação do solo com casas ou atividades agrícolas, somente é permitida nas várzeas ou em terrenos com pouca declividade. A floresta ocupa as encostas, e seu manejo deve priorizar a proteção permanente das mesmas. Se for possível colher madeira, ótimo. Mas este não é o produto principal. A proteção é o produto primário.



Em todos estes casos, e em muitos outros, as ações do homem sobre a floresta devem ser norteadas por objetivos previamente estabelecidos, e fundamentadas em conhecimentos básicos da sua dinâmica. Este conjunto de ações, variável de uma floresta para outra, será denominado de *manejo silvicultural* de agora em diante.

### **A situação das florestas brasileiras mostra que estas não são um recurso natural renovável.**

Um erro muito comum é considerar as florestas como um recurso natural renovável. Até hoje, isto não foi alcançado. Se simples fosse, seriam abundantes no Rio Grande do Sul madeiras como o cedro, o pau-marfim, a grápia, a caviúna, e muitas outras mais, outrora presentes em grande quantidade nas matas. A madeira de determinada espécie arbórea, cuja tecnologia de produção é conhecida, se torna sim, renovável. Exemplo clássico poderia ser a bracinga (*Mimosa scabrella*), mas o sistema de produção de madeira desta espécie não é nada natural. E pairam dúvidas por quanto tempo seria sustentável, se mantidas as atuais técnicas culturais. Quando nos conscientizarmos de que a floresta natural não é um recurso natural renovável *per se*, que para isto são necessários conhecimento e investimentos, teremos dado o primeiro passo para realmente entender a dinâmica natural.

No Brasil, o manejo silvicultural praticamente não existe. O que em geral é denominado de silvicultura, não passa do estabelecimento de populações de árvores com a finalidade de produzir madeira. A semelhança entre um povoamento clonal de *Eucalyptus grandis* e uma floresta multifuncional é nula. Nada contra a produção de madeira em larga escala. Assim como ainda necessitamos de extensas lavouras de soja para suprir a demanda alimentar da população, também necessitamos dos plantios homogêneos de árvores para suprir a demanda de matéria-prima. Que seria do sul e sudeste do Brasil sem os povoamentos de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*? Aliás, verifica-se aqui outro contrasenso fantástico. As campanhas para a reciclagem do papel usado são louváveis, mas para acabar com o problema do lixo. Argumentar que *x* toneladas de papel velho salvam uma árvore, mostram apenas o desconhecimento da sociedade sobre a origem deste papel. Claro que árvores são utilizadas para produzir papel, mas no Brasil, todo o papel é produzido a partir de árvores plantadas para esta finalidade específica! Aparentemente, a sociedade brasileira ainda não está devidamente esclarecida sobre a real função dos plantios florestais.

## **Tecnologias avançadas de produção de mudas ou de colheita da madeira não significam avanço da ciência florestal.**

Pensar que o desenvolvimento de rebuscadas tecnologias para produzir cada vez mais madeira, com características cada vez mais previsíveis e pré-definidas, signifique avanço na tecnologia florestal é um erro primário. Sem dúvida alguma, a pesquisa florestal trouxe avanços consideráveis neste setor. Clones mais produtivos e resistentes a fungos, insetos ou outras patogenicias, micropropagação, sistemas computadorizados de controle da produção, máquinas repletas de comandos eletrônicos programáveis para aumentar a eficiência do operador, são avanços de valor inquestionável. Mas a ciência florestal não pode se resumir a isto.

O erro básico está na definição do que é silvicultura no Brasil e em outros países da América Latina. Examinando o conteúdo programático das disciplinas de Silvicultura de várias instituições de ensino superior da região, constata-se o equívoco. Muita ênfase é dada à produção de mudas e ao plantio. Em geral de espécies exóticas amplamente utilizadas, com razão, nas plantações de espécies arbóreas florestais. Seguem, com menor ênfase, os tratamentos culturais e silviculturais destes povoamentos plantados.

### **Silvicultura clonal é uma contradição.**

Um modismo recente é a *silvicultura clonal*. Se o conceito de silvicultura envolve ações na floresta, não seria possível a sua prática em povoamentos de plantas idênticas geneticamente, uma aberração da natureza. Não existem florestas clonais naturalmente. Aliás, florestas com poucas espécies são raras, restritas a sítios extremos, como o mangue, por exemplo. Quando se investe na dita silvicultura clonal, os avanços científicos são fantásticos, mas pouco tem a ver com a ciência florestal. Passa-se a saber muito sobre fisiologia, genética, anatomia, propriedades físicas, de espécies selecionadas, poucas na verdade, cultivadas em ambientes e condições muito distantes de uma floresta natural (preparo do solo, adubação, tecnologia de produção de mudas). O valor da floresta está em sua heterogeneidade e diversidade. Somente estas características garantirão, a longo prazo, a sustentabilidade do sistema natural.

### **A utilização da tecnologia de transferência de gens entre espécies deve ser avaliada rigorosamente, para evitar subprodutos indesejáveis.**

Raciocínio semelhante deve ser aplicado à discussão sobre plantas ou organismos transgênicos. A evolução das espécies é devida à constante combinação, recombinação e mutação de gens, criando plantas que têm características distintas para se relacionar

com o meio biótico e abiótico que as cerca. Aquelas que sobrevivem e produzem sementes, transferem para a próxima geração um genótipo vencedor. Ao se provocar cruzamentos, como na polinização controlada, está se procurando aumentar as chances de combinações, acelerando o processo, que, porém, ainda é natural, similar ao que ocorre na natureza. Com a transferência de gens para alcançar determinados propósitos, a interferência na dinâmica natural é muito grande. Independente dos resultados econômicos, a discussão sobre este assunto deve se concentrar na dimensão real da transferência. Se manipulamos bactérias, para torná-las devoradoras de petróleo, resolvendo o problema da poluição, isto aparentemente tem dimensão limitada. Concluído o trabalho, as bactérias morrem, sem maiores conseqüências para o ambiente. É o que se espera. Com plantas, o risco de um descontrole é muito maior. Algumas sementes de uma planta transgênica podem ser perdidas no meio, com conseqüências imprevisíveis. Ou gerar subprodutos tóxicos para outros organismos da cadeia alimentar. O homem, neste caso, é apenas um destes organismos.

### **Silvicultura não é só plantar árvores.**

Silvicultura é muito mais do que plantar mudas de árvores. É manejar a floresta para garantir um produto, quer seja, madeira, água pura, habitat de animais silvestres ou uma paisagem agradável, interferindo na sua dinâmica natural, sem contudo, agredir as leis que regem esta biocenose. Silvicultura é trabalhar com a floresta, e no caso brasileiro, com raras exceções, é trabalhar com uma floresta multiespecífica, heterogênea na sua composição e estrutura. O plantio é apenas mais uma prática que pode ser necessária no manejo silvicultural da floresta.

Segundo estatísticas recentes, mais de metade do território nacional, algo como 500 milhões de hectares, ainda está coberto de formações florestais. Primárias ou secundárias. Portanto, existem extensas áreas de florestas a serem manejadas no país. Apenas 4 a 5 milhões de hectares – as informações sobre a área plantada são controversas –, foram plantados com povoamentos florestais homogêneos. E nestes foi investida a maior parte dos recursos da pesquisa científica florestal nos últimos anos. Aliás, nem toda a área plantada de florestas no Brasil pode contar com apoio de pesquisas científicas. É comum o fato de investidores ou empresários forçados a replantar áreas florestais, para economizar recursos financeiros, usarem conhecimentos adquiridos de vizinhos, olhando sobre a cerca ou em uma conversa de bar. A consulta técnica, paga, é rara. E o círculo vicioso se fecha: se o empresário consultar um engenheiro florestal, ficará sabendo como plantar *Pinus* ou *Eucalyptus*, pois foi o que este engenheiro aprendeu na faculdade.



Silvicultura é mais do que produzir mudas e plantar árvores. É cuidar da floresta. Mas o conhecimento para tal, onde está? Infelizmente não existe. A ciência florestal brasileira ainda está engatinhando. Nesse sentido, convém fazer um retrospecto rápido. No final do século passado, a Casa Imperial contratou naturalistas na Europa para descrever e estudar a flora brasileira. Alguns técnicos, como Glaziou, foram contratados para cuidar dos parques no Rio de Janeiro. Na cidade emergente encontrava-se a corte, às voltas com problemas de abastecimento de água. Datam da época as primeiras introduções de plantas exóticas em larga escala, porém somente no início deste século é que alguns problemas florestais se tornaram críticos. Enquanto no Estado de São Paulo se introduzia *Eucalyptus* ao longo das estradas de ferro para abastecer de lenha as caldeiras das locomotivas, no vizinho Estado do Paraná os imigrantes conquistadores das terras roxas queimavam madeiras nobres, pois estavam atrapalhando a cultura do café! Embora no início do século XIX, no Rio de Janeiro, tenham sido editadas as primeiras leis de proteção aos mananciais, em função dos reflexos da ação antrópica devastadora no entorno da cidade, ainda na década de 50 deste século, em muitas regiões do sul do país, a floresta era considerada empecilho para o avanço da modernidade. Situação, aliás, atual na região amazônica, na virada do milênio.

Os esforços para alterar este quadro foram grandes. Inicialmente, os engenheiros agrônomos recebiam uma formação pluralista, que, entre outras atribuições, lhes dava competência para cuidar de florestas. Os mais dedicados recebiam o título de engenheiros agrônomos silvicultores. Foram os mesmos que criaram a base da legislação florestal atual e, principalmente, contribuíram para que, durante a década de 60, fossem fundados os primeiros cursos de formação de engenheiros florestais. Mas o que se ensinava na época? Apenas os conhecimentos gerados em outros países eram repassados, ou simplesmente aqueles adaptados da fruticultura. Afinal, qual a diferença entre plantar laranjeiras, pinheiros ou eucaliptos?

Foi na década de 70 que teve início um trabalho mais intensivo de formação de quadros para o ensino florestal. Constatou-se o óbvio: havia muitas diferenças entre produzir laranjas e madeira. Nesta época são criados os primeiros cursos de pós-graduação específicos, cuja finalidade era a formação de pesquisadores florestais. Mas, infelizmente, os estudos científicos nestes cursos concentraram-se em desenvolver o conhecimento sobre espécies de interesse comercial no momento, ou seja, as espécies de rápido crescimento, produtoras de muita biomassa (quanto mais melhor!). E assim chegamos à excelência no plantio de *Eucalyptus*, embora as instituições oficiais de pesquisa muitas vezes estejam andando a reboque dos departamentos de pesquisa das empresas de maior poder econômico do setor. Cabe aqui discutir o que é ciência florestal.

## Qual a diferença entre ciência e tecnologia?

Todos os cursos de pós-graduação recomendam para trabalhos de dissertação ou teses, temas inéditos no país. Nada mais fácil. Ou alguém duvida, que estudar o mercado madeireiro do Acre, a estrutura de uma floresta ombrófila densa na Serra do Mar ou o crescimento do ipê roxo em plantios experimentais seja inédito? Tais temas são de fato inéditos. Porém, como contribuem para a ciência florestal? Quais são as hipóteses testadas? Como colaboram para aumentar o conhecimento que permita manejar os recursos florestais?

Os temas mencionados anteriormente dizem respeito às espécies nativas. A análise dos títulos das dissertações e teses defendidas nos cursos de pós-graduação deste país, no entanto, mostra que a maioria dos trabalhos de pesquisa está relacionada com as áreas florestais plantadas. Constatou-se o teste de tecnologias, inéditas no país, e não o desenvolvimento da ciência florestal. Como diferenciar uma da outra?

### Muito se publica, o que, no entanto, resolve muito pouco.

Talvez o exemplo do cedro (*Cedrela fissilis*) seja útil. Esta espécie arbórea nativa é uma das mais estudadas, sendo mencionada em 41 trabalhos no banco de dados TREECD. Como se trata de uma espécie latino-americana, a maior parte dos trabalhos é em língua portuguesa ou espanhola. Mesmo assim, a espécie não é plantada ou manejada nas florestas nativas e poucos são os trabalhos que procuram informar como deveriam ser manejadas as árvores. O motivo principal é a lagarta da mariposa *Hypsipyla grandella*, que destrói o meristema apical, provocando perda de crescimento e deformações no tronco, devido a rebrotas sucessivas. As pesquisas concentraram-se em identificar as condições do ambiente que evitem o ataque da lagarta, tendo como resultado, dados controversos. Nenhuma linha de pesquisa procura identificar o mecanismo bioquímico que atrai a mariposa para a postura. E como se poderia anular esta atração.

Veja-se o exemplo da vespa-da-madeira (*Sirex noctilio*) e sua relação com *Pinus taeda*. Em trabalho bastante eficiente e rápido, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) conseguiu anular a ameaça de destruição total que pairava sobre as áreas plantadas com esta espécie de conífera. Tanto a espécie arbórea quanto o inseto foram introduzidos no país. A primeira legalmente, a segunda de modo acidental. Isto pouco importa. Os técnicos descobriram como controlar a população da vespa, utilizando tecnologia já testada em outras regiões, no caso a Austrália. Testou-se, portanto, no país uma tecnologia já conhecida. Nada de novo, a não ser a região geográfica. Muitas teses e

dissertações foram escritas, sem acrescentar nada ao que já era conhecido em outros países. Passados mais de dez anos da presença da vespa-da-madeira no Brasil, ainda não foi descoberto o mecanismo que faz com que a vespa seja atraída ou realize apenas sua postura, em árvores com problemas dentro do povoamento. Com milhares de árvores à sua disposição, a vespa procura justamente as árvores debilitadas. Como ela descobre isto? Responder a esta pergunta, é avanço na ciência.

O caso do mogno (*Swietenia macrophylla*) é similar. O número de trabalhos publicados mencionando a espécie é espantoso. Dos 322 trabalhos, 257 são em língua espanhola, inglesa ou portuguesa. Destes, 35 descrevem características físico-mecânicas e utilidades da madeira, 26 relatam experiências com plantações e 19 podem ser considerados como indicadores de tratamentos silviculturais. Mesmo assim, a espécie foi declarada ameaçada de extinção, tendo sido estabelecida uma moratória no corte. Algo está errado com a pesquisa “científica”, que não consegue produzir resultados passíveis de serem transformados em orientações para o manejo silvicultural. O mínimo que se espera é que as espécies possam ser preservadas, mesmo que seu manejo atual não signifique resultados econômicos imediatos. No caso do mogno, nem isto parece possível, a julgar pelos fatos.

### **Lacunas no saber devem ser identificadas e preenchidas.**

A ciência florestal é mais do que testar procedimentos, fórmulas ou descrever estruturas. Existem lacunas no saber que precisam ser preenchidas. Mas não aleatoriamente. Deve ser seguido um método, científico, para gerar o conhecimento. Recentemente discutiu-se, em reunião de pesquisadores, a dinâmica do pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia*) e as ações para a conservação genética da espécie, também rotulada como ameaçada de extinção. Sabe-se que a galha é elemento importante para a dispersão das sementes, como consumidora dos pinhões. Ao se afastar da árvore produtora de sementes ou durante a tentativa de bicar a semente, muitos pinhões são perdidos, vindo a germinar posteriormente em locais distantes da árvore mãe. Mesmo assim, algumas pessoas ainda insistem na lenda de que a galha enterra as sementes, e, por esquecimento, não mais as encontra para seu consumo, permitindo assim a germinação. Portanto, independente de quem tem razão, um programa de pesquisa que vise a conservação genética da araucária, obviamente deve incluir a dinâmica da regeneração natural e de seus agentes mais influentes. No caso, a biologia da galha. Uma pergunta simples, no entanto, ficou sem resposta: se a galha é tão importante, convém aumentar sua população, melhorando as condições de nidificação e ali-



mentação. Onde a gralha faz seus ninhos? O que fazer na floresta para gerar alimentos de maneira natural visando aumentar a população da ave?

### **O manejo silvicultural é uma arte com embasamento científico.**

Todos os conhecimentos gerados, por mais científicos que sejam, dependem de um fator importante para serem utilizados no manejo silvicultural. Este fator é o homem, o silvicultor. A formação de bons silvicultores, que saibam manejar florestas naturais, ainda é uma visão futurista. Busca-se um profissional que conheça a floresta, sua dinâmica e as múltiplas interações entre os organismos presentes. De micorrizas a polinizadores. A denominação de engenheiro florestal a este profissional, passa a falsa idéia de que a aplicação de fórmulas ou procedimentos padronizados, é suficiente para o bom manejo florestal. A decisão final depende do momento, da situação presente, indescritível em todas as suas nuances. A combinação dos conhecimentos científicos deixa de ser uma técnica, e passa a ser arte. Assim como o bom pintor domina a arte da pintura, o bom silvicultor deve dominar a arte da silvicultura.

**Rudi Arno Seitz** é engenheiro agrônomo, doutor em Ciências Florestais e professor da Universidade Federal do Paraná.



# A BIOTECNOLOGIA NO SETOR FLORESTAL

*Carlos Alberto Labate*

*A biotecnologia está revolucionando a atividade humana nas mais diversas áreas. No setor florestal, as novas tecnologias, como transgenia, genômica, proteômica e bioinformática, estão sendo rapidamente incorporadas. A associação dessas tecnologias aos programas de melhoramento convencional de árvores pode acelerar o processo de obtenção de madeiras de melhor qualidade. Árvores com conteúdo reduzido ou composição alterada de lignina, por exemplo, são desejáveis para o setor de papel e celulose, pois representam custos menores no processo de produção, além de eliminação dos danos ambientais causados pelos rejeitos. Outro exemplo de aplicação das novas tecnologias é a possibilidade de seqüenciamento de cDNAs (ESTs – Expressed Sequence Tags), de diferentes tecidos da árvore. A genômica e a bioinformática, em conjunto, oferecem a oportunidade de isolamento de centenas de genes marcadores que apresentam expressão diferencial. Convém, portanto, examinar os aspectos do metabolismo dos fenilpropanóides e as estratégias utilizadas por vários grupos de pesquisa para diminuir a atividade de enzimas regulatórias da biossíntese da lignina, bem como o potencial de aplicação das técnicas de genômica funcional em florestas.*



A crescente demanda por madeira nas diversas atividades humanas – indústria da construção, fabricação de móveis, energia, papel e celulose, entre outras – tem resultado na diminuição das reservas de florestas naturais em diversos países, principalmente nas regiões tropicais. A necessidade de suprir os mercados consumidores com essa *commodity* e a pressão existente nos países em desenvolvimento para expandir as fronteiras agrícolas, representam uma forte ameaça à preservação das florestas naturais. A solução desse problema requer um esforço global de estímulo aos países em desenvolvimento com vistas a aumentar as áreas reflorestadas. Entretanto, o aumento da exploração da madeira proveniente de reflorestamento vai depender da qualidade do produto, que deve ser suficiente para concorrer com as espécies nativas.

O mercado global de madeira, para as diferentes finalidades, representa cerca de 2% da economia mundial, com previsão de crescimento acentuado para os próximos anos.<sup>1</sup> Esse crescimento está associado às necessidades específicas de cada atividade. Por exemplo, em alguns setores como o da indústria de móveis e construção, há uma forte demanda por madeiras especiais, com uniformidade de coloração, boa resistência e alta densidade. Na indústria de papel e celulose, a diminuição do conteúdo de lignina é uma das características desejadas. Na área florestal, a precocidade para colheita, uniformidade da madeira e resistência a doenças e pragas, são exemplos do que se deseja. Essas novas demandas da indústria exigem investimentos em programas de melhoramento no setor florestal, na busca de árvores mais produtivas e de melhor qualidade.

A aplicação dos métodos convencionais de melhoramento na área florestal apresenta sérias limitações, principalmente devido ao tempo necessário para completar cada geração de cruzamentos e obtenção de progênies segregantes, na maioria dos casos, alguns anos. Além disso, a seleção de caracteres como qualidade da madeira, padrão de crescimento e produtividade, só podem ser avaliados no final do ciclo de cultivo. A introdução das tecnologias do DNA pode acelerar o processo de seleção. Por exemplo, a seleção assistida por marcadores moleculares (AFLP, RAPD e SSR) para a identificação de marcadores associados a caracteres quantitativos (QTLs), como resistência a doenças, qualidade da madeira, e o uso de técnicas de transgenia para a introdução de genes específicos, via transformação genética, são algumas das metodologias que podem ser aplicadas. Além disso, o rápido desenvolvimento das áreas de Genômica, Proteômica e Bioinformática estão revolucionando a biologia, possibilitando a identificação e clonagem de uma série de genes de interesse em tempo relativamente curto. A área florestal já está se beneficiando de todos esses avanços, razão suficiente para justificar o exame de alguns aspectos da aplicação dessas tecnologias, com ênfase no

<sup>1</sup> SEDEROFF, R. Building better trees with antisense. *Nature Biotechnology*, 17, 750-751, 1999.

uso da transgenia para alterar a biossíntese da lignina em árvores e da genômica para a identificação de genes de interesse.

## Uso das técnicas de transgenia para alterar a biossíntese da lignina

A qualidade da madeira depende da sua composição química e propriedades físicas. Seus principais componentes são celulose, hemiceluloses e ligninas. A celulose é o mais abundante, constituindo cerca de 50% do peso seco da madeira.<sup>2</sup> As hemiceluloses ocorrem em menor proporção, de 20 a 30% dos polissacarídeos não celulósicos, enquanto as ligninas representam de 15 a 36% do peso seco da madeira.<sup>3</sup> A alteração da biossíntese das ligninas tem despertado grande interesse da indústria de papel e celulose, em razão da sua interferência na qualidade do papel e da necessidade de eliminá-la da pasta celulósica, que acarreta aumento nos custos de produção e danos ao meio ambiente.

O conhecimento das vias de biossíntese de compostos secundários nas plantas, como a lignina, permitiu o desenvolvimento de várias estratégias moleculares para diminuir o conteúdo e alterar a composição desse polímero. A biossíntese das ligninas inicia-se na via do Shiquimato, com a condensação dos precursores fosfoenolpiruvato e eritrose 4-fosfato, catalisada pela enzima 3-desoxi-D-arabino-heptulosonato-7 fosfato sintase (DAHP sintase). Nesse processo, três aminoácidos aromáticos são formados: fenilalanina, tirosina e triptofano. A fenilalanina é desaminada pela enzima fenil alanina amônio-liase (PAL), formando ácido cinâmico e  $\text{NH}_3$ . A partir do ácido cinâmico, tem-se a formação de uma série de compostos intermediários até a síntese de três álcoois monoméricos (monolignols): comaril, coniferil e sinapil. A ação de enzimas oxidativas como as peroxidases, lacases e fenoloxidasas promove a polimerização dos monolignols, produzindo três tipos de ligninas: hidroxifenil (H), guaiacil (G) e siringil (S). A proporção de cada um desses componentes na composição final da parede celular varia nos diferentes tecidos e entre espécies. De maneira geral, as ligninas nas gimnospermas e pteridófitas são formadas principalmente pela polimerização de guaiacil (G), enquanto nas angiospermas dicotiledôneas a predominância é de guaiacil-siringil (G-S). Nas monocotiledôneas, observa-se a presença dos três tipos, hidroxifenil-guaiacil-siringil (HGS).<sup>4</sup>

A transgenia tornou-se um poderoso instrumento para alterar a expressão de determinado gene e, conseqüentemente, os níveis da respectiva enzima codificada. Assim, é possível avaliar o controle que cada enzima exerce sobre determinado fluxo metabólico, identificando aquelas cuja alteração, na atividade, promovem mudanças na regulação do metabolismo. As estratégias descritas a seguir tiveram como objetivos modificar a biossíntese da

<sup>2</sup> HIGUCHI, T. *Biochemistry and molecular biology of wood*. Springer Series in Wood Sciences, Springer-Berlin, 1997.

<sup>3</sup> SARKKANEN, K. V. & HERGERT, H. L. Classification and distribution. In: Sarkanen, K. V. & Ludwig, C. H. (Eds.) *Lignins: occurrence, formation, structure and reactions*. New York: Wiley-Interscience, 1971. p. 43-94.

<sup>4</sup> BAUCHER, M., MONTIES, B., VAN MONTAGU, M., BOERJAN, W. Biosynthesis and genetic engineering of lignin. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 17, 125-197, 1998.

- <sup>5</sup> BATE, N. J., ORR, J., NI, W., MEROMI, A., NADLER-HASSAR, T., DOENER, P. W., DIXON, R. A., LAMB, C. J., ELKIND, Y. Quantitative relationship between phenylalanine ammonia-lyase levels and phenylpropanoid accumulation in transgenic tobacco identifies a rate-determining step in natural product synthesis. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 91, 7608-7612, 1994.
- ELKIND, Y., EDWARDS, R., MAVANDAD, M., HEDRICK, S. A., RIBAK, O., DIXON, R. A., LAMB, C. J. Abnormal plant development and down-regulation of phenylpropanoid biosynthesis in transgenic tobacco containing a heterologous phenylalanine-lyase gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 87, 9057-9061, 1990.
- <sup>6</sup> SEWALT, V. J. H., NI, W., BLOUNT, J. W., JUNG, H. G., MASOUD, S. A., HOWLES, P. A., LAMB, C., DIXON, R. A. Reduced lignin content and altered lignin composition in transgenic tobacco down-regulated in expression of *L*-phenylalanine ammonia-lyase or cinnamate 4-hydroxylase. *Plant Physiology*, 115, 41-50, 1997.
- <sup>7</sup> VANCE, C. P., KIRK, T. K., SHERWOOD, R. T. Lignification as a mechanism of disease resistance. *Ann. Rev. Phytopathology*, 18, 259-288, 1980.
- <sup>8</sup> BORG-OLIVIER, O. & MONTIES, B. Lignin, suberin, phenolic acids and tyramine in the suberized, wound-induced potato periderm. *Phytochemistry*, 32, 601-606, 1993.
- HAWKINS, S. & BOUDET, A. Wound-induced lignin and suberin deposition in a woody angiosperm (*Eucalyptus gunni* Hook.): histochemistry of early changes in young plants. *Protoplasma*, 191, 96-104, 1996.
- VANCE, C. P., KIRK, T. K., SHERWOOD, R. T. Op. cit.

lignina em três níveis: a) no início do metabolismo do fenilpropanóide, alterando a atividade das enzimas PAL, C4H e 4CL; b) metilação dos monolignols, alterando a atividade das enzimas COMT e F5H; c) nos passos finais da biossíntese dos monolignols, modificando a expressão dos genes da CCR, CAD e lacases/peroxidases. Em todos esses trabalhos foram utilizadas construções quiméricas de genes, tanto no sentido “sense” como “antisense”, variando-se a atividade das respectivas enzimas.

A introdução da construção quimérica, contendo o gene *PAL2* de feijão em tabaco, sob controle do promotor constitutivo 35S-CaMV, promoveu a redução da atividade da PAL nas linhagens transgênicas, correspondendo a 0,2%-15% das plantas selvagens.<sup>5</sup> Como consequência, houve severa redução da síntese de lignina no colmo das plantas transgênicas de tabaco e, também, alteração da composição monomérica, com uma baixa quantidade de unidades G e aumento da relação S/G.<sup>6</sup> Os autores deste estudo observaram, ainda, efeitos no desenvolvimento das plantas além de uma maior susceptibilidade ao ataque de patógenos. Tais resultados são importantes, pois mostram a participação da lignina como um fator de resistência ao ataque de patógenos, funcionando como uma barreira físico-química à penetração de microrganismos nas células.<sup>7</sup> Além disso, vários estudos têm demonstrado o desencadeamento do processo de lignificação nas regiões lesadas, como um mecanismo de resposta das plantas contra o ataque de patógenos, principalmente fungos.<sup>8</sup>

A supressão da atividade da cinamato-4 hidroxilase (C4H) em plantas de tabaco foi obtida de duas formas: pela expressão “antisense” do cDNA completo do gene da alfalfa, e através da superexpressão da mesma construção quimérica no sentido “sense”.<sup>9</sup> A superexpressão do gene da alfalfa não causou diminuição do conteúdo de lignina ou mudança na sua composição monomérica. Por outro lado, a redução da atividade dessa enzima nas folhas, (a aproximadamente 35% dos valores encontrados nas plantas controle) via “antisense”, resultou em decréscimo do conteúdo de lignina e da relação S/G.<sup>10</sup>

A redução da atividade da 4-comarato:CoA ligase (4CL) foi obtida em plantas de tabaco pela supressão do(s) gene(s) endógeno(s), tanto para construções quiméricas utilizadas no sentido “sense”, como “antisense”.<sup>11</sup> Plantas com menor atividade dessa enzima apresentaram diminuição do conteúdo de lignina, com forte coloração marron do xilema, diferente do padrão branco-amarelado encontrado nas plantas controle. Essas alterações indicam que a lignina presente no xilema está bastante condensada. Recentemente foram produzidas plantas transgênicas de *Populus* que expressam o gene quimérico *PtCLI* (4CL) da espécie no sentido “antisense”, sob o controle do promotor 35S-CaMV.<sup>12</sup> Quatro dessas plantas apresentaram severa redução na quantidade do RNAm, promovendo-



<sup>9</sup> SEWALT, V. J. H. *et al.* Op. cit.

<sup>10</sup> SEWALT, V. J. H. *et al.* Op. cit.

<sup>11</sup> KAJITA, S., KATAYAMA, Y., OMORI, S. Alterations in the biosynthesis of lignin in transgenic plants with chimeric genes for 4-coumarate:coenzyme A ligase. *Plant Cell Physiology*, 37, 957-965, 1996.

<sup>12</sup> HU, W.-J., HARDING, S. A., LUNG, J., POPKO, J. L., RALPH, J., STOKKE, D. D., TSAI, C.-J., CHIANG, V. L. Repression of lignin biosynthesis promotes cellulose accumulation and growth in transgenic trees. *Nature Biotechnology*, 17, 808-812, 1999.

<sup>13</sup> MEYER, K., CUSUMANO, J. C., SOMERVILLE, C., CHAPPLE, C. C. S. Ferulate-5-hydroxylase from *Arabidopsis thaliana* defines a new family of cytochrome P-450-dependent monooxygenases. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 93, 6869-6874, 1996.

<sup>14</sup> HALPIN, C., KNIGHT, M. E., FOXON, G. A., CAMPBELL, M. M., BOUDET, A. M., BOON, J. J., CHABBERT, B., TOLLIER, M.-T., SCHUCH, W. Manipulation of lignin quality by downregulation of cinnamyl alcohol dehydrogenase. *Plant Journal*, 6, 339-350, 1994.

<sup>15</sup> BAUCHER, M. *et al.*, Op. cit.

<sup>16</sup> RALPH, J., HATFIELD, R. D., PIQUEMAL, J., YAHIAQUI, N., PEAN, M., LAPIERRE, C., BOUDET, A. M. NMR characterization of altered lignins extracted from tobacco plants down-regulated for lignification enzymes cinnamyl-alcohol dehydrogenase and cinnamoyl-CoA reductase. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 95, 12803-12808, 1998.

<sup>17</sup> PIQUEMAL, J., LAPIERRE, C., MYTON, K., O'CONNEL, A., SCUCH, W., GRIMAPETTENATI, J., BOUDET, A. M. Down-regulation in cinnamoyl-CoA reductase induces significant changes of lignins profiles in transgenic

do redução de 90% da atividade dessa enzima no xilema e de 45% do conteúdo total de lignina, em relação ao controle. As plantas apresentaram ainda um aumento compensatório de 15% no conteúdo de celulose, tornando a relação lignina/celulose praticamente inalterada. Além dessas mudanças, as árvores com menor atividade da 4CL tiveram aumento da biomassa das folhas, caule e raiz.

Outra enzima envolvida no processo de metilação dos monolignols é a ferulato 5-hidroxilase (F5H). Meyer e colaboradores superexpressaram o gene da F5H sob o controle do promotor da C4H, numa linhagem mutante de *Arabidopsis (f5h)*.<sup>13</sup> A expressão ectópica desse gene levou à formação de uma nova lignina, composta principalmente por unidades S, sem promover a redução do conteúdo total de lignina.

A alteração do fluxo metabólico na fase final da biossíntese da lignina foi obtida com a diminuição da atividade das enzimas cianamil álcool desidrogenase (CAD) e cinamoil-CoA redutase (CCR). Halpin *et al.* introduziram uma construção quimérica contendo o cDNA da CAD de tabaco no sentido "antisense", sob o controle do promotor 35S-CaMV.<sup>14</sup> Duas linhagens transgênicas apresentaram redução da atividade da CAD entre 7 e 20% em relação aos controles. Apesar da forte redução da atividade dessa enzima, não houve alteração do conteúdo de lignina, embora a composição tenha sido modificada. As plantas expressando o "antisense" incorporaram um menor número de monômeros derivados do álcool cianamil na parede celular. Houve substituição preferencial por um monômero cianamil, derivado de aldeídos. Resultados semelhantes foram obtidos com *Populus*.<sup>15</sup> Nesse caso, a extração da lignina foi facilitada em razão do aumento no conteúdo de aldeídos. Ralph *et al.* também observaram alterações na composição da lignina quando expressaram o "antisense" do gene homólogo da enzima CAD em plantas de tabaco.<sup>16</sup> As plantas com redução da atividade CAD não mostraram diferenças no conteúdo total de lignina, embora a composição tenha sido alterada. Houve redução dos derivados dos álcoois coniferil e sinapil, que foi compensada pelo aumento nos níveis de benzoaldeídos e cinamaldeídos.

O efeito da redução da atividade da cinamoil-CoA redutase (CCR) foi avaliado em plantas de tabaco utilizando o "antisense" do cDNA isolado de *Eucalyptus gunni*, sob o controle do promotor 35S-CaMV.<sup>17</sup> Os transformantes primários apresentaram boa relação entre a diminuição na expressão do gene e redução da atividade da enzima. O conteúdo de lignina foi bastante reduzido nas linhagens com menor atividade da CCR. A composição da lignina também se alterou, aumentando a relação S/G, principalmente devido à redução na quantidade de guaiacil, além de outros compostos fenólicos. Na linhagem com maior redução da expressão do gene, o desenvolvimento da planta foi bastante afetado, com redução no tamanho, morfologia anormal das folhas e colapso dos vasos. A

tobacco plants. *Plant Journal*, 13, 71-83, 1998.

<sup>18</sup>RALPH, J. *et al.*, Op. cit.

diminuição da atividade da CCR também foi investigada,<sup>18</sup> expressando o “antisense” do gene homólogo em plantas de tabaco. Da mesma forma que no trabalho anterior, as plantas com maior redução na atividade da enzima apresentaram redução significativa no conteúdo de lignina e alteração da composição, com a redução na quantidade de coniferil e aumento nos níveis de ferulato tiramina. As plantas também apresentaram alteração do desenvolvimento.

## A Genômica aplicada às espécies florestais

Os resultados descritos, em alguns casos contraditórios, mostram que o processo de lignificação nas plantas é bastante complexo e possui forte plasticidade metabólica. Parte dessa plasticidade se deve às demais funções que os vários componentes da parede celular exercem nas plantas: transdução de sinais entre células, controle da morfogênese e respostas de defesa ao ataque de patógenos e insetos.<sup>19</sup> Por outro lado, fica evidente que a alteração da biossíntese da lignina é possível, entretanto, ainda há necessidade de isolar vários genes que participam do processo. Os trabalhos recentes de clonagem dos genes que atuam na formação das ligninas, celulose e outros componentes da parede celular, demonstram a existência de famílias de genes que controlam várias isoformas das enzimas.

O crescimento da Genômica possibilitou o seqüenciamento de um grande número de ESTs (Expressed Sequence Tags) de várias culturas, a partir de clones de cDNAs gerados ao acaso de tecidos específicos. Essa tecnologia representa uma importante ferramenta para o isolamento de novos genes envolvidos com a biossíntese dos componentes da parede celular. Na área florestal, algumas iniciativas estão sendo feitas, como o programa de seqüenciamento de ESTs de *Pinus taeda* do projeto Dendroma do USDA e Universidade da Carolina do Norte-USA (<http://www.cbc.umn.edu/ResearchProjects/Pine/DOE.pine/index.html>). Até maio de 2000, o projeto já havia seqüenciado 9.715 ESTs, disponíveis no banco de dados do CBC (Computational Biology Centers). As primeiras avaliações desses programas mostram resultados bastante interessantes, principalmente com relação à regulação da expressão dos genes de lignificação. Sterky e colaboradores relatam o seqüenciamento em larga escala de ESTs de duas espécies de *Populus*.<sup>20</sup> O projeto teve como objetivos identificar genes relacionados à formação da madeira, isolados de diferentes tecidos. Foram produzidos 4.809 ESTs do meristema cambial para a identificação de genes estruturais e genes envolvidos com o controle do desenvolvimento desse tecido. Um segundo grupo de ESTs, no total de 883, foram produzidos da região de desenvolvimento do xilema. O número total de proteínas identificadas com funções conhecidas nas duas bibliotecas foi de 820, considerando que muitos dos transcritos representam isoformas da mesma proteína. Desse total, 164 foram identifica-

<sup>19</sup>WALTER, M. H. Regulation of lignification in defense. In: BOLLER, T. & MEINS, F. (Eds.). *Genes involved in plant defense* (Plant Gene Research Series). Wien: Springer, 1992. p. 327-352.

<sup>20</sup>STERKY, F. *et al.* Gene discovery in the wood-forming tissues of poplar: Analysis of 5692 expressed sequence tags. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 95, 13330-13335, 1998.

das nas duas bibliotecas, 581 na região de crescimento cambial e somente 75 na região de crescimento do xilema. Do total de genes isolados no trabalho, apenas 4% apresentam interesse para a área de biotecnologia florestal e estão relacionados com a formação da parede celular. A comparação dos genes que participam da biossíntese da lignina, identificados nas duas bibliotecas, mostrou diferenças na funcionalidade e distribuição. Por exemplo, a abundância dos transcritos para a lacase foi cerca de 45 vezes maior na região de crescimento do xilema do que na região cambial. Por outro lado, a expressão da peroxidase foi maior no tecido cambial.

Uma vez seqüenciados os vários ESTs, torna-se imprescindível a análise funcional dessa informação, não só para a identificação dos genes de interesse, mas também para conhecer o padrão de expressão gênica nos diferentes tecidos. O desenvolvimento da tecnologia de “Chips” de DNA ou “Microarrays” está revolucionando os estudos de genômica funcional, permitindo a avaliação de milhares de genes ao mesmo tempo, de forma paralela. Os chips podem ser construídos com base em duas tecnologias: a) “microarrays” de fragmentos de DNA (ESTs, por exemplo), b) “microarrays” de oligonucleotídeos. No primeiro caso, a deposição dos cDNAs numa lâmina de vidro é feita por meio de um robô capaz de imprimir milhares de pontos com diâmetro entre 50 e 150  $\mu\text{m}$ . De maneira geral, numa área de vidro com 3,6  $\text{cm}^2$  podem ser depositados cerca de 10.000 ESTs, representando, potencialmente, cerca de 10.000 genes. A segunda tecnologia de construção dos chips de DNA é baseada na técnica fotolitográfica, permitindo a impressão de segmentos de DNA com aproximadamente 20 a 25 oligonucleotídeos, sintetizados com base nas seqüências de genes conhecidos, depositadas em bancos de gene. Essa tecnologia possibilita a impressão de um grande número de seqüências, entre 65.000 e 400.000 por lâmina de vidro. Uma vez produzidos, os “microarrays” são hibridizados com as sondas de RNAm, preparadas a partir de duas fontes distintas e marcadas com nucleotídeos de dCTP que fluorescem em comprimentos de onda distintos. Por exemplo, as sondas produzidas a partir de tecidos da região de crescimento do xilema e da região cambial, seriam marcadas com corantes à base de cianina: Cy3-dCTP (amarelo) e Cy5-dCTP (vermelho), respectivamente. Em seguida, as sondas são misturadas e hibridizadas com os “microarrays” depositados na lâmina de vidro. O sinal fluorescente emitido de cada ponto de hibridização, representa a abundância do cDNA correspondente. A emissão de fluorescência é detectada por um microscópio confocal a laser, que faz a varredura de todo o campo de distribuição dos “microarrays”, produzindo uma imagem de pontos com diferentes intensidades de luz e cores. A imagem é então armazenada e processada por um computador acoplado ao microscópio, obtendo-se uma informação

quantitativa da expressão gênica nos diferentes tecidos analisados.

Uma característica interessante dessa tecnologia é que uma vez seqüenciados os ESTs, mesmo que não tenham sido anotados, várias lâminas podem ser produzidas contendo a mesma distribuição de genes. Dessa forma, o padrão de expressão gênica em diferentes tecidos pode ser comparado a uma mesma plataforma de informações. Por exemplo, pode-se comparar o padrão de expressão de diferentes progênies ou clones, submetidos à deficiência de determinado nutriente, identificando os genes que são expressos ou reprimidos de maneira diferencial em relação aos controles. O objetivo desses experimentos é descobrir um número limitado de genes marcadores altamente específicos para cada tipo de tecido, estágio de desenvolvimento ou ambiente. Nesse caso, o interesse é identificar genes que mostram uma forte indução seletiva ou repressão da expressão. Uma vez caracterizado o padrão de expressão gênica das progênies tolerantes e suscetíveis, essa informação pode ser usada para comparar novas progênies ou clones. A tecnologia também pode ser empregada para a identificação de polimorfismos de genes para características de interesse, como qualidade da madeira, resistência a estresses bióticos e abióticos. Trata-se, portanto, de uma nova ferramenta com grande potencial de aplicação em várias áreas da pesquisa florestal.

A biotecnologia aplicada às espécies florestais está se desenvolvendo rapidamente, principalmente devido ao interesse comercial. A principal limitação, para a maioria das espécies, é a disponibilidade de um método eficiente de transformação genética. Até o momento, *Populus* representa o principal gênero de árvores geneticamente transformadas, com sucesso e em larga escala. No caso das coníferas, a principal limitação à transformação genética é a ausência de sistemas eficientes de regeneração *in vitro* e propagação clonal, para a maioria das espécies. Além disso, as coníferas são pouco sensíveis à transformação via *Agrobacterium*, sendo a biolística a metodologia mais indicada para a transformação genética. O eucalipto é outro exemplo da necessidade de desenvolvimento de métodos de transformação genética eficientes. Embora a transformação genética tenha sido relatada para algumas espécies como *E. globulus*<sup>21</sup>, *E. gunni* e *E. camaldulensis*<sup>22</sup>, utilizando *Agrobacterium* como vetor de transferência, esses sistemas não se mostraram eficientes para a maioria das espécies.

O desenvolvimento de programas de Genômica de árvores e o seqüenciamento de uma grande quantidade de ESTs de diferentes tecidos será importante para o isolamento e caracterização de vários genes envolvidos com a qualidade da madeira, como no caso dos processos de lignificação, biossíntese de celuloses e de hemiceluloses. O setor florestal, por certo, poderá beneficiar-se de forma significativa com a incorporação das novas tecnologias disponíveis aos programas de melhoramento já existentes.

<sup>21</sup>MORALEJO, M. *et al.* Generation of transgenic *Eucalyptus globulus* plantlets through *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation. *Australian Journal Plant Physiology*, 25: 207-212, 1998.

<sup>22</sup>TEULIERES, C. *et al.* Genetic transformation of *Eucalyptus*. In: BAJAJ, Y. P. S. (ed.). *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, v. 29, Berlin: Springer-Verlag, 1994. p. 289-307.

**Carlos Alberto Labate** é doutor em Genética e professor do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.



# PRINCÍPIOS PARA A MODELAGEM DE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS

*Hubert Hasenauer*

*A* utilização de modelos para representação e explicação de uma realidade essencialmente mais complexa constitui estratégia de grande valia para o desenvolvimento da ciência, nos diferentes campos do conhecimento. No caso específico das florestas, três formas de modelagem de ecossistemas merecem destaque. Os modelos destinados à prognose da produção florestal, como as tabelas de produção e os que tomam por base as árvores singulares, os modelos de clareiras (gap models), que servem à descrição da sucessão florestal, e, por fim, os modelos denominados mecanísticos ou biogeoquímicos, que consideram a circulação, transformação e acumulação de energia, água e nutrientes em estruturas vivas. Não há, contudo, supermodelos capazes de responder a todas as questões. O princípio a ser utilizado dependerá sempre do objeto e do objetivo da modelagem.

## A modelagem de ecossistemas

Ecossistemas são unidades muito complexas que não podem ser descritas através de poucos parâmetros. Além disso, existem múltiplas interações entre os diferentes componentes que dificultam ainda mais seu equacionamento. Em contraposição, os modelos de ecossistemas devem preencher três requisitos, muitas vezes concorrentes entre si: ser simples, lógicos e reproduzir a realidade biológica<sup>1</sup>. Já que os levantamentos a campo, via de regra, só são possíveis em períodos relativamente curtos e em espaços reduzidos, os modelos representam um valioso instrumento, especialmente para a descrição de processos de longa duração. Desta forma, podem ser feitas extrapolações para comportamentos dinâmicos de longa duração e para grandes espaços, com suas diversas interações.<sup>2</sup>

A complexidade e a multiplicidade dos ecossistemas exigem, para sua descrição, a formulação de modelos que possam apresentar o conhecimento existente de forma sistemática, transparente e, sobretudo, reproduzível, na dependência dos objetivos desejados. O conhecimento sobre as propriedades e processos inerentes a um determinado ecossistema pode ser rudimentar em muitos aspectos, o que faz com que os modelos assumam um importante papel na pesquisa, pois que podem evidenciar lacunas do conhecimento. Nestes casos são assumidas suposições simples que podem ser complementadas, quando houver disponibilidade de resultados de pesquisas.

Na linguagem científica, entende-se por modelo a apresentação simplificada de uma realidade essencialmente mais complexa<sup>3</sup> ou a apresentação igualmente simplificada de uma parcela do mundo real<sup>4</sup>. Os modelos, portanto, contêm sempre certo grau de abstração. Através da modelagem se constroem sistemas mais simples que a realidade, mas que, mesmo assim, apresentam as propriedades de interesse e o padrão de comportamento do sistema real.<sup>5</sup> Os modelos podem-se apresentar sob diferentes formas. Por um lado, diferenciam-se os internos, isto é, conceituais e, por outro lado, os externos, construídos sobre os primeiros (modelos físicos, gráficos, matemáticos e, ultimamente, os computacionais).<sup>6</sup>

A modelagem pressupõe uma abordagem analítica e sistemática de um problema (Figura 1). Após a formulação do problema, são determinados os objetivos a alcançar. Com isto ocorre uma delimitação do modelo quanto à sua aplicabilidade e capacidade de reprodução da realidade. Quando se pretende entender os processos envolvidos em um ecossistema, o objetivo pode ser a descrição de suas características estruturais ou o estudo de interferências no mesmo por um grande espectro de condicionantes. Num processo retroativo de refinamento, a partir de um con-

<sup>1</sup> PACALA, S. W., CANHAM, C. D., SAPONARA, J., SILANDER, J. A. Jr., KOBE, R. K. and RIBBENS, E. Forest Models Defined by Field Measurements: Estimation, Error Analysis and Dynamics. *Ecological Monographs*, 66 (1): 1-43, 1996.

<sup>2</sup> PACALA, S. W., CANHAM, C. D., SAPONARA, J., SILANDER, J. A. Jr., KOBE, R. K. and RIBBENS, E. Op. cit., 1996.

<sup>3</sup> SHUGART, H. H. *Terrestrial Ecosystems in Changing Environments*. Cambridge: University Press, 1998.

<sup>4</sup> BOTKIN, D. B. *Forest Dynamics. An Ecological Model*. Oxford: Oxford University Press, 1993.

<sup>5</sup> VAN TONGEREN, O. and PRENTICE, I. C. A Spatial Simulation Model for Vegetation Dynamics. *Vegetation*, 65:163-173, 1986.

<sup>6</sup> KIMMINS, J. P. *Forest Ecology: Models and The Role in Ecology and Resource Management*. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. p. 460-474.

ceito (princípio) é desenvolvido, como produto final, um modelo, geralmente computacional. Nesse trabalho deve-se realizar o planejamento dos recursos, isto é, o uso do conhecimento existente (na forma de consulta a experts, a publicações específicas), o emprego dos dados disponíveis (quantidade e precisão) e a aplicação criteriosa de materiais (hardware, software, recursos financeiros)

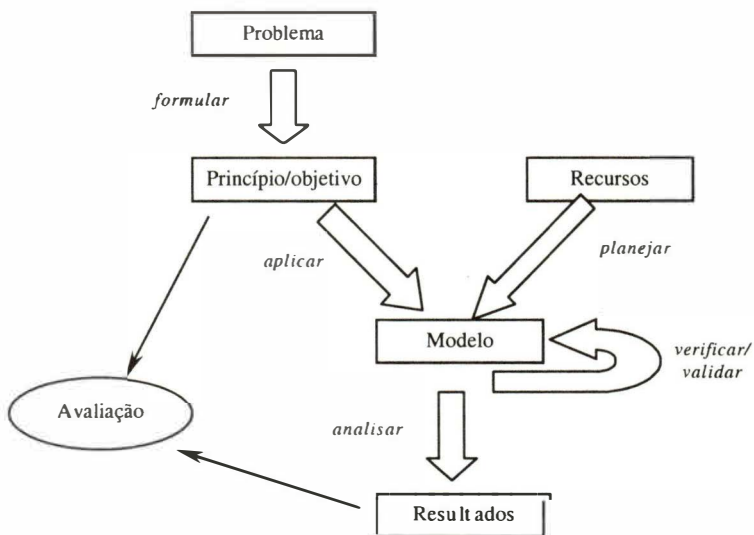


Figura 1  
Esquema da análise de um sistema.

Um passo decisivo na modelagem é a verificação de sua consistência com observações diretas na natureza. Outro passo é o seu teste de consistência com um conjunto de dados que não tenha sido utilizado para o próprio desenvolvimento do modelo (validação)<sup>7</sup>. Somente a verificação e a validação podem levar a um sistema funcional que permita a generalização do mesmo. Na seqüência, os resultados são analisados e avaliados em relação aos objetivos definidos.

O grau de detalhamento dos dados de entrada limita o detalhamento da saída. O número de variáveis de entrada é também decisivo para a praticabilidade do modelo. Quanto mais dados são necessários para a parametrização, tanto mais custoso é o levantamento e tanto mais provável é a possibilidade de que os dados de um determinado setor estejam disponíveis apenas para curto período de tempo. Isto é mais válido para dados dinâmicos do que para dados estáticos. Em princípio, o alcance temporal e espacial do modelo é determinado pelo conhecimento metodológico, pela disponibilidade de dados e pelos objetivos da modelagem.

<sup>7</sup> SHUGART, H. H. Op. cit., 1998.

Os diversos processos desenvolvem-se geralmente em escalas espaciais e temporais bem distintas (Figura 2). Na modelagem deve-se atentar para que as partes unitárias do modelo apresentem escalas semelhantes (*well-balanced model*), atenção tanto mais necessária quanto mais se procura pesquisar as interações entre os diferentes processos.

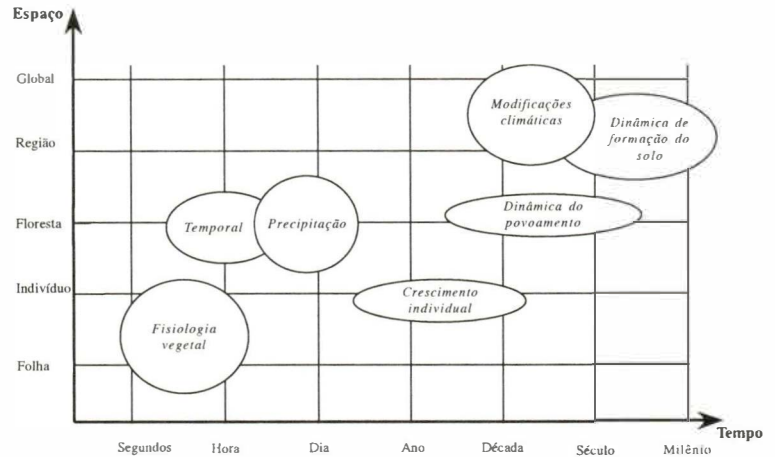


Figura 2

Dimensões temporais e espaciais em diferentes processos ecossistêmicos.

Dado o diferente alcance espacial e temporal, fica claro que não pode existir um modelo válido de forma genérica, sem que se incorra em problemas de precisão ou de validade dos resultados simulados para determinados setores. Ao invés disso, se deveria procurar construir modelos divididos em módulos que, segundo a necessidade, pudessem ser modificados e ampliados.

Os modelos servem para a reunião de informações sobre um determinado sistema em questão (esclarecimento da realidade, demonstração das propriedades do sistema, teste de hipóteses, identificação de falhas de informação) e devem permitir também verificar as modificações e os processos envolvidos. Exatamente para o estudo de dinâmicas que, em regra, decorrem muito lentamente (longos períodos de produção, sucessões em períodos de décadas até séculos), os modelos representam importantes instrumentos de diagnose e planejamento. Os progressos na tecnologia computacional durante os últimos trinta anos possibilitaram o desenvolvimento e a aplicação de modelos muito exigentes em cálculos e em memória. Neste processo, foram e estão sendo desenvolvidos sempre novos princípios que, em essência, podem ser divididos conforme o esquema da Figura 3.



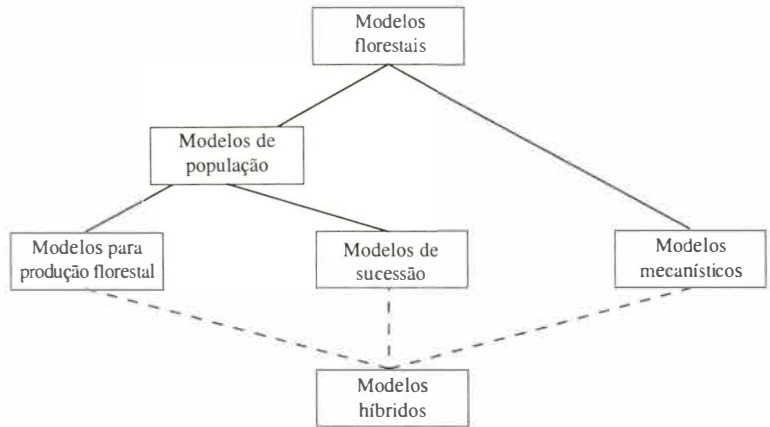


Figura 3

Classificação dos princípios da modelagem de ecossistemas.

## Modelos para produção florestal

A situação das florestas em um dado momento é obtida por censos ou por amostragens dos povoamentos. Tais levantamentos periódicos representam a situação florestal atual de uma determinada região. No planejamento e na execução de intervenções na floresta, feitos pela silvicultura e manejo, fica patente a impossibilidade da adoção de ações objetivas sem o conhecimento da situação atual e o provável desenvolvimento da floresta. Paralelamente ao levantamento estático, interessa, portanto, a dinamização das informações obtidas.

### *Evolução histórica*

A estimativa do desenvolvimento futuro da floresta é feita com base em modelos que descrevem o crescimento de povoamentos puros e equiâneos, usando valores médios (diâmetro médio, altura média) e valores acumulados por unidade de área (número de árvores/ha, área basal/ha e volume/ha). Pressupõe-se que um povoamento, em um determinado habitat, percorre um desenvolvimento típico próprio. Com base nessa premissa, criam-se povoamentos de referência, para cada espécie e sítio em forma de tabelas de produção.<sup>8</sup> Esses modelos de crescimento florestal sustentam-se, em parte, no paradigma de cronosséries<sup>9</sup>, conceito que parte da idéia de que um povoamento jovem irá se desenvolver exatamente da mesma forma que se desenvolveu outro mais velho, situado em iguais condições ecológicas e, portanto, percorrerá as mesmas fases de desenvolvimento durante sua vida. Assim a seqüência temporal (cronossérie), obtida por parcelas de observação permanente, é substituída por uma seqüência espacial. A

<sup>8</sup> WEISE, W. *Ertragstafeln für die Kiefer*. Berlin: Verlag Springer, 1880.

SCHWAPPACH, A. *Wachstum und Ertrag normaler Fichtenbestände*. Berlin: Verlag Julius Springer, 1890.

GUTTENBERG, A. Die Aufstellung von Holzmassen- und Geldertragstafeln von Stammanalysen. *Österr. Vierteljahresschrift. f. Forstw. Wien.*, 36: 203-237 und 319-345, 1896.

GERHARDT, E. *Ertragstafeln für reine und gleichartige Hochwaldbestände von Eiche, Buche, Tanne, Fichte, Kiefer, grüner Douglasie und Lärche*. Berlin: Verlag Julius Springer, 1930.

ASSMANN, E. und FRANZ, F. Vorläufige Fichten-Ertragstafeln für Bayern. *Forstw. Centralblatt*, 84: 1-68, 1963.

KENNEL, R. Die Buchen-durchforstungsversuche in Bayern von 1870 bis 1970. Institut für Ertragskunde der Forstl. *Forschungsanstalt München.*, 7: 264, 1972.

SCHÖBER, R. *Ertragstafeln wichtiger Baumarten*. Frankfurt/Main: J. D. Sauerländer Verlag, 1975.

MARSCHALL, J. *Hilfstafeln für die Forsteinrichtung*. Wien: Österr. Agrarverlag, 1975.

<sup>9</sup> MARSCHALL, J. Op. cit., 1975.

<sup>10</sup>MARSCHALL, J. Op. cit., 1975.

<sup>11</sup>ASSMANN, E. und FRANZ, F. Op. cit., 1963.

LEMBCKE, G., KNAPP, E. und DITTMAR, O. *DDR-Kiefern-Ertragstafel*. Institut für Forstwissenschaften, Eberswalde, 1975.

DITTMAR, O., KNAPP, E. und LEMBCKE, G. *DDR-Buchenertragstafel*. Institut für Forstwissenschaften, Eberswalde, 1983.

<sup>12</sup>PRETZSCH, H. *Konzeption und Konstruktion von Wachstumsmodellen für Rein- und Mischbestände*. Institut für Ertragskunde der Forstl. Forschungsanstalt München. 115-332, 1992.

HASENAUER, H. *Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten-Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände*. Forstl. Schriftenreihe, Univ. f. Bodenkultur, Wien. Österr. Ges. f. Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung an der Univ. f. Bodenkultur. Band 8, 1994.

NAGL, J. BWERT: Programm zur Bestandesbewertung und zur Prognose der Bestandesbehandlung. *Deutscher Verband Forstl. Forschungsanstalten – Sektion Ertragskunde*. Eberswalde/Berlin. 184-198, 1995.

STERBA, H., MOSER, M., HASENAUER, H. und MONSERUD, R. *PROGNAUS ein abstandsabhängiger Wachstumssimulator für ungleichaltrige Mischbestände*. Deutscher Verband Forstl. Forschungsanstalten – Sektion Ertragskunde. Eberswalde/Berlin. 173-183, 1995.

<sup>13</sup>FILLA, K. Die Parametrisierung von Einzelstammwachstumsmodellen über die bei der Forstinventur erhobenen Daten. Diss. Univ. f. Bodenkultur, Wien, 1981.

STERBA, H. Single stem models from inventory data

aceitação do conceito de cronossérie como verdadeiro, conduz a uma metodologia que tem a vantagem de não necessitar longo tempo de observação para as prognoses.

Algumas tabelas de produção pressupõem uma forma de condução do povoamento<sup>10</sup> ou permitem determinados princípios de tratamento através de fatores de redução do crescimento<sup>11</sup>, mas os resultados das prognoses são igualmente valores médios e somatórios por unidade de área. Outra limitação dos modelos de tabelas de rendimento é sua aplicabilidade apenas para povoamento puros e equiâneos. A estimativa da porcentagem de cada espécie componente do povoamento, tradicionalmente feita para a prognose do crescimento florestal, corresponde à segregação de um povoamento misto, em povoamentos puros e equiâneos idealizados.

A idéia dos modelos baseados em árvores singulares segue um princípio totalmente diverso. O ponto de partida é a aceitação de que o desenvolvimento do povoamento pode ser captado pela soma das modificações observadas em cada árvore.

Consciente da necessidade prática da adaptação do sistema de prognose, iniciou-se na Europa, especialmente nos anos 90, o desenvolvimento de modelos que descrevessem o crescimento de cada árvore no povoamento. Os trabalhos de Pretzsch e de outros autores<sup>12</sup>, são exemplos destes modelos, listados no Quadro 1. Trabalhos anteriores de Filla, Sterba e Eckmullner<sup>13</sup> criaram os fundamentos para tanto. Em essência, os princípios já utilizados na América do Norte, há mais tempo, foram adaptados para florestas européias.<sup>14</sup>

### *Estrutura geral*

A modelagem do crescimento florestal baseada em árvores singulares é composta por três módulos: crescimento dimensional (diâmetro e altura), mortalidade e regeneração (recrutamento ou ingresso de plantas). Para a concorrência há necessidade de modelagem da copa, de modo que suas dimensões sejam atualizadas a cada passo de simulação.

Uma importante hipótese adotada é a de que as modificações, com o passar do tempo, isto é, o crescimento de cada árvore, pode ser descrito com suficiente exatidão através de simples características do povoamento, da própria árvore e da concorrência. As variáveis mais importantes para a descrição da concorrência são a proporção de copa e diversos outros índices. A proporção de copa atual espelha a pressão sofrida no passado, enquanto os índices representam a concorrência atual sobre a árvore. Alguns modelos consideram ainda possíveis retardamentos ou acelerações temporárias, ocasionadas por liberações, cujo efeito é explicitamente adicionado como variável ao módulo de crescimento diamétrico e em altura.<sup>15</sup>

with temporary plots. *Mitt. d. Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien.*, 147: 87-101, 1983.  
ECKMÜLLNER, O. WASIM - Waldwachstumssimulation. *Hozwirtschaft, Wald und Holz Rundschau.* 46(1): 24-25, 1990.

- <sup>14</sup>NEWNHAM, R. M. The development of a stand model for Douglas-fir. Ph.D. thesis. Vancouver: Univ. of British Columbia, 1964.  
MITCHELL, K. J. Simulation of growth of uneven-aged stands of white spruce. Ph. D. thesis, Yale Univ., New Haven, Conn., 1967.  
BELLA, I. E. Simulating of growth, yield and management of aspen. Ph. D. thesis, Univ. of British Columbia, Vancouver, 1970.  
STAGE, A. R. Prognosis model for stand development. USDA For. Serv. Res. Paper INT-137. p. 32, 1973.  
MONSERUD, R. A. Methodology for simulating Wisconsin northern hardwood stand dynamics. Ph. D. thesis, Univ. of Wisconsin, Madison, 1975.  
WYKOFF, W., CROOKSTON, N. L. and STAGE, A. R. *User's Guide to the Stand Prognosis Model.* USDA For. Serv. GTR INT-133, 1982.

<sup>15</sup>HASENAUER, H. Op. cit., 1994.

- <sup>16</sup>STAGE, A. R. Op. cit., 1973.  
EK, A. R. and MONSERUD, R. A. *FOREST: A computer model for simulating the growth and reproduction of mixed species stands.* Univ. Wisconsin, College of Agriculture and Life Sciences. Res. Rep. R2635, 1974.  
PRETZSCH, H. Op. cit., 1992.  
HASENAUER, H., MOSER, M. und ECKMÜLLNER, O. MOSES - Ein Einzelbaumwachstumssimulator zur Modellierung von Wachstumsreaktionen. *AFZ.*, 50 (4): 216-218, 1995.  
NAGL, J. Op. cit., 1995.

Quadro 1  
Seleção de modelos para produção florestal em diferentes ecossistemas

Modelo	Autor(es) <sup>16</sup>	Ecossistema florestal representado
PROGNOSIS	Stage, 1973; Wykoff <i>et al.</i> , 1982	Independente da distância; florestas mistas inequidâneas noroeste dos EUA
FOREST	Ek and Monserud, 1974	Crescimento e reprodução de florestas mistas
SILVA	Pretzsch, 1992	Florestas puras e mistas
MOSES	Hasenauer <i>et al.</i> , 1995	Dependente da distância; florestas alpinas mistas
PROGNAUS	Sterba <i>et al.</i> , 1995	Independente da distância; florestas alpinas mistas inequidâneas
BWERT	Nagl, 1995	Avaliação e manejo de florestas mistas

Os exemplos apresentados no Quadro 1 podem ser classificados em dois grupos. Uma parte deles baseia-se no conceito de potencial, propagado pela primeira vez por Newnham<sup>17</sup> e usado posteriormente nos modelos de clareiras (*gap-models*)<sup>18</sup>. O fundamento deste princípio é a aceitação de que o crescimento de cada árvore no povoamento depende de um potencial definido anteriormente (= incrementos máximos em diâmetro e em altura). O incremento real resulta da aplicação de fatores de redução, deduzidos, por sua vez, da concorrência exercida sobre cada árvore. Neste tipo enquadram-se os modelos FOREST, SILVA, MOSES, BWERT.

A outra parte dos exemplos não define nenhum potencial de crescimento. Os incrementos diamétrico e em altura são estimados diretamente dos dados disponíveis. Com base neste princípio, trabalham os modelos PROGNOSIS, PROGNAUS e STAND.

Outra interessante caracterização de tais modelos se refere ao cálculo dos índices de concorrência. Se for considerada explicitamente a distância até suas vizinhas, o que pressupõe o conhecimento das coordenadas de cada árvore, trata-se de modelos dependentes da distância também chamados espaciais (FOREST, MOSES, SILVA). Ao contrário, aqueles que não precisam da posição das árvores para o cálculo da concorrência, são ditos modelos independentes da distância ou não espaciais (PROGNOSIS, PROGNAUS, BWERT, STAND).

### Aplicações

O modelos para produção florestal, sejam eles as tabelas de produção ou os que tomam por base árvores singulares, representam o fundamento para a determinação da taxa de exploração nas empresas florestais. Outra área de aplicação, especialmente dos

STERBA, H., MOSER, M., HASENAUER, H. und MONSERUD, R. A. Op. cit., 1995.

PUKKALA, T. and MIINA. A method for stochastic multiobjectives optimization of stand management. *Forest Ecol and Manage.*, 98: 189-203, 1997.

<sup>17</sup>NEWHAM, R. M. Op. cit., 1964.

<sup>18</sup>BOTKIN, D. B. ; JANAK, J. F. and WALLIS, J. R. Some Ecological Consequences of a Computer Model of Forest Growth. *Journal of Ecology*, 60:849-872, 1972 .

<sup>19</sup>HASENAUER, H. and MONSERUD, R. A. Biased predictions for tree height increment models developed from smoothed "data". *Ecol. Modelling*, 98: 13-22, 1997.

<sup>20</sup>STAGE, A. R. Prediction of height increment for models of forest growth. *USDA For. Serv. Res. Paper INT-164*, 1975.

<sup>21</sup>HASENAUER, H. Höhenzuwachsmodelle für die wichtigsten Baumarten Österreichs. *Forstwiss. Centralblatt*, 118: 14-23, 1999.

<sup>22</sup>HASENAUER, H., MONSERUD, R. A. and GREGOIRE, T. G. Using simultaneous regression techniques with individual-tree growth models. *Forest Sci.*, 44 (1): 87-95, 1998.

<sup>23</sup>HASENAUER, H. *Die simultanen Eigenschaften von Waldwachstumsmodellen*. Berlin: Paul Parey, 2000.

<sup>24</sup>BOTKIN, D. B., JANAK, J. F. and WALLIS, J. R. Op. cit., 1972.

<sup>25</sup>SHUGART, H. H. and SMITH, T. M. A Review of Forest Patch Models and their Application to Global Change Research. *Climatic Change*., 34:131-153, 1996.

SHUGART, H. H. Op. cit., 1998.

modelos baseados em árvores singulares, reside na simulação de variantes de desbaste e liberações, tanto em povoamentos equiâneos quanto nos inequiâneos.

### Limitações

Já que os modelos para produção florestal têm como pressuposto a imutabilidade do sítio (habitat) e são deduzidos, exclusivamente, de relações estatísticas, a disponibilidade de dados apropriados constitui importante aspecto para sua parametrização. Dados apropriados significam que os mesmos devem ser independentes de oscilações casuais (por exemplo, influenciados por efeitos climáticos passageiros) e, sobretudo, representativos em relação à prognose desejada dos efeitos de intervenções silviculturais.

Além disso, deve-se considerar a precisão das medições das variáveis de entrada. Um exemplo típico é a medição do incremento em altura, obtido de árvores em pé, através de levantamentos periódicos. A imprecisão da medição muitas vezes é tão elevada que os resultados devem ser atribuídos mais ao acaso do que às correlações encontradas.<sup>19</sup> Para a pesquisa do incremento em altura, a situação fica mais favorável quando se dispõe de dados oriundos de análise de tronco<sup>20</sup> ou de medições feitas em árvores abatidas<sup>21</sup>. Finalmente, deve-se apontar que as funções de crescimento dos modelos para produção florestal representam um sistema simultâneo de equações. Neste caso, deveriam, então, ser usados os assim chamados métodos simultâneos de regressão.<sup>22</sup> Os modelos PROGNAUS e MOSES consideram esses aspectos com vistas a aumentar a precisão de estimativas futuras.<sup>23</sup>

### Modelos de sucessão (modelos de clareiras, gap-models)

Os modelos de sucessão representam um princípio da modelagem de ecossistemas que, semelhante aos de produção florestal, baseia-se na observação da árvore dentro de uma unidade maior. Assim, podem ser considerados como uma derivação dos modelos de população (ver Figura 3). Como nos modelos de árvores singulares, também aqui faz-se uso do conceito de crescimento potencial. Diferentemente dos modelos de produção florestal, o crescimento atual não é reduzido por índices de concorrência, mas sim através das chamadas funções-resposta para luz, água, nutrientes.<sup>24</sup>

Os *gap-models* descrevem a sucessão de ecossistemas em um plano espacial relativamente pequeno. A área pesquisada tem a dimensão ocupada por um pequeno número de indivíduos maduros que, em regra, corresponde ao tamanho de um *plot* de mapeamento de vegetação (100 a 1.000 m<sup>2</sup>).<sup>25</sup> Os modelos de sucessão estruturam-se de acordo com a seguinte idéia: uma determinada área



<sup>26</sup>BOTKIN, D. B., JANAK, J. F. and WALLIS, J. R. Op. cit., 1972.

BOTKIN, D. B. Op. cit., 1993.

<sup>27</sup>SHUGART, H. H. and WEST, D. C. Development of an Appalachian deciduous forest succession model and its application to assessment of the impact of the chestnut blight. *Journal of Environmental Management*, 5: 161-179, 1977.

<sup>28</sup>DOYLE, T. W. The Role of Disturbance in the Gap Dynamics of a Montaine Rain Forest: An Application of a Tropical Forest Succession Model. In: WEST, D. C., SHUGART, H. H. and BOTKIN, D. B. (eds.): *Forest Succession: Concepts and Application*. New York: Springer Verlag, 1981, p. 56-73.

<sup>29</sup>VAN TONGEREN, O. and PRENTICE, I. C. Op. cit., 1986.

<sup>30</sup>MENAUT, J. C., GIGNOUX, J., PRADO, C. and CLOBERT, J. Tree Community Dynamics in a Humid Savanna of the Cote-d'Ivoire: Modelling the Effects of Fire and Competition with Grass and Neighbors. *Journal of Biogeography*, 17: 471-481, 1990.

<sup>31</sup>COFFIN, D. P. and LAUENROTH, W. K. Disturbances and Gap Dynamics in a Semiarid Grassland: A Landscape-Level Approach. *Landscape Ecology*, 3: 19-27, 1989.

<sup>32</sup>BUGMANN, H., XIAODONG, Yan, SYKES, M. T., MARTIN, Ph., LINDNER, M., DESANKER, P. V. and CUMMING, S. G. A comparison of forest gap models: Model structure and behaviour. *Clim. Change.*, 34:289-313, 1996.

<sup>33</sup>BUGMANN, H. On the Ecology of Mountainous Forests in a Changing Climate: A

(*patch*, fragmento) representa a zona de influência de uma grande árvore adulta. Com sua morte forma-se uma clareira na qual se estabelece a regeneração que entra novamente em crescimento.

### *Evolução histórica*

O primeiro modelo de sucessão típico foi o JABOWA, desenvolvido para a descrição da dinâmica da floresta experimental Hubbard Brook, no noroeste do EUA.<sup>26</sup> Apoiando-se no conceito de potencial difundido por Newham em 1964 para os modelos de produção florestal, Botkin e colaboradores expressaram o crescimento de cada árvore na dependência de luz, água e disponibilidade de nutrientes, através das citadas funções-resposta. Este princípio foi modificado por Shugart e colaboradores e ampliado para o modelo FORET.<sup>27</sup>

Na seqüência foram desenvolvidos *gap-models* para os mais diversos ecossistemas florestais que, em sua concepção inicial, baseavam-se no modelo JABOWA-FORET, e que, desde então, não se diferenciam muito em sua estrutura. Utilizam apenas princípios mais detalhados, por vezes, mecanísticos e, portanto, mais reais (por exemplo, consideração explícita da concorrência espacial entre as árvores, inclusão de processos fisiológicos, simulação de uma larga faixa de condições ambientais).

Uma seleção de tais modelos encontra-se no Quadro 2. Além destes, foram desenvolvidos modelos de sucessão para florestas tropicais e subtropicais<sup>28</sup> (modelo FORICO), restingas<sup>29</sup>, savanas<sup>30</sup> e pradarias<sup>31</sup> (modelo STEPPE).

### *Estrutura geral*

Os *gap-models* simulam os processos fundamentais: regeneração, crescimento e mortalidade de cada árvore em uma determinada área.<sup>32</sup> Esta área corresponde a uma ou mais células (*plots*) com tamanho fixo entre 100 e 1.000 m<sup>2</sup>, cada uma contendo várias árvores sem que sua posição espacial seja conhecida. A unidade de simulação, via de regra, é a árvore singular. Princípios alternativos empregam grupos de árvores como unidade básica (*cohort-based models*).<sup>33</sup>

Como resultado, não se obtêm variáveis ao nível da árvore singular, mas ao nível do povoamento, como, por exemplo, o aumento da biomassa aérea das árvores de interesse. A dinâmica do desenvolvimento da floresta é apresentada continuamente através da atualização periódica dos parâmetros iniciais.

Os programas de computador são montados de forma modular. Em cada módulo estão programados os três processos fundamentais: crescimento, mortalidade e regeneração. Sub-módulos descrevem os fatores ambientais influentes (estimulantes ou limitantes) no crescimento.

Simulation Study. Ph.D. Thesis Nº 10638, Swiss Federal Institute of Technology Zürich, Switzerland, 1994.

REED, K. L. An Ecological Approach to Modeling of Forest Trees. *Forest Science*, 26: 33-50, 1980.

<sup>34</sup> BOTKIN, D. B., JANAK, J. F. and WALLIS, J. R. Op. cit., 1972.

SHUGART, H. H. and WEST, D. C. Op. cit., 1977.

KERCHER, J. R. and AXELROD, M. C. A Process Model of Fire Ecology and Succession in a Mixed-Conifer Forest. *Ecology*, 65:1725-1742, 1984.

PASTOR, J. and POST, W. M. Influence of climate, soil moisture and succession on forest carbon and nitrogen cycles. *Biogeochemistry*, 2: 3-27, 1986.

SOLOMON, A. M. Transient Response of Forests to CO<sub>2</sub>-Induced Climate Change: Simulation Modeling Experiments in Eastern North America. *Oecologia*, 68: 567-579, 1986.

KIENAST, F. FORECE - A Forest Succession Model for Southern Central Europe. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory, ORNL/TM-10575, 1987.

LEEMANS, R. and PRENTICE, I. C. *FORSKA, a General Forest Succession Model*. Uppsala: Institute of Ecological Botany, 1989.

URBAN, D. L. *A Versatile Model to Simulate Forest Pattern: A User's Guide to Zelig 1.0*. Univ. of Virginia, Department of Environmental Sciences, Charlottesville, VA., 1990.

MARTIN, Ph. EXE: A Climatically Sensitive Model to Study Climate Change and CO<sub>2</sub> Enrichment Effects on Forests. *Australian Journal of Botany*, 40: 717-735, 1992.

KELLOMÄKI, S., VÄISÄNEN, H., HÄNNINEN, H., KOLSTRÖM, T., LAUHANEN,

Quadro 2

Seleção de modelos de sucessão para diferentes ecossistemas florestais

Nome	Autor(es) <sup>34</sup>	Ecossistema florestal representado
JABOWA	Botkin <i>et al.</i> , 1972	Florestas de folhosas, nordeste dos EUA
FORET	Shugart and West, 1977	Florestas de folhosas, ao sul dos Apalaches, EUA
SILVA	Kercher and Axelrod, 1984	Florestas mistas de coníferas
LINKAGES	Pastor and Post, 1985	Florestas de transição de zonas temperada para boreal
FORENA	Solomon, 1986	Florestas do leste dos EUA
FORECE	Kienast, 1987	Florestas da Europa Central
FORSKA	Leemans and Prentice, 1989	Florestas escandinavas
ZELIG	Urban, 1990	Florestas de folhosas ao sul dos Apalaches
EXE	Martin, 1992	Florestas de transição de zonas temperada para boreal
SIMA	Kellomäki <i>et al.</i> , 1992	Florestas escandinavas
SORTIE	Pacala <i>et al.</i> , 1993	Florestas de carvalho em transição para florestas de madeiras duras do nordeste dos EUA
FORCLIM	Bugmann, 1994	Florestas de montanha da Suíça
PICUS	Lexer and Hönninger, 2000	Florestas de montanha da Europa Central

### Aplicações

Os modelos cumprem sua tarefa somente quando conseguem reproduzir e esclarecer as estruturas e processos existentes na natureza, isto é, a combinação de parâmetros realísticos na entrada deve reproduzir resultados igualmente realísticos. Deve-se salientar que os modelos de clareira foram desenvolvidos, em princípio, para a reconstrução de ecossistemas e, portanto, não previam qualquer variante de intervenção. Daí decorre sua denominação de modelos sucessionais. É necessário destacar que os modelos sucessionais tradicionais são apropriados para a descrição de ciclos de carbono, somente sob certas restrições, pois alguns parâmetros ecofisiológicos importantes para a fixação deste elemento não podem ser modelados.

Além disso, um grande número de possibilidades de emprego dos modelos de clareira pode, simultaneamente, ser compreendido como teste de sua sensibilidade<sup>35</sup> (Quadro 3).

A essência da análise de sensibilidade está no julgamento da resposta do modelo frente à modificação de algum de seus parâmetros. Para cada parâmetro é definida uma faixa específica de

R., MATTILA, U. and PAJARI, B. SIMA: a Model for Forest Succession Based on the Carbon and Nitrogen Cycles with Application to Silvicultural Management of the Forest Ecosystem. *Silva Carelica*, 22: 1-85, 1992.

PACALA, S. W., CANHAM, C. D. and SILANDER, J. A. Jr. Forest Models Defined by Field Measurements: I. The Design of a Northeastern Forest Simulator. *Canadian Journal of Forest Research*, 23: 1980-1988, 1993.

BUGMANN, H. Op. cit., 1994.

LEXER, M. J. and HÖNNINGER, K. A modified 3D-patch model for spatially explicit simulation of vegetation composition in heterogeneous landscapes. *For. Ecol. and Manage.* (in press), 2000.

<sup>35</sup>SHUGART, H. H. Op. cit., 1998.

<sup>36</sup>PACALA, S. W., CANHAM, C. D., SAPONARA, J., SILANDER, J. A. Jr., KOBE, R. K. and RIBBENS, E. Op. cit., 1996.

<sup>37</sup>Os autores referidos no Quadro 3 são citados em SHUGART, H. H., Op. cit., 1998.

<sup>38</sup>PACALA, S. W., CANHAM, C. D., SAPONARA, J., SILANDER, J. A. Jr., KOBE, R. K. and RIBBENS, E. Op. cit., 1996.

<sup>39</sup>SHUGART, H. H., Op. cit., 1998.

valores, representada pelo melhor valor (*best value*), valor máximo e valor mínimo (*upper and lower bounds*). Em cada ciclo do modelo, o parâmetro sob julgamento é colocado em um destes três valores. Para possibilitar os cálculos (3<sup>10</sup> combinações, com apenas 10 parâmetros), todos os outros parâmetros permanecem com seu melhor valor.<sup>36</sup>

Quadro 3  
Possibilidades de uso ou teste de *gap-models*.<sup>37</sup>

Aplicabilidade/Teste	Autor (es)
Previsão de propriedades de povoamentos (biomassa, área foliar, número de árvores, área basal) através de parâmetros estimados a priori.	Phipps, 1979; Develice 1988
Ciclo do modelo de longo tempo, comparação do resultado com povoamentos super maduros da área estudada.	Leemans and Prentice, 1987; Busing and Clebsch, 1987
Calibração do modelo em um povoamento de determinada idade e previsão da estrutura de um povoamento de idade diferente.	El Bayoumi <i>et al.</i> , 1984; Busing and Clebsch, 1987
Simulação de calamidades ou modificações ambientais (p. ex. frequência de queimadas).	Shugart and West, 1977; Kercher and Axelrod, 1984
Previsão do incremento diamétrico.	Doble, 1981; van Daalen and Shugart, 1989
Previsão de tabelas de rendimento.	Leemans and Prentice, 1987; Kienast and Kuhn, 1989
Previsão da modificação da composição sociológica em gradientes ambientais específicos.	Botkin <i>et al.</i> , 1972; Bonan 1989
Previsão da modificação da composição sociológica em gradientes ambientais múltiplos.	Kercher and Axelrod, 1984; Kienast and Kuhn, 1989
Reconstrução da composição vegetacional em paleoclimas	Solomon and Webb 1985; Bonan and Hayden, 1990

Ao contrário da análise de sensibilidade, a verificação de erro no sentido estatístico é executada muito raramente, já que a maioria dos parâmetros utilizados nas partes dinâmicas dos modelos sucessionais não é estimada por métodos estatísticos.<sup>38</sup>

### Limitações

Os modelos de clareiras foram desenvolvidos, inicialmente, para acompanhar as sucessões ocorridas em ecossistemas (florestais) e permitir comparações entre os mesmos. A estrutura do modelo permite a descrição dinâmica das interações entre a árvore e o ambiente, que se expressam pela reação de cada planta às condições ambientais reinantes ou às suas modificações.<sup>39</sup>

Os modelos de clareira, entretanto, não são adequados apenas para simular o padrão da vegetação sob determinadas condições ambientais. Teste dos modelos demonstraram que, em princípio, os *gap-models* podem ser empregados para reconhecer reações e processos dinâmicos de ecossistemas, diante da modificação das condições ambientais.

Entretanto, muitos dos pressupostos simplificados, usados para formulação do crescimento das árvores, não são mais sustentáveis. Um ponto central para a continuidade do desenvolvimento destes modelos, situa-se, portanto, na substituição das simplificações por métodos mais detalhados, como os conhecidos nos princípios de modelagem mecanística (por exemplo, consideração explícita da fotossíntese, da respiração e da transferência do carbono). As dificuldades referem-se ao fato de que os modelos de clareira são basicamente modelos de árvores singulares, e os processos ecofisiológicos dificilmente podem ser definidos para cada indivíduo, sem incorrer em distorções grosseiras (problema de escala). Tais processos, discutidos adiante, são definidos de modo mais real para um povoamento do que para uma árvore, em especial quando existe ainda pouco conhecimento sobre os mesmos.<sup>40</sup>

<sup>40</sup> SHUGART, H. H. and SMITH, T. M. Op. cit., 1996.

Outro ponto central para o aperfeiçoamento dos modelos sucessionais é o equacionamento da influência antrópica nos ecossistemas florestais (colheita da madeira, uso da terra), de forma que possam ser empregados como instrumentos para tomada de decisão.<sup>41</sup> A evolução, no sentido da descrição de diferentes cenários de intervenções silviculturais, orienta-se nos objetivos dos modelos para a produção florestal. A dificuldade básica neste caso é que os modelos sucessionais não foram concebidos para a modelagem de manejo de povoamento e com isto não possuem, por exemplo, parâmetros para a descrição da concorrência ou possibilidades de modelar os efeitos de intervenções silviculturais.

<sup>41</sup> KELLOMÄKI, S., VÄISÄNEN, H., HÄNNINEN, H., KOLSTRÖM, T., LAUHANEN, R., MATTILA, U. and PAJARI, B. Op. cit., 1992.

### **Modelos mecanísticos-biogeoquímicos (modelos BGQ)**

As teorias que conferem sustentação aos modelos mecanísticos baseiam-se na consideração de que um ecossistema corresponde a uma mistura de bioquímica, biofísica, ecofisiologia, microclimatologia, resultando na ligação entre diferentes disciplinas e na introdução do conceito de biogeoquímica. Os modelos mecanísticos descrevem a circulação, transformação e acumulação de energia e matéria. O meio para tais processos são as estruturas vivas (por exemplo, árvores ou outros organismos), o ambiente e suas interações. Quando observados em um contexto global são denominados ciclos biogeoquímicos ou modelos bio-



<sup>42</sup>LANDSBERG, J. J., KAUFMANN, M. R., BINKLEY, D. ISEBRANDS, J. and JARVIS, P. G. Evaluating progress toward closed forest models based on fluxes of carbon, water and nutrients. *Tree Physiology*, 9: 1-15, 1991.

<sup>43</sup>BOYSEN JENSEN, P. *Die Stoffproduktion der Pflanzen*. Deutschland: Jena, 1932. 108 S.

<sup>44</sup>RUNNING, S. W., WARING, R. H. and RYDELL, A. R. Physiological control of water flux in conifers: A computer simulation model. *Oecologia*, 18:1-16, 1975.

<sup>45</sup>RUNNING, S. W. and COUGHLAN, J. C. A general model of forest ecosystem processes for regional applications. I. Hydrologic balance, canopy gas exchange and primary production processes. *Ecological Modelling*, 42: 125-154, 1988.

RUNNING, S. W. and GOWER, S. T. FOREST-BGC a general model of forest ecosystem processes for regional applications. II. Dynamic carbon allocation and nitrogen budgets. *Tree Physiology*, 9:147-160, 1991.

<sup>46</sup>RUNNING, S. W. and HUNT, E. R. Generalisation of a forest ecosystem process model for other biomes, BIOME-BGC, and an application for global-scale models. Pages 141-158 in J. R. EHLERINGER and C. FIELD, editors. *Levels Scaling Processes between Leaf and Landscape*. San Diego: Academic Press, 1993. p. 141-158.

THORNTON, P. E. *Description of a numerical simulation model for predicting the dynamics of energy, water, carbon and nitrogen in a terrestrial ecosystem*. Missoula, MT: University of Montana, 1998.

<sup>47</sup>WARING, R. H. and RUNNING, S. W. *Forest*

geoquímicos (BGQ). Os modelos mecanísticos são utilizados para a descrição dos ciclos de água, carbono e nutrientes e, ao tratarem de todos estes setores, representam sistemas fechados (*closed system model*).<sup>42</sup>

Via de regra, os modelos mecanísticos agem ao nível do povoamento, ao contrário da maioria dos modelos para produção florestal e de clareiras, que têm cada árvore como nível de modelagem. A floresta é vista como se fora uma única grande árvore (*big leaf idea*). As grandezas a serem estimadas não são o incremento volumétrico, o número de indivíduos, etc., mas, a biomassa produzida, em forma de produção primária líquida (PPL), as taxas de transpiração, a acumulação de nitrogênio, entre outras. Como a PPL, resultante do ciclo fotossintético, é expressa em peso seco de carbono (g/m<sup>2</sup> ou t/ha), são também denominados modelos do ciclo de carbono.

### *Evolução histórica*

Os primeiros modelos mecanísticos reportam-se às análises da fisiologia vegetal com vistas a identificar as causas do crescimento vegetal.<sup>43</sup> A partir da década de 60 foram construídos os primeiros modelos computacionais. A idéia básica consistia na sistematização de complexas interações e, de uma maneira retroativa, em descrever e compreender as interações entre os fatores participantes do crescimento. Inicialmente foram simuladas apenas partes do complexo ecossistema florestal, como o comportamento hídrico de árvores singulares por alguns dias (H<sub>2</sub>OTRANS).<sup>44</sup> A disponibilidade de novos conhecimentos básicos e o avanço na tecnologia computacional, conduziu à evolução destes modelos, como por exemplo o FOREST-BGQ<sup>45</sup> e o BIOME-BGQ<sup>46</sup> (veja Quadro 4).

### *Estrutura geral*

De forma genérica, o alvo da atenção não é mais a árvore singular, mas os ciclos determinantes do crescimento (radiação, ciclo da água e sobretudo os ciclos do carbono e de nutrientes) e suas interações em uma determinada área.<sup>47</sup> Existem também modelos mecanísticos baseados em árvores singulares (TREEDYN3)<sup>48</sup>, porém representam exceções, já que parece muito difícil segregar em árvores isoladas os ciclos de matéria de um ecossistema florestal. Por este motivo, considera-se todo o povoamento como uma grande árvore, na qual os processos ocorrem. Para os cálculos é utilizada a massa de folhas em forma de índice de área foliar (*LAI = Leaf Area Index*). O alcance espacial dos modelos deste tipo contempla desde a descrição de processos fisiológicos individuais, passando por povoamentos (modelo para ecossistema/tecido), chegando até a modelagem de processos em escala global. Tais modelos representam simultaneamente processos ecofisiológicos com diferentes graus de detalhamento.

*Ecosystems. Analysis at Multiple Scales*. 2nd Edition. Academic Press, 1998.

<sup>48</sup> BOSSEL, H. TREEDYN3 forest simulation model. *Ecological Modelling*, 90: 187-227, 1996.

<sup>49</sup> PARTON, W. J., SCHIMEL, D. S., COLE, C. V. and OJIMA, D. S. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Sci. Amer. J.*, 51: 1173-1179, 1987.

KNUDSEN, G. R. and HUDLER, G. W. Use of a computer simulation model to evaluate a plant disease biocontrol agent. *Ecological Modelling*, 35: 45-62, 1987.

MOHREN, G. M. J. and BARTELINK, H. H. Modelling the effects of needle mortality and needle distribution on dry matter production on Douglas Fir. *Netherlands journal of agricultural science*, 38 (1): 53-66, 1990.

RASTETTER, E. B., RYAN, M. G., SHAVER, G. R., MELILLO, J. M.; NADELHOFFER, K. J., HOBBI, J. E. and ABER, J. D. A general biogeochemical model describing the responses of the C and N cycles in terrestrial ecosystems to changes in CO<sub>2</sub>, climate and N deposition. *Tree Physiology*, 9:101-126, 1991.

WEINSTEIN, D. A., BELOIN, R. M. and YANAI, R. D. Modeling changes in red spruce carbon balance and allocation in response to interaction ozone and nutrient stresses. *Tree Physiology*, 9:127-146, 1991.

MCMURTRIE, R. E. Relationship of forest productivity to nutrient and carbon supply – a modeling analysis. *Tree Physiology*, 9: 87-99, 1991.

ABER, J. D. and FEDERER, C. A. A generalized, lumped-parameter model of photosynthesis, evapotranspiration and net primary production

Quadro 4

Seleção de modelos mecanísticos para diferentes ecossistemas florestais

Nome	Autor(es) <sup>49</sup>	Ecossistema representado
CENTURY-FOREST	Parton <i>et al.</i> , 1987	C e N no solo e dinâmica de C, N, P e S
INHIBISM	Knudsen and Hudler, 1987	Efetividade no controle biológico de <i>Pinus resinosa</i> atacado por fungos
FORGRO	Mohren and Bartlink, 1990	Ciclos de C, N, P, água, mortalidade de acículas
MBL-GEM	Rastetter <i>et al.</i> , 1992	Relação C/N como reação de modificações climáticas
PnET-CN/CHESS	Aber and Federer, 1992	Produção e transporte de C em povoamentos florestais
FORSUM	Kräuchi and Kienast, 1993	Análise de cenários de manejo florestal
TEM	Melillo <i>et al.</i> , 1993	PPL em relação a cenários de modificações climáticas
BIOME-BGQ	Running and Hunt, 1993	C, N, água e energia em povoamentos puros e equiâneos
BIOMASS	McMurtrie <i>et al.</i> , 1991	Crescimento florestal e água na Austrália
BGQ++	Hunt <i>et al.</i> , 1996	Baseia-se no BIOME-BGQ, transporte de outros elementos
TREEDYN3	Bossel, 1996	Modelo de árvore singular; acácias do Sul da China
TREGRO	Weinstein <i>et al.</i> , 1991	Biogeoquímica detalhada, tratamento de estresse, modelo por árvore
3-PG	Landsberg and Waring, 1997	Povoamentos florestais da Austrália
FORECAST	Kirritains <i>et al.</i> , 1999	Modelo híbrido resultante do desenvolvimento do FORECYTE; rendimento, economicidade, energia, vida selvagem

A principal característica dos modelos mecanísticos é a reprodução exata dos processos bioquímicos. Em decorrência dos progressos na ecofisiologia, o conhecimento sobre balanço de radiação, ciclo de carbono, perdas por transpiração, respiração, necessidade nutricional e processos de decomposição, vem crescendo constantemente. Alguns modelos descrevem apenas processos isolados (Processo de solo SOMM)<sup>50</sup>, enquanto outros tentam captar, o mais fielmente possível, diversos processos de um ecossistema (BIOME-BGQ<sup>51</sup> e 3-PG<sup>52</sup>).

in temperate and boreal forest ecosystems. *Oecologia*, 92: 463-474, 1992.

KRÄUCHI, N. and KIENAST, F. Modeling subalpine forest dynamics as influenced by a changing environment. *Water Air and Soil Pollution*, 68(1-2): 185-197, 1993.

MELILLO, J. M., MCGUIRE, A. D., KICKLIGHTER, D. W., MOORE, B., VOROSMARTY, C. J. and SCHLOSS, A. L. Global climate change and terrestrial net primary productivity. *Nature*, 363:234-240, 1993.

RUNNING, S. W. and HUNT, E. R. Op. cit., 1993.

BOSSSEL, H. Op. cit., 1996.

HUNT, E. R. JR., PIPER, S. C., NEMANI, R., KEELING, D. C., OTTO, R. D. and RUNNING, S. W. Global net carbon exchange and intra-annual atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations predicted by an ecosystem process model and three-dimensional atmospheric transport model. *Global Biogeochemical Cycles*, 10: 431-456, 1996.

LANDSBERG, J. J. and WARING, R. H. A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. *Forest Ecology and Management*, 95:209-228, 1997.

KIMMINS, J. P., MAILLY, D. and SEELY, B. Modelling forest ecosystem net primary production: the hybrid simulation approach used in FORECAST. 122:195-224, 1999.

<sup>50</sup>PASTOR, J. and POST, W. M. Op. cit., 1986.

<sup>51</sup>RUNNING, S. W. and HUNT, E. R. Op. cit., 1993.

<sup>52</sup>LANDSBERG, J. J. and WARING, R. H. Op. cit., 1997.

<sup>53</sup>PARTON, W. J., SCHIMEL, D. S., COLE, C. V. and OJIMA, D. S. Op. cit., 1987.

Outro aspecto característico dos modelos de ecossistema/tecido é considerar a biomassa verde como uma categoria. Com isto elimina-se muito da influência da bioquímica que se encontra nos modelos mecanísticos. Os objetivos são muito variáveis, mas procuram englobar os efeitos de intervenções de manejo, de influências naturais e de modificações climáticas nos ecossistemas. Faz sentido considerar, de alguma forma, além do ciclo do carbono, também o ciclo de nitrogênio. Parece igualmente importante que se considere de forma separada a produção e a decomposição, pois variações relativas na modelagem de cenários globais podem ser assim melhor visualizadas. Produção e decomposição são apresentadas em graus de detalhamento bem diferenciados, por exemplo nos modelos CENTURY<sup>53</sup>, MBL-GEM<sup>54</sup> e PnET-CN<sup>55</sup>.

Existem dois motivos para a aplicação regional e global de modelos com base em processos ecológicos. Por um lado, o próprio estudo da ecologia que na seqüência pode ser dividido em modelos que prevêem a PPL e a decomposição em um continente ou no globo ou os que executam a combinação de modelos fisiológicos com banco de dados regionais de um sistema de informação. Por outro lado, os resultados devem servir para a parametrização de modelos atmosféricos, como por exemplo os modelos TEM<sup>56</sup> e BIOME-BGQ<sup>57</sup>, que através de uma ampliação – divisão da região em rede (*grid*) com resolução determinada de área – podem ser utilizados para previsões regionais ou globais.

### Aplicação

A teoria dos modelos biogeoquímicos ganhou muita importância com o aumento da disponibilidade de conhecimentos básicos nas áreas de edafologia, fisiologia, hidrologia, e em razão do seu interesse nas relações de causa e efeito no desenvolvimento de ecossistemas e no crescimento florestal. Dado o alto grau de detalhamento das relações entre os fatores determinantes do crescimento, esses modelos são especialmente apropriados para a descrição das interações entre as plantas e o seu ambiente. Os modelos mecanísticos não partem da premissa de que o habitat seja constante e, já em sua concepção, prevêem interações de diferentes ciclos de matéria, tornando-se aptos ao estudo de cenários que englobem modificações nas condições gerais de crescimento.

A aplicabilidade dos modelos mecanísticos cresce com a precisão com que se pode conhecer os efeitos de modificações dinâmicas no ambiente (modificações climáticas, poluição ambiental, acidificação dos solos) e de ações antrópicas (adubação, queimadas, desmatamentos, irrigação). Na América do Norte, para uma análise de sensibilidade, (Projeto VEMAP – Vegetation/Ecosystem Modeling and Analysis<sup>58</sup>), foram testados com sucesso três modelos mecanísticos (BIOME-BGQ, TEM e CENTURY) na área de modificações climáticas e duplicação do dióxido de carbono.



- <sup>54</sup> RASTETTER, E. B., RYAN, M. G., SHAVER, G. R., MELILLO, J. M.; NADELHOFFER, K. J., HOBBIE, J. E. and ABER, J. D. Op. cit., 1991.
- <sup>55</sup> ABER, J. D. and FEDERER, C. A. Op. cit., 1992.
- <sup>56</sup> MELILLO, J. M., MCGUIRE, A. D., KICKLIGHTER, D. W., MOORE, B., VOROSMARTY, C. J. and SCHLOSS, A. L. Op. cit., 1993.
- <sup>57</sup> THORNTON, P. E. Op. cit., 1998.
- <sup>58</sup> VEMAP Members. Vegetation/Ecosystem Modeling and Analysis Project: Comparing Biogeography and Biogeochemistry Models in an Continental-Scale Study of Terrestrial Ecosystem Responses to Climate Change and CO<sub>2</sub> Doubling. *Global Biogeochemical Cycles*, 9(4): 407-437, 1995.  
VEMAP Members. Modeled response of terrestrial ecosystems to elevate atmospheric CO<sub>2</sub>: a comparison of simulations by the biogeochemistry models of the Vegetation/Ecosystem Modeling and Analysis Project (VEMAP). *Oecologia*, 114:389-404, 1998.
- <sup>59</sup> MOHREN, G. M. J. and BURKHART, H. E. Contrasts between biologically-based process models and management-oriented growth and yield models. *Forest Ecology Management*, 69:129-132, 1994.
- <sup>60</sup> LANDSBERG, J. J., KAUFMANN, M. R., BINKLEY, D. ISEBRANDS, J. and JARVIS, P. G. Op. cit., 1991.  
TIKTAK, A. and VAN GRINSVEN, H. J. M. Review of sixteen forest-soil-atmosphere models. *Ecological Modeling*, 83: 35-53, 1995.
- <sup>61</sup> MÄKELÄ, A., LANDSBERG, J., EK, A. R., BURK, T. E., TER-MIKAEELIAN, M., AGREN, G. I., OLIVER, C. D.

Os modelos biogeoquímicos parecem suficientemente flexíveis para reproduzir, de maneira realística, as modificações ambientais e as correspondentes mudanças nos ciclos de matéria, pois diferentemente dos modelos de produção florestal ou de clareiras, foram concebidos visando a descrição de tais processos. Os modelos mecanísticos estão sendo usados cada vez mais como instrumentos eficazes de apoio a decisões e, igualmente, como instrumentos para as pesquisas de causas/efeitos em ecossistemas florestais (BIOME-BGQ, BIOMASS e FORECAST). Apesar de sua relevância prática ainda são vistos como instrumentos acadêmicos com aplicação na pesquisa para o equacionamento das ligações causais em fórmulas matemáticas, nas quais atenta-se mais à reprodução da realidade do que à precisão.<sup>59</sup> Isto decorre do fato de que os modelos mecanísticos necessitam de dados complexos para sua parametrização e de que o conhecimento restrito de diversos processos ecofisiológicos ainda limita a capacidade de fazer previsões mais robustas.

Outro fator favorável é o preenchimento de lacunas com conhecimentos sobre os processos e suas inter-relações, como também o fato de que novas questões surgidas neste contexto, podem ser identificadas como necessidades de pesquisas. Os estudos das relações causa-efeito ganham especial importância.

### Limitações

Para transformar os modelos mecanísticos em instrumentos utilizáveis de forma concreta na atividade florestal, são necessárias simplificações na parametrização. Isto pode ser conseguido pela inclusão de relações empíricas, o que, entretanto, limita sua aplicabilidade (escala espacial, multiplicidade de espécie, previsões sob condições ambientais em modificação). Além disso, as relações dinâmicas entre hidrologia, biogeoquímica e crescimento das florestas podem ser eliminadas mediante a utilização de modelos parciais independentes para estes processos. O trabalho com variáveis agregadas traz mais uma possibilidade de simplificação.

Na dependência de sua utilização, os modelos apresentam diferentes graus de detalhamento. Quanto maior o espaço da simulação, tanto mais freqüente é o uso de relações empíricas e tanto maior pode ser também o espaço temporal. Diversos estudos têm encontrado nos modelos mecanísticos uma relativa superposição na descrição dos ciclos de radiação, água e carbono (as diferenças residem apenas no grau de detalhamento).<sup>60</sup> Na formulação dos ciclos de nutrientes, entretanto, aparecem grandes diferenças (transporte e locação de nutrientes). Igualmente, a descrição de situações de estresse não progrediu muito, necessitando mais observação. Os modelos, em sua maioria, ocupam-se com povoamentos puros. A ampliação deste princípio para povoamen-



and PUTTONEN, P. Process-based models for forest ecosystem management: current status of the art for practical implementation. *Tree Physiology*, 20:289-298, 2000.

<sup>62</sup>RUNNING, S. W. and COUGHLAN, J. C. Op. cit., 1988.

<sup>63</sup>RUNNING, S. W. and HUNT, E. R. Op. cit., 1993.  
THORNTON, P. E. Op. cit., 1998.

<sup>64</sup>THORNTON, P. E., RUNNING, S. W. and WHITE, M. A. Generating surfaces of daily meteorological variables over large regions of complex terrain. *Journal of Hydrology*, 190: 214-251, 1997.

<sup>65</sup>THORNTON, R. E. and RUNNING, S. W. An improved algorithm for estimating incident daily solar radiation from measurement of temperature, humidity and precipitation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 93:211-228, 1999.

<sup>66</sup>HASENAUER, H., NEMANI, R. R., SCHADAUER, K. and RUNNING, S. W. Forest growth response to changing climate between 1961 and 1990 in Austria. *Forest Ecology and Management*, 122:209-219, 1997.

**Hubert Hasenauer** é engenheiro florestal, doutor em Ciências Florestais e professor da Universidade Rural de Viena, Áustria.

tos mistos torna-se, portanto, um dos objetivos prioritários. Para isto é necessário encontrar um caminho que, considerando a estrutura do povoamento, consiga calcular pelo menos parte dos ciclos de matéria (por exemplo, fixação de carbono) para cada uma das espécies do povoamento.

Também aqui manifestam-se as mesmas dificuldades encontradas nos *gap-models* para a modelagem dos desbastes (ausência de dados sobre densidade do povoamento e número de indivíduos). Existem, entretanto, proposições para o uso de modelos mecanísticos com vistas à prognose da produção florestal.<sup>61</sup>

O FOREST-BGQ<sup>62</sup> ou sua versão aperfeiçoada, o BIOME-BGQ<sup>63</sup>, é um sistema que, em relação a sua resolução espacial e temporal, caracteriza-se por ser relativamente ponderado e fechado. Quando combinado com um gerador climático DAYMET<sup>64</sup> e MTCLIM<sup>65</sup>, forma um sistema completo para a descrição de diversos processos fisiológicos (evaporação, produção primária líquida e ciclo de nitrogênio) em povoamentos equiâneos. Além disso, foi utilizado com sucesso para análise dos efeitos de mudanças climáticas.<sup>66</sup>

A ampliação deste modelo para descrever povoamentos mistos (*Picea* e *Fagus* em especial) e a inclusão de medidas silviculturais, poderiam aumentar ainda mais seu interesse para o setor florestal. Também o ciclo do enxofre e do fósforo desempenham importante papel na modelagem de situações de estresse, com o que a inclusão desses ciclos no processo do solo poderia ter efeitos positivos.

Em síntese, pode-se afirmar que o princípio a ser utilizado depende do objetivo da modelagem. Não existe, portanto, um supermodelo, válido de forma genérica e que possa responder satisfatoriamente a todas as questões. Ao contrário, para a montagem, utilização ou adaptação de um modelo, é necessário responder às seguintes questões:

Quais os objetivos a alcançar?

Quais são os dados disponíveis (tipo, quantidade)?

Qual a abrangência temporal e espacial que deve ser considerada?



# PERSPECTIVAS DO MANEJO FLORESTAL POR ÁRVORES SINGULARES

*Miguel Antão Durlo  
José Newton Cardoso Marchiori  
Peter Spathelf*

*Ao introduzir a expressão “manejo florestal por árvores singulares” em nosso meio e ao avaliar sua aplicabilidade no sul do Brasil, procura-se apontar um caminho para a melhoria da produtividade de florestas nativas, demonstrar a aptidão ecológica desta forma de manejo e indicar uma direção ainda não explorada para futuras pesquisas. A possibilidade técnica de execução e a viabilidade econômica do modelo são asseguradas não só pelos meios materiais e pelos conhecimentos empíricos já existentes entre os proprietários florestais, mas também pelo bom incremento das árvores. Há, contudo, forte dependência de uma moldura legal mais simples e menos burocrática. Neste contexto, convém reconhecer o papel da ciência como instrumento de acúmulo de saber, necessário para orientar a atividade florestal baseada no conceito de árvore singular.*

## O manejo de florestas por árvores singulares

A atividade florestal envolve ações cujos efeitos podem vir a ocorrer somente após longos períodos. Muitos atos ou omissões, hoje praticados, costumam manifestar-se vários anos mais tarde. Além disto, a floresta representa um ecossistema muito complexo, no qual inúmeras variáveis e interações determinam seu estado atual e futuro.

Estes dois fatores forçaram a ciência florestal a desenvolver modelos para facilitar o trabalho. Até há bem poucos anos, eram adotados, exclusivamente, em todo o mundo, modelos que consideram a floresta como um ser vivo único. Tais modelos se materializam nas chamadas tabelas de produção, calculadas para povoamentos de uma única espécie e de mesma idade, válidas apenas em uma determinada região (macro-sítio), pressupondo, ainda, um determinado programa de tratamento (programa de desbaste). Os parâmetros, incluindo idade, altura dominante, altura média, diâmetro médio, área basal, incremento e volume estocado, utilizados para as intervenções silviculturais, são sempre globais e destinam-se ao povoamento como um todo. Quando o povoamento inclui mais de uma espécie ou idade, cada uma delas é tratada separadamente, como se fossem povoamentos puros, independentes. A impropriedade das tabelas de produção, para povoamentos mistos e inequívocos, tem sido comentada em numerosos trabalhos, nos últimos anos.<sup>1</sup>

Em contraposição ao modelo global, surge, uma nova forma de compreender a floresta, baseada em modelos de crescimento para árvores singulares. O desenvolvimento da floresta, neste caso, é entendido como resultante da soma das alterações de cada árvore individualmente. A unidade de informação e de prognose, portanto, passa a ser cada indivíduo, cada árvore.

Na silvicultura tradicional, a necessidade de redução do número de árvores por unidade de área, ou a conveniência de desbastes, por exemplo, são definidas, respectivamente, pelo número de indivíduos existentes em um dado momento no povoamento florestal e pela área basal média por hectare, para diferentes faixas de idade. No manejo por árvores singulares, ao contrário, não são as características gerais do povoamento que definem a conveniência de intervenções, mas as necessidades de cada indivíduo, na constelação de fatores que determinam o ritmo de seu crescimento. A unidade de manejo, desta forma, desloca-se do coletivo (povoamento, floresta) para o individual (árvore singular). O planejamento, as intervenções silviculturais, a colheita, bem como o controle do estoque e do incremento, passam a basear-se nos dados e funções de crescimento das árvores singulares. Os resultados para toda a floresta, ou por unidade de área, comumente usados na atividade florestal, são obtidos, então, pelo

<sup>1</sup> HASENAUER, H. Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten-Kiefer-und Buchen Fichtenmischbestände. Forstliche Schriftenreihe, Universität für Bodenkultur, Wien. Band 8, 1994.  
HASENAUER, H.; MOSER, M.; ECKMÜLLNER, O. Ein Programm zur Modellierung von Wachstumsreaktionen. *Allgemeine Forstzeitung*, 4: 216-218, 1994.  
PRETZSCH, H. Perspektiven einer modellorientierten Waldwachstumsforschung. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 114: 188-209, 1995.  
VANCLAY, J. K. *Modelling Forest Growth and Yield. Applications to mixed tropical Forests*. Wallingford: CAB International, 1994.



somatório dos valores computados para as árvores individuais. A grande vantagem deste conceito está em se poder representar qualquer povoamento, mesmo que não sejam homogêneos e/ou equiâneos, viabilizando-se, portanto, sua utilização para a modelagem do crescimento de povoamentos florestais nativos, compostos por numerosas espécies, com diferentes graus de mistura, em diferentes estágios de desenvolvimento, sem a necessidade de se conhecer previamente a idade do povoamento, aspecto indeterminável nas matas nativas sul-brasileiras.

Para a modelagem matemática, no entanto, requerem-se informações ainda mais sofisticadas do que as necessárias ao manejo tradicional, baseado em dados por unidade de área. Com base neste princípio, é preciso simular o crescimento das árvores por meio de um sistema de equações (modelos parciais), utilizando-se, de preferência, variáveis de fácil medição, como diâmetro, altura, porcentagem de copa, além da caracterização e modelagem da concorrência. O modelo geral deduzido deve, então, possibilitar a previsão do desenvolvimento individual de cada árvore, na dependência da espécie botânica, das dimensões atuais, do estado fitossanitário, de variáveis ligadas ao sítio e, fundamentalmente, da pressão competitiva existente.

Não obstante, e paradoxalmente, o manejo florestal por árvores singulares é de fácil compreensão e aplicação prática, especialmente em fragmentos florestais. O manejo florestal por árvores singulares reconhece intrinsecamente que, em florestas heterogêneas e inequiâneas, e até mesmo em povoamentos homogêneos e de mesma idade, a maturação do produto madeira não ocorre ao mesmo tempo e que sua colheita dá-se individualmente, sempre na dependência de critérios preestabelecidos, de ordem técnica, ecológica e econômica. Assim, diante de uma árvore, o silvicultor pode definir seu provável futuro e decidir se convém suprimi-la ou incentivar seu crescimento.

### **Requisitos para o manejo florestal**

Nos meios acadêmicos, o manejo florestal parece ganhar status ao pressupor um planejamento “altamente científico” (e tanto mais científico quanto mais complexo...) de intervenção na floresta. Embora não requeira tal planejamento, sua execução exige o cumprimento de quatro requisitos fundamentais: ser tecnicamente possível, economicamente viável, ecologicamente sustentável e legalmente permitido. ●

Mesmo necessitando atender a estes quatro pressupostos, o manejo florestal deveria ser uma atividade quase corriqueira, dependente apenas do cumprimento de regras biológicas básicas com vistas a influenciar positivamente na produção de bens florestais, materiais ou imateriais.

### Possibilidade técnica

Em princípio, o manejo florestal requer apenas embasamento biológico. Em segundo lugar, seus fundamentos técnicos devem ser facilmente compreensíveis, para serem executados pelos proprietários florestais. Esta prática não pode exigir, necessariamente, a intervenção de técnicos de alto nível, imposta por dispositivos legais ou classistas, que geralmente são caros, burocráticos, ou de qualquer forma limitante à atividade florestal. A contratação de um técnico para a elaboração de um plano de manejo justifica-se somente para grandes áreas de florestas e deve ser sempre uma opção do proprietário, nunca condição *sine qua non* ou imposição legal.

Estudos e conhecimentos científicos são, por outro lado, necessários para intervenções cada vez mais corretas no ecossistema florestal. O que se questiona, todavia, é se tais estudos são realmente indispensáveis para uma intervenção positiva. Ninguém, em sã consciência, pode, por exemplo, contestar intervenções silviculturais que visam favorecer o incremento de espécies valiosas. Cabe lembrar ainda que a modificação da composição florística em favor de espécies euxilóforas, em florestas já alteradas, como as do Rio Grande do Sul, não acarreta consequências graves.

As florestas nativas de nossas latitudes reúnem espécies de características genotípicas e fenotípicas distintas, complexidade que não é desconhecida pelo homem do campo. Os proprietários florestais, em sua maioria, identificam facilmente as espécies mais importantes de sua região, sabem intuitivamente sobre o comportamento silvicultural das mesmas e não desconhecem as características tecnológicas de suas madeiras, necessitando apenas, para o manejo correto de suas áreas, de orientações complementares e, fundamentalmente, aprender a pensar em prazos mais longos. Sob tais condições, é muito útil a idéia de “árvore futuro”.

O manejo florestal por árvores singulares implica que as decisões no povoamento passem a ter no indivíduo a unidade principal. A idéia de concentrar as intervenções silviculturais, visando apenas as árvores que irão formar o povoamento final, as chamadas “árvores futuro” ou “árvores-F”, já é antiga, remontando ao século XVIII. O conceito de árvores-F facilita a condução prática de povoamentos florestais, no sentido da produção de toras de grande dimensão e valor. A idéia de árvores-F incorporou-se ao sistema de desbaste seletivo, conceito básico reconhecido até hoje. Neste caso, um determinado número de árvores, com características desejadas, é escolhido ainda na fase jovem e favorecido até o final da rotação, pela retirada dos competidores mais fortes, sempre que necessário. Deste modo, tal intervenção distingue-se claramente das práticas tradicionais de desbaste por baixo ou por alto. Atualmente, nas regiões de maior tradição florestal, o desbaste seletivo com escolha de árvores-F é bem aceito, tanto em povoamentos de coníferas como de

folhosas. Para nossas matas nativas, compostas por numerosas espécies, com diferentes características e aptidões, este conceito ganha importância ainda maior. Convém observar que a seleção e o cuidado de indivíduos com características desejáveis não requer grande conhecimento científico e que a maioria dos proprietários rurais, a quem se deve a existência das poucas florestas nativas no sul do Brasil, sabe distinguir as espécies importantes em termos econômicos e conhece a aptidão de suas madeiras. Assim, os proprietários de áreas florestais, mesmo que pequenas, podem, com o aprendizado de algumas regras, realizar a seleção e a condução correta de árvores-F, observando os critérios de vitalidade, valor, estabilidade e distribuição espacial das mesmas.

Sob o ponto de vista de instrumentos e equipamentos, embora não dispondo da tecnologia existente em regiões de atividade florestal mais importante e tradicional, os meios à disposição são suficientes para viabilizar o trabalho em nossas florestas. Muitos dos instrumentos usados em atividades agrícolas necessitam apenas de pequenas adaptações para o trabalho florestal.

A estrutura fundiária também favorece a adoção do manejo florestal por árvores singulares. Como a colonização da região sul foi implantada em áreas originalmente silváticas, os fragmentos remanescentes encontram-se principalmente em minifúndios, cujos proprietários, se despertados para a atividade florestal, podem converter-se em agentes ideais para esta forma de manejo, já que, praticamente, conhecem cada árvore de suas matas.

### *Viabilidade econômica*

As florestas nativas do Rio Grande do Sul, por exemplo, além de ocuparem área reduzida do território estadual, encontram-se profundamente alteradas em sua composição florística e estrutura fitossociológica, devido à exploração seletiva das espécies e indivíduos mais valiosos, praticada desde o início da colonização. Esta realidade impõe o manejo dos fragmentos remanescentes, como medida indispensável para agregar interesse econômico às mesmas.

Por ocuparem terrenos declivosos, esgotados, pedregosos ou de outra forma inadequados às atividades tradicionais do meio rural, as matas nativas podem converter-se em importante alternativa econômica, desde que adequadamente manejadas. Observações recentes dão conta de que são numerosas as espécies de valor comercial com rápido crescimento, mesmo sem intervenções silviculturais. Como exemplo, cita-se um louro com 9 m de tronco livre e incremento anual superior a 144 cm<sup>2</sup> na seção transversal, correspondendo à produção anual de uma viga de 9 metros de comprimento e 12 x 12 cm de seção transversal. (ver Tabela 1).

Os valores servem como demonstração das boas perspectivas econômicas para o manejo de fragmentos florestais no Rio Grande do Sul, válidas igualmente para regiões similares no país.

Tabela 1  
Incremento diamétrico anual (cm) de canjerana, cedro e louro em floresta secundária nativa do Rio Grande do Sul.

Espécie (Número de observações)	Canjerana (157)	Cedro (126)	Louro (65)
Valor médio	0,70	1,11	0,79
Intervalo de confiança (95%) ±	0,64-0,76	1,03-1,19	0,66-0,93
Desvio padrão ±	0,40	0,45	0,56
Valor máximo observado	2,20	2,30	2,50

<sup>2</sup> DURLO, M. A. Zuwachsuntersuchungen und Einzelbaumwachstumsmodelle für *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* und *Cordia trichotoma* in sekundären Laubmischwäldern Südbrasilien. Dissertation. Institut für Waldwachstumsforschung. Universität für Bodenkultur. Wien, 1996.

Fonte: DURLO, M. A., 1996.<sup>2</sup>

Cabe ressaltar que a indústria madeireira do sul, com exceção da baseada em reflorestamentos de espécies exóticas, depende de matéria-prima trazida de locais cada dia mais distantes, notadamente da Amazônia, aspecto que colocou os estados sulinos entre os principais “importadores” de madeiras nobres no país (ver Tabela 2).

Tabela 2  
Relação de países e estados brasileiros que mais consomem madeira tropical (em %).

Quem são os maiores consumidores			
Da madeira tropical extraída no mundo		Da madeira extraída na Amazônia	
		São Paulo	20,1
Brasil	23,0	Minas Gerais	9,4
Japão	19,0	Paraná	9,0
União Européia	8,0	Rio de Janeiro	6,5
China	5,0	Santa Catarina	5,4
Taiwan	4,0	Rio Grande do Sul	4,3
		Países estrangeiros	14,4

<sup>3</sup> AMIGOS DA TERRA/ IMAFLORA/IMAZON. *Acertando o alvo*: consumo de madeira no mercado interno brasileiro e promoção da certificação florestal. São Paulo/ Belém, 1999.

Fonte: AMIGOS DA TERRA/ IMAFLORA/IMAZON, 1999.<sup>3</sup>

Um argumento frequentemente utilizado, quando se examinam os aspectos econômicos da atividade florestal, é o longo tempo necessário para que as árvores alcancem dimensões de corte. Ao se implantar uma floresta, pensa-se logo em espécies de rápido crescimento, que ficam prontas para o abate em menos de 10 anos, como por exemplo para *Eucalyptus* ou, no máximo, aos 30 anos, como no caso de *Pinus*. Períodos de rotação maiores ainda parecem fora de cogitação, embora não sejam menos vantajosos do que os citados. Espécies nativas, como cedro e louro, podem levar de 60 a 100 anos para atingir a maturação econômica, isto é, de 6 a 10 vezes o período necessário para *Eucalyptus* e de duas a três vezes o tempo exigido para *Pinus*. Esta aparente desvantagem, todavia, deixa de existir quando se observa o preço destas madeiras no mercado. O preço vigente para cedro e louro



é muito superior ao das exóticas citadas, sendo alcançado somente com um número maior de rotações que, ao final, pode representar um tempo superior ao da produção das nativas. Inúmeros outros exemplos de valor, de bom incremento de nossas árvores e de adequação da atividade florestal em diversas regiões, ainda poderiam ser mencionados.

A quebra da sustentabilidade da produção florestal deve-se, historicamente, a interesses econômicos imediatistas. O caminho inverso, o da reconstituição da sustentabilidade, somente será trilhado se igualmente houver interesse econômico.

### *Sustentabilidade ecológica*

Qualquer intervenção na floresta implica modificação no ecossistema: a retirada de apenas uma folha, por exemplo, é uma forma de intervenção, assim como o corte de vários hectares contíguos. Partindo do pressuposto de que o homem necessita de bens florestais, a questão que se coloca é definir a dimensão aceitável de tais intervenções. Esta aceitabilidade, varia no tempo, no espaço, em função das características da floresta e do conhecimento existente.

Quando se analisa a atividade florestal, à luz dos conhecimentos atuais, vê-se que as florestas dividem-se em dois grandes grupos: de produção e de proteção.

Na maioria das vezes, as primeiras caracterizam-se por plantios equiâneos e homogêneos, cobrindo grandes áreas com espécies exóticas, notadamente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Tais florestas são implantadas, tratadas, conduzidas e exploradas, com vistas a se obter o máximo de produção, à semelhança da atividade agrícola. Sua função ecológica não é levada em conta, ou é muito pouco questionada. A sociedade não vê problema em sua exploração, mesmo que esta se dê por corte raso, em grandes extensões.

As florestas nativas, ao contrário, são vistas fundamentalmente como de proteção. Cabe salientar que este termo é, em geral, empregado de forma equivocada, por entender-se que as mesmas devem ser mantidas intocadas e não por reconhecer-se sua função protetora sobre outros bens ou processos. É bem verdade que grande parte dos fragmentos florestais nativos hoje exercem um papel de proteção de encostas, de nascentes ou servem de abrigo para a fauna e como reserva de biodiversidade. Nestas matas, a exploração, até mesmo de uma única árvore, é tida como potencialmente prejudicial à natureza, exigindo uma *via crucis* burocrática, cara e, por fim, inútil, para sua execução.

Os objetivos de produção e de proteção, todavia, não são mutuamente excludentes. Qualquer floresta desempenha, de maneira simultânea, quatro funções principais: produção, proteção, equilíbrio climático e recreação.

Na função de produção, a madeira é o material mais conhecido, enquanto os demais, denominados, no meio técnico, de bens

indiretos ou bens imateriais, ganham crescente reconhecimento. De todo modo, independente de ser mono específica (homogênea) ou mista (heterogênea), equiânea ou com indivíduos de diversas idades, composta por árvores nativas ou exóticas, a floresta exerce, indissolivelmente, estas quatro funções. A magnitude de produção de cada um desses bens e a importância que lhes é atribuída, estas sim é que variam, na dependência do tipo de floresta, do local de ocorrência e das exigências da sociedade em cada época.

Reconhecer as exigências da sociedade como critério para a atribuição de valor às funções florestais, significa admitir um dinamismo temporal e espacial quanto à relevância das diferentes funções. Deste modo, a produção de madeira com determinadas dimensões e formas, já teve grande importância na Inglaterra, por exemplo, para a construção de embarcações. Em outro local e época, visava-se apenas a produção de grandes volumes de madeira para a atividade salineira ou de mineração. As modernas indústrias de papel e painéis de madeira também priorizam a quantidade produzida. Em outra situação, pode-se objetivar a simples manutenção da floresta, com vistas à produção de água e regulação do regime hídrico. Próximo aos grandes centros urbanos, crescem em importância as possibilidades de recreação disponibilizadas pelas áreas florestais. De todo modo, por mais direcionada que seja a expectativa em relação à floresta, ela não deixa de desempenhar as quatro funções referidas, simultaneamente. Elas são inseparáveis. Não se pode produzir madeira sem fazer sombra e suas conseqüências... As funções da floresta, portanto, não são excludentes; podem, no máximo, ser concorrentes. Termos como florestas energéticas e reflorestamentos ambientais, são portanto redundantes ou corolários inadequados, por não reconhecerem as múltiplas funções florestais. Eles limitam a compreensão “holística” da natureza, são reducionistas e burocratizantes. É equivocada, em conseqüência, a separação rigorosa (mesmo que apenas mental, e pior ainda se técnica ou legal) em florestas de produção e de proteção.

Com vistas ao manejo florestal, as intervenções podem, no máximo, modificar certos aspectos da floresta, objetivando alterar a magnitude e/ou proporção dos bens produzidos. Na produção máxima do bem desejado e na manutenção ideal das demais funções da floresta, é que reside a arte da ciência florestal.

Em muitos casos, a tentativa bem intencionada de transformar florestas, ou outras formas de vegetação nativa, em algo intocável para a produção de bens indiretos, não é uma boa saída, nem mesmo para a produção dos bens visados. Um exemplo: para se proteger as margens de um rio da erosão é comum apregoar-se que a vegetação permaneça intocável. Em certos casos, esta opção pode ser equivocada, pois a manutenção de algumas espécies pode até favorecer a erosão, enquanto outras maximizam a proteção quando sua parte

aérea recebe podas freqüentes e poucas tem seu efeito protetivo máximo, quando sem nenhuma intervenção. A supressão da vegetação florestal de uma encosta, como outro exemplo, disponibiliza certa quantidade de madeira, mas ao custo da forte redução, ou até cessamento, ainda que temporário, da função de proteção.

O manejo florestal por árvores singulares é uma forma ecológicamente correta de intervenção florestal. A retirada de árvores maduras, além de disponibilizar o produto madeira, libera espaço para maior incremento das remanescentes e para o desenvolvimento de outros indivíduos e espécies. A cobertura florestal não é eliminada, persistindo a produção dos bens indiretos, ao mesmo tempo em que se proporciona um ingresso econômico ao proprietário florestal.

Outra característica do manejo por árvores singulares é a semelhança e adaptação aos processos naturais da renovação em florestas nativas. A causa mais comum de aberturas no dossel, ou de formação de clareiras, é a queda de árvores velhas ou danificadas por intempéries. A colheita baseada em árvores singulares apenas antecipa esta senescência natural, sendo, por este motivo ecológica-mente adequada. Ao imitar a renovação natural, o dossel é pouco perturbado, não afetando de maneira significativa as estruturas vertical e horizontal da floresta. A composição florística e o microclima também não mudam sensivelmente. São igualmente pequenos os impactos no solo, em termos de erosão ou na ciclagem de nutrientes.

### *Conformidade com a legislação*

A existência de algumas regras, inclusive de caráter legal, é necessidade indiscutível quando se pensa em manejo de recursos naturais, sobre os quais, além do proprietário, também a comunidade tem interesse. O que se pode questionar, no entanto, é se tais regras devem chegar ao ponto de desestimular e até inviabilizar a atividade produtiva, como por vezes se observa em nosso meio. Ninguém desconhece que as florestas são muitas vezes consideradas como um estorvo nas propriedades rurais.

O manejo por árvores singulares, ao pressupor o abate seletivo de indivíduos maduros, é tecnicamente possível e ecológicamente correto, motivos suficientes para sua permissão legal, sem entraves burocráticos.

O plantio de espécies exóticas no sul do Brasil, por particulares, deve-se não apenas ao rápido crescimento que as caracteriza ou às suas aptidões tecnológicas, mas, em grande parte, à desburocratização da atividade florestal com tais espécies. Sem querer, a legislação discrimina as florestas nativas e, ao dificultar o seu manejo e uso, retira-lhes o valor econômico, favorecendo a silvicultura com exóticas.

A preservação e, talvez, a ampliação de nossas decantadas matas nativas provavelmente dependem da flexibilização legal de seu uso.

## O papel da ciência florestal

A formulação de modelos para intervenções silviculturais, que visam a aumentar a produtividade de florestas, sem interferir negativamente no ecossistema, exige o conhecimento do ritmo de crescimento das árvores.

As matas nativas sul-brasileiras reúnem inúmeras espécies, com árvores de idades desconhecidas, lado a lado. Devido às limitações ou à impossibilidade de emprego do método regressivo para análise do crescimento (análise de tronco) para muitas destas espécies, torna-se necessário o desenvolvimento de novas metodologias a fim de correlacionar o crescimento das árvores com outras variáveis, que não a idade. Assim, mesmo existindo a possibilidade de adoção imediata do manejo florestal por árvores singulares, para sua modelagem matemática, a ciência florestal precisa percorrer ainda um longo caminho.

As dimensões das árvores e as relações interdimensionais são informações muito úteis para o manejo por árvores singulares, mas precisam ser pesquisadas. O ritmo de crescimento de cada espécie, fundamental para decisões silviculturais, é uma variável ainda desconhecida. O seu comportamento silvicultural em sítios distintos, assim como a influência de diferentes condições de concorrência, tanto sobre a taxa de crescimento, como sobre as formas e dimensões das árvores, em cada fase de desenvolvimento, são informações que a ciência florestal precisa obter.

Dadas as dificuldades do estudo retrospectivo do crescimento e às limitações inerentes à instalação de parcelas de observação permanentes, o uso do conceito de cronosséries parece ser uma alternativa viável para a rápida obtenção das principais informações. Este conceito parte do princípio de que, em um sítio semelhante, árvores de uma mesma espécie desenvolvem-se de forma semelhante. Por esta hipótese, pode-se verificar, simultaneamente, o comportamento de uma série de indivíduos com dimensões crescentes – mesmo sabendo das limitações do uso de dimensões em substituição a idades crescentes – e aceitar comportamentos futuros semelhantes, quando os indivíduos, agora pequenos, atingirem certas dimensões.

Fundamentado neste princípio, pode-se verificar reações importantes de cada uma das diferentes espécies às diversas variáveis de sítio e de concorrência (ver figuras a seguir).<sup>4</sup>

A Figura 1 mostra o comportamento da canjerana, do cedro e do louro em relação à pedregosidade do sítio. Embora aqui não estejam expostos os valores estatísticos geradores do gráfico, fica claro que as espécies respondem, de forma semelhante, com redução de crescimento, à medida que aumenta a pedregosidade. Por afetar igualmente as três espécies, esta característica do habitat, por si só, não serve como critério de escolha entre as mesmas.

<sup>4</sup> As figuras constam do trabalho de DURLO, M. A. Op. cit., 1996.



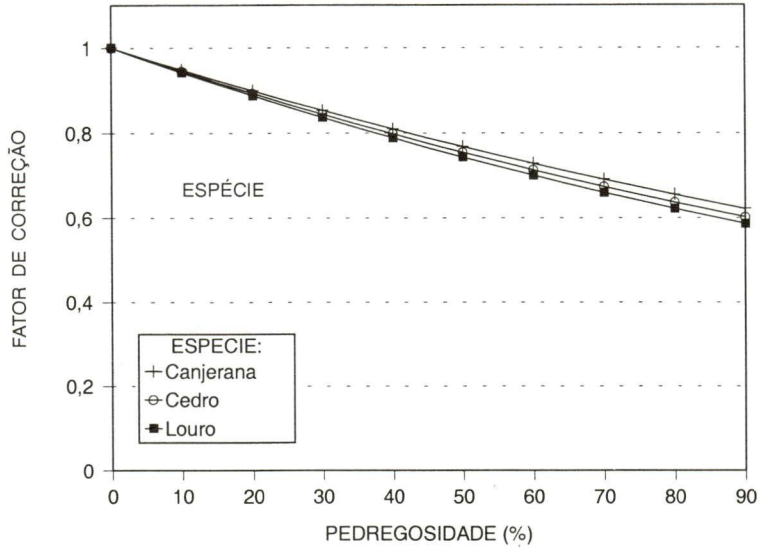


Figura 1

Fatores de correção do incremento diamétrico de canjerana, cedro e louro em função da pedregosidade do terreno.

A influência da exposição e da inclinação sobre o crescimento diamétrico da canjerana pode ser visualizada na Figura 2. Da leitura do gráfico, fica evidente que a espécie cresce melhor em terrenos de exposição leste e que sua produção aumenta com a declividade. Para a exposição oeste, registra-se uma redução da capacidade produtiva, mantendo-se a correlação com a declividade.

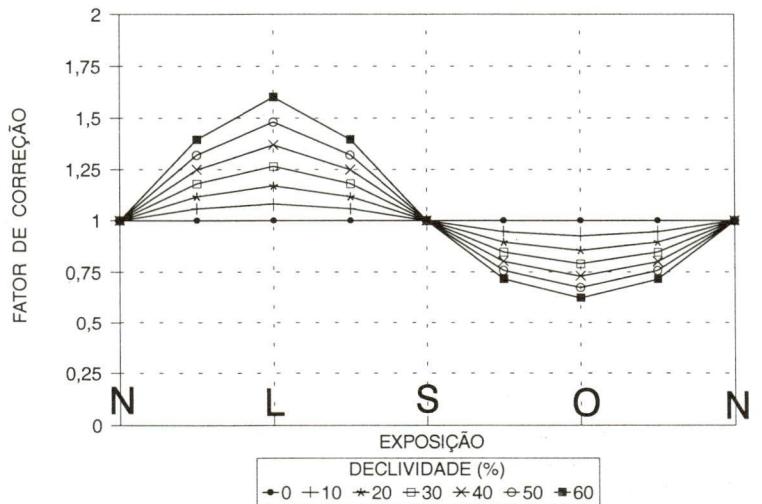


Figura 2

Fatores de correção para o incremento diamétrico de canjerana em função da exposição e declividade do terreno.

Informações deste tipo são valiosas para a silvicultura, pois indicam exigências particulares e melhores sítios para o plantio das espécies.

Na Figura 3 encontram-se representados os fatores de correção para o incremento diamétrico do louro, em função da concorrência, expressa em  $m^2/ha$  de indivíduos com diâmetros superiores. As curvas descendentes indicam que o incremento diamétrico do louro é reduzido por fatores de correção cada vez menores, com o aumento da concorrência. O gráfico mostra igualmente que a redução é variável em função das dimensões das árvores. Assim, para louros de 5 centímetros de diâmetro, sob concorrência de  $20m^2$ , por exemplo, a redução é muito acentuada, ao passo que, para indivíduos maiores, esta redução resulta bem menos grave. Tal fato demonstra a alta sensibilidade juvenil da espécie à concorrência, recomendando, para o seu manejo, a adoção de liberações, especialmente na fase jovem.

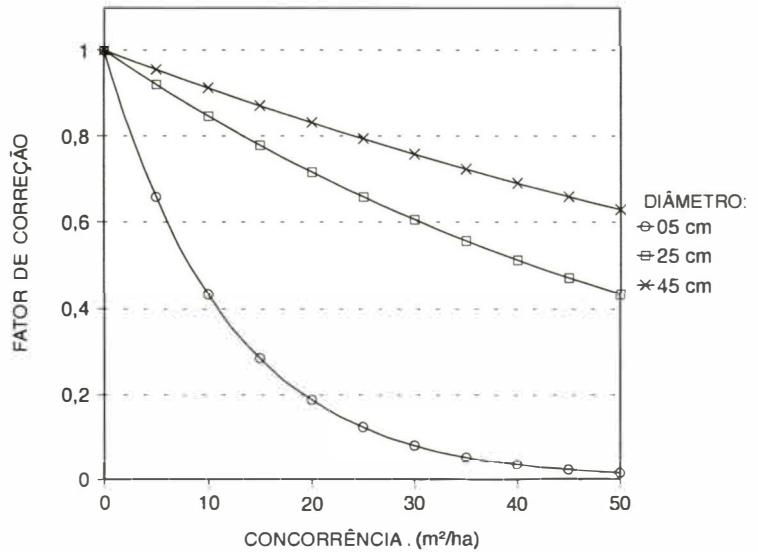


Figura 3  
Fatores de correção do incremento diamétrico de louro de diferentes diâmetros em função da concorrência.

Informações deste tipo, embora insuficientes para explicar os mecanismos fisiológicos envolvidos, possuem valor prático e bastam para visualizar a direção, bem como a magnitude das reações das espécies florestais às diferentes variáveis. Desta forma, os fragmentos de florestas passam a ser vistos como um laboratório vivo para as pesquisas. O acúmulo sistemático destas informações certamente formará a base científica para o manejo florestal por árvores singulares, um método prático e viável, tanto do ponto de vista ecológico quanto econômico, para as florestas nativas.

**Miguel Antão Durlo, José Newton Cardoso Marchiori e Peter Spathelf** são engenheiros florestais, doutores em Ciências Florestais e professores da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

# EXPLORAÇÃO FLORESTAL, SUSTENTABILIDADE E O MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

*Claudio Ferraz  
Ronaldo Seroa da Motta*

**O** Brasil desmatou cerca de 400.000 km<sup>2</sup> de florestas tropicais durante os últimos vinte anos. Esse processo predatório de extração de madeira, estimulado por políticas governamentais que incentivaram a conversão agrícola na Amazônia, tem produzido efeitos ambientais significativos, tanto locais quanto globais, através da emissão de CO<sub>2</sub>. Entre as opções discutidas para a região, a mais recente é a concessão de florestas nacionais para a exploração sustentável de madeira. Não obstante os custos, a atividade não apresenta viabilidade financeira, dada a oferta abundante de madeira proveniente da extração ilegal. No entanto, a combinação de extração de madeira com a venda de certificados de seqüestro de carbono, materializada pelo mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), pode gerar importantes benefícios para o desenvolvimento sustentável da região amazônica. Mesmo tendo custos de seqüestro de carbono mais altos que atividades de silvicultura com espécies homogêneas, os benefícios secundários oriundos da preservação e da redução das taxas de desmatamento na Amazônia tenderiam a interessar à comunidade internacional. A implementação deste mecanismo depende, contudo, da regulamentação final do MDL.

## A exploração florestal na Amazônia

O desmatamento de importantes ecossistemas no Brasil, principalmente nas áreas da fronteira amazônica, tem crescido durante os últimos vinte anos. De acordo com imagens de satélite, aproximadamente 400.000 km<sup>2</sup> de florestas tropicais foram desmatados na Amazônia Legal entre 1978 e 1998<sup>1</sup>, processo este resultante de incentivos dados pelos governos e de uma série de fatores econômicos e sociais, como os incentivos para obtenção de terras nas regiões de fronteiras, o crédito subsidiado, a construção de estradas e a desigualdade de renda e terras.<sup>2</sup> Além disso, existe uma imensa fragilidade institucional de fazer cumprir as normas e regras ambientais em vigor.<sup>3</sup>

O processo de desmatamento tem conseqüências ambientais locais, como a erosão de solos e a diminuição da disponibilidade de águas, além de conseqüências que podem ser consideradas globais, como a perda de biodiversidade e a contribuição para as emissões de CO<sub>2</sub>. Ambos os tipos de externalidades geram perdas econômicas significativas, tanto para gerações presentes quanto para gerações futuras.

O processo de desflorestamento consiste, principalmente, na conversão de florestas para a agricultura e pastagens. Parte da madeira extraída, ou o direito de extração, é vendido para as madeireiras como uma maneira de adquirir o capital necessário para a atividade agrícola.<sup>4</sup> Atualmente esta sinergia continua prevalecendo, porém a extração direta de madeira tem aumentado significativamente.<sup>5</sup> Assim, já se fala em uma possível separação das fronteiras agrícolas e madeireiras.<sup>6</sup>

A crescente atividade madeireira tem um caráter predatório, gerando danos significativos na área de floresta remanescente.<sup>7</sup> Os casos de extração madeireira através da utilização de processos de manejo sustentável são raros na Amazônia, e a maior parte da madeira proveniente da região é retirada de forma irregular e ilegal.

As práticas de manejo sustentável na extração de madeira já estão presentes na regulamentação ambiental brasileira. No entanto, dado o seu alto custo quando comparado com a oferta de madeira oriunda da expansão agrícola, não são utilizadas. A falta de incentivos econômicos para a sua adoção é exacerbada pela ausência (ou impossibilidade) de fiscalização em áreas de enormes dimensões.

Uma possibilidade que surge como alternativa para deter o crescimento da extração ilegal de madeira é o desenvolvimento da atividade madeireira em terras públicas, realizada através de concessões. Com este propósito foram criadas as florestas nacionais (Flonas). A utilização de uma área sob concessão, não exigiria investimentos para a compra de terras. Desta forma, a produção

<sup>1</sup> INPE. *Relatório anual de desflorestamento na Amazônia*. São José dos Campos: INPE, 2000.

<sup>2</sup> FERRAZ, C. *Measuring the Causes of Deforestation, Agriculture Land Conversion and Cattle Ranching Growth: Evidence from the Amazon*. Rio de Janeiro: IPEA, mimeo. Setembro de 2000.

<sup>3</sup> SEROA DA MOTTA, R. *The economics of biodiversity: the case of forest conversion*. In: Investing in biological diversity: the Cairns conference, Paris: OECD, 1997.

<sup>4</sup> SEROA DA MOTTA, R. e FERRAZ, C. *Estimating timber depreciation in the Brazilian Amazon*. Texto para Discussão n. 570, Rio de Janeiro: IPEA, Julho de 1998.

<sup>5</sup> NEPSTAD, D. *et al.* Large scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature*, 398, April 8, 1999.

<sup>6</sup> SCHNEIDER, R., VERÍSSIMO, A., ARIMA, E. e BARRETO, P. *Sustainable forestry and the changing economics of land: the implications for public policy in the Legal Amazon*. World Bank, mimeo, 2000.

<sup>7</sup> VERÍSSIMO, A. *et al.* Logging impacts and prospects for sustainable forest management in the old-Amazonian frontier: the case of Paragominas. *Forest Ecology and management*, 55: 169-199, 1992.



<sup>8</sup> VERÍSSIMO, A. e BARRETO, P. *Informações e sugestões para a criação e gestão de florestas públicas na Amazônia*. Documento de Trabalho n. 7, Programa Nacional de Florestas, Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1999.

<sup>9</sup> FERRAZ, C. e SEROA DA MOTTA, R. Economic incentives for forest concessions in Brazil. *Planejamento e Políticas Públicas*, Dezembro 1998.

<sup>10</sup> VERÍSSIMO, A. e BARRETO, P. Op. cit.

sustentável de madeira em florestas públicas seria mais barata do que a produção manejada em florestas privadas.<sup>8</sup>

Não obstante, para que essa atividade seja rentável, faz-se necessário fechar a expansão da fronteira agrícola que supre de forma ilimitada a demanda das madeireiras por toras. Caso contrário, a dificuldade na diferenciação da madeira proveniente de Flonas e da extração ilegal, geraria um preço equivalente para os dois produtos, o que faria com que as concessões não recuperassem seus investimentos em tecnologia de manejo sustentável.<sup>9</sup>

Algumas propostas têm sido feitas neste sentido, como taxar as madeiras provenientes de extração ilegal ou certificar as madeiras extraídas com métodos de manejo.<sup>10</sup> Estas soluções dependem, no entanto, da eficácia do governo em determinar e descobrir as madeiras compradas ilegalmente, e por outro lado, da disposição do mercado consumidor em pagar por madeiras certificadas, fatores difíceis de serem implementados a curto prazo.

Uma alternativa para viabilizar financeiramente a extração de madeira sustentável de Flonas pode ser complementar à atividade de produção madeireira, com a venda do serviço ambiental de seqüestro de carbono. O recente mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), que permite a venda de certificados de seqüestro de carbono para os países que têm que cumprir as metas estabelecidas no Protocolo de Quioto, surge como uma oportunidade para a obtenção de ganhos financeiros e ao mesmo tempo para viabilizar a extração madeireira sustentável, reduzindo o processo de desflorestamento na Amazônia brasileira.

### **Mudança climática e o mecanismo de desenvolvimento limpo**

A percepção de que o processo de mudança climática está efetivamente ocorrendo, mesmo que contestado por alguns cientistas, já é uma unanimidade na comunidade científica internacional. Os riscos associados a este processo são enormes, porém variam significativamente entre regiões. Por isso, os interesses no controle da emissão de gases de efeito estufa (GEE) também estão diferenciados em termos geográficos. A mudança da temperatura global causa o alagamento de diversas regiões, e afeta a agricultura e outras atividade econômicas que dependem de fatores climáticos. Além disso, o risco de disseminação de doenças aumenta significativamente.<sup>11</sup>

Mesmo existindo uma enorme incerteza em relação aos possíveis efeitos da mudança climática, foi aprovado em dezembro de 1997, em Quioto, um protocolo dividindo os países do mundo em dois grupos: anexo-1 (desenvolvidos) e não-anexo-1 (em desenvolvimento ou em transição). Pelo Protocolo de Quioto, os 38 países do chamado anexo 1 se comprometeram a reduzir

<sup>11</sup> EPSTEIN, P. R. Is global warming harmful to health?. *Scientific American*, August 2000.

as emissões dos seis principais gases de efeito estufa em 5,2% durante o período 2008-2012.

O Protocolo permite que as metas sejam alcançadas por meio de reduções nacionais ou da compra de créditos referentes a reduções voluntárias, vendidos pelos países não pertencentes ao anexo-1. Este modelo, batizado como mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), tem o intuito de diminuir o custo global de redução das emissões de gases lançados na atmosfera que produzem o efeito estufa e, ao mesmo tempo, apoiar iniciativas que promovam a sustentabilidade nos países em desenvolvimento. Os objetivos simultâneos refletem a necessidade de ação coordenada entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, que, apesar de terem posicionamentos distintos, dividem o objetivo comum de reduzir o acúmulo de GEE.

O princípio básico do MDL é simples. Ele permite que países em desenvolvimento realizem projetos obtendo certificados de redução de emissões. Os certificados podem ser guardados como créditos ou vendidos para os países do anexo 1. Assim, os países desenvolvidos podem então aplicar esses créditos nas metas fixadas para 2008-2012, reduzindo os cortes que teriam de ser feitos nas próprias economias. Como muitas das oportunidades de redução de emissões são mais baratas em países em desenvolvimento, isso aumenta a eficiência econômica para alcançar as metas iniciais de redução de emissões de GEE. O mecanismo funciona porque a contribuição das emissões de GEE para as mudanças climáticas é a mesma, independentemente do local em que ocorram.

O mecanismo de redução não é só vantajoso para os países desenvolvidos. Os países em desenvolvimento também se beneficiam, não apenas com o aumento do fluxo de investimentos, mas também com a exigência de que estes investimentos compensem as emissões de GEE ao mesmo tempo em que promovam os objetivos de desenvolvimento sustentável. Assim, o MDL permite a participação dos países em desenvolvimento no controle da GEE, num período em que outras prioridades limitam os recursos para atividades de redução de emissões. Mais genericamente, o objetivo do MDL de promover iniciativas que contemplam os países em desenvolvimento, reconhece que apenas por meio do desenvolvimento de longo prazo será possível a participação de todos na proteção ao clima.

Inicialmente, tanto projetos de controle de emissões de gases de efeito estufa relacionados à energia, como projetos relacionados ao seqüestro de carbono (*carbon sink*) por florestas estariam contemplados dentro do MDL. Não obstante, existem divergências quanto à possibilidade de utilização de projetos de seqüestro de carbono, dado que o artigo 12 do protocolo de Quioto não menciona a utilização de *carbon sinks* explicitamente.

<sup>12</sup> *Joint Implementation Quarterly*, Paterswolde, The Netherlands, special issue, August 2000.

<sup>13</sup> SEDJO, R. Harvesting the benefits of carbon "sinks". *Resources*, issue 133, fall 1998.

<sup>14</sup> NEWELL, R. G. e STAVINS, R. N. *Climate change and forest sinks: factors affecting the cost of carbon sequestration*. Resources for the Future Discussion Paper 99-31-rev, December 1999.

<sup>15</sup> SEDJO, R. e SOHNGEN, B. *Forestry sequestration of CO<sub>2</sub> and markets for timber*. Resources for the Future Discussion paper 00-35, Washington, D.C.: Resources for the Future, September 2000.

A controvérsia surge porque o artigo 3, do mesmo protocolo, libera a utilização de métodos de seqüestro de carbono nos países do anexo I para o cumprimento das metas estabelecidas para 2008-2012.<sup>12</sup> Assim, faz-se difícil saber o tipo de seqüestro de carbono que será considerado como válido na regulamentação definitiva.

Mesmo que seqüestro de carbono seja declarado como válido para o MDL, existem problemas adicionais relacionados com o estabelecimento de *baselines*, o tipo de floresta (floresta tropical e/ou plantada) e a metodologia para contabilizar e validar o processo de seqüestro.<sup>13</sup>

## Oportunidades e benefícios do MDL para o Brasil

Admitindo que os projetos de seqüestro de carbono possam ser utilizados num mercado de MDL, o setor florestal brasileiro oferece um enorme potencial com os vastos recursos florestais e com as tendências atuais de emissões associadas ao desmatamento. As possíveis opções florestais e sua rentabilidade serão determinadas basicamente pelo preço da terra, pelo uso da terra, pela dinâmica no processo de seqüestro de carbono e pela duração do processo de seqüestro de carbono dada a necessidade de avaliar ganhos do seqüestro trazidos a valor presente.<sup>14</sup>

Assim, concessões florestais oferecidas pelo governo através das Flonas, poderiam ser cruciais para criar oportunidades de exploração florestal em larga escala e com impacto reduzido, complementadas com a redução de emissões de CO<sub>2</sub> por desflorestamento e com a proteção da biodiversidade.

Convém, portanto, analisar as opções florestais e, em particular, o papel que as Flonas poderiam ter no sentido de consolidar a extração sustentável de madeira com a venda de certificados de seqüestro de carbono. Além disso, cabe comentar os possíveis benefícios secundários das diferentes opções florestais e seus efeitos para o processo de desenvolvimento sustentável brasileiro. Os cenários estabelecidos não levam em consideração uma possível redução no preço futuro da madeira se projetos de seqüestro de carbono forem estabelecidos em vários países e a madeira for posteriormente vendida no mercado internacional.<sup>15</sup>

Mesmo assim, o setor florestal brasileiro fornece excelentes oportunidades de projetos para seqüestro de carbono. O clima brasileiro e a abundância de terras criam condições ideais para plantações de florestas que, apesar de já rentáveis, têm seu desenvolvimento limitado por restrições de capital e por falta de mecanismos de financiamento de longo prazo.

Por outro lado, a prevenção de desflorestamento na Amazônia, pelo manejo e proteção das florestas nativas, pode ter um impacto substancial em evitar a emissão de carbono adicional na atmosfera, conservando ao mesmo tempo a biodiversidade.

De qualquer modo, não é fácil controlar a atual dinâmica de desflorestamento. Seria necessário focalizar os problemas estruturais econômicos e elaborar um programa amplo o suficiente para erradicar, e não realocar, atividades madeireiras ilegais, o que geraria um efeito de *leakage*.<sup>16</sup> Além disso, dúvidas nos MDLs são maiores com relação à proteção de florestas existentes do que para atividades de seqüestro de carbono, devido ao problema de adicionalidade.

A madeira brasileira oriunda de mata nativa é, na maioria das vezes, retirada de forma irregular e ilegal, principalmente na Amazônia, onde a produção madeireira tem as vantagens da conversão agrícola do solo florestal. Desta forma, a atividade madeireira não sustentável gera taxas estimadas de retorno de 30% até 100%, se incluído o processamento da madeira.<sup>17</sup>

A extração madeireira de impacto reduzido, como a que seria praticada nas florestas nacionais, poderia reduzir perdas ambientais consideráveis se comparada à contínua expansão da exploração na fronteira. No entanto, esta atividade não pode competir com a extração madeireira legal. Extração sustentável requer grandes investimentos em terra, auditorias, encargos fiscais e pagamento de concessões, custos que podem ser maiores do que os benefícios da redução de perdas e crescimento da biomassa. Além disso, implementar a extração madeireira sustentável, projeto por projeto, apenas encoraja a mudança da extração ilegal para outra parte. Isto ameaça a viabilidade de projetos de impacto reduzido e constitui um problema de *leakage* importante para o mercado de MDL.

Os elementos básicos do conceito de Flona são, porém, muito atraentes. Se aplicados amplamente com outras unidades de conservação, como parques nacionais e reservas biológicas e extrativas, poderiam criar um padrão para uso sustentável do solo na Amazônia. Mas para ter êxito, tem de ser tão rentável quanto a extração ilegal, a qual até o momento não se conseguiu deter. É neste contexto que os ganhos acumulados pelos créditos de MDL poderiam fazer uma diferença significativa na equação da viabilidade das Flonas.

### Avaliação das opções florestais

Seis opções florestais são avaliadas – três de plantações (florestas plantadas) e três de manejo de florestas nativas (ver Tabela 1). A viabilidade financeira das opções florestais é muito sensível aos preços de terra, particularmente para o manejo de florestas nativas na Amazônia, devido ao maior tempo exigido para rotatividade.

Depois de um período de subida desde meados dos anos 80, os preços da terra têm baixado, especialmente após o processo de estabilização inflacionária. Aqui, pressupõe-se que, com o crescimento da economia, os preços de terra voltarão, a longo prazo, a seu patamar prévio.

<sup>16</sup>O conceito de *leakage* se refere a uma realocação da atividade produtiva que, no agregado, não gera uma redução nas emissões de CO<sub>2</sub>.

<sup>17</sup>ALMEIDA, O. T. e UHL, C. Identificando os custos de usos alternativos do solo para o planejamento municipal da Amazônia: o caso de Paragominas (PA). In: MAY, P. (ed.). *Economia Ecológica*. Rio de Janeiro: Campus, 1995.



Duas outras suposições são importantes. Primeiro, apenas fases de extração serão analisadas. O processamento e manufatura da madeira não serão levados em consideração, pois estas atividades envolveriam a análise de uma grande variedade de tecnologias e produtos que extrapola o escopo deste estudo. Em todo caso, emissões de carbono ocorrem principalmente durante a extração.

Segundo, supõe-se que os custos de aprendizado serão minimizados para plantações, pois estas já são bastante difundidas no Brasil. A análise de manejo sustentável é baseada quase que totalmente em pesquisa de campo, pois sua aplicação no Brasil ainda é experimental.

Tabela 1  
Projetos Florestais Brasileiros para Crédito de MDL.

	Florestas plantadas para celulose	Florestas plantadas para carvão vegetal	Florestas plantadas para madeira	Manejo privado de florestas nativas na Amazônia	Florestas nacionais na Amazônia	Florestas nacionais com unidades de conservação na Amazônia
Carbono evitado por ha <sup>a</sup>	24,1	180,1	43,3	18	18	18
Taxa interna de retorno (% a.a.) <sup>b</sup> : sem custo da terra	14,6	13,3	17,6	33,0	–	–
Taxa interna de retorno (% a.a.) <sup>b</sup> : com custo da terra	11,1	10,1	13,3	0,5	1,3	–
Custo implícito do carbono evitado (US\$/t C) <sup>c</sup>	1,4	0,7	-9,50	9,0	1,8	5,0

Fonte: SEROA DA MOTTA, R., FERRAZ, C., YOUNG, C.E.F., AUSTIN, D. e FAETH, P. *O mecanismo de desenvolvimento limpo e o financiamento do desenvolvimento sustentável no Brasil*. Texto para Discussão n. 761, Rio de Janeiro: IPEA, Setembro de 2000. Tabela 3, pag. 24.

## Florestas plantadas

Plantações florestais são um próspero negócio no Brasil. A produção industrial de madeira proveniente de florestas plantadas aumentou 53% entre 1990 e 1995.<sup>18</sup> O Brasil oferece condições ideais para plantações: o clima tropical permite rotatividade curta (6 a 12 anos), solos de baixo custo e várias iniciativas já desenvolvidas. Atualmente quase 60 espécies são plantadas para uso comercial.<sup>19</sup>

Os silvicultores enfrentam dois problemas principais: a volatilidade de preços num mercado internacional muito competitivo e os requerimentos de crédito para investimentos de longa duração, principalmente em terra. O período extra para conseguir

<sup>a</sup> Carbono medido como a diferença entre o estoque de carbono da floresta plantada e da área degradada, considerando biomassa morta e viva, solo, produtos madeireiros e substituição de combustíveis fósseis. No manejo estima-se a diferença de carbono em relação à extração sem manejo mais produtos madeireiros, de acordo com Fearnside (1995).

<sup>b</sup> Estimativas de florestas plantadas sem custo da terra são de Fearnside (1995). Manejo sem custo da terra de Almeida e Uhl (1995). Custo da terra de US\$ 200/ha. Todos os valores em US\$ de 1992.

<sup>c</sup> Estimado como o valor presente líquido dividido pelo carbono evitado. Taxa de desconto de 12% a.a.

<sup>18</sup> PRADO, A. C. *Exploração florestal madeireira*. Brasília: Funatura, 1995.

<sup>19</sup> FEARNSIDE, P. M. Global warming response options in Brazil's forest sector: comparison of project-level costs and benefits. *Biomass and Bioenergy*, v. 8, n. 5, p. 309-322, 1995.

fundos de agências de crédito governamental é ainda muito curto para acomodar o período longo de maturidade dos investimentos inerente à indústria. Embora as plantações florestais sejam um dos setores mais dinâmicos no país, ganhos adicionais com MDL poderiam ser cruciais para ultrapassar essas barreiras. As plantações diferem amplamente. Aqui as estimativas de rentabilidade e benefícios do carbono são desenvolvidas a partir de uma série de projetos existentes. Excluindo o custo da terra, o custo por tonelada de carbono sequestrado para três tipos de plantações – celulose, carvão e madeira – são respectivamente, \$13,60, \$3,47 e \$14,45 t/C.<sup>20</sup>

<sup>20</sup>FEARNSIDE, P. M. Op. cit.

Conforme a Tabela 1, todos os tipos de plantações oferecem alto retorno financeiro. Com uma taxa interna de retorno (TIR) de 17,6% a.a., a opção madeira é a mais rentável, seguida pela celulose (14,6%) e carvão (13,3%). O custo da terra foi incluído no valor de US\$ 200 por hectare com base numa expectativa de preços crescentes. Mesmo incluindo estes elevados preços de terra, todas as opções ainda são rentáveis.

O alto retorno financeiro permitirá às plantações fornecer créditos de MDL com custo muito baixo. O custo do carbono sequestrado para plantações de celulose e carvão seria menor do que US\$ 1,50 por tonelada ao passo que plantações para madeira já são atualmente rentáveis e assim aceitariam qualquer preço positivo para carbono. É claro que esses indicadores de rentabilidade são sensíveis às alterações dos preços relativos dos insumos e fatores que são difíceis de prever. Dessa forma, no setor de plantação, os ganhos com MDL irão agir como uma fonte adicional de renda, para diminuir os riscos associados às oscilações dos preços dos insumos e produtos, e não como motivo principal para investimentos.

## Manejo de florestas nativas

O manejo de florestas nativas na Amazônia pressupõe uma extração de madeira de impacto reduzido que visa minimizar danos ecológicos às florestas e reduzir perda de madeira. Entretanto, o manejo impõe um custo de gestão mais elevado. Enquanto a extração ilegal retira em média 38 m<sup>3</sup>/ha, com manejo esta produção pode cair para 1 a 2 m<sup>3</sup>/ha. Portanto, para conseguir o mesmo resultado por hectare numa atividade sem manejo, necessita-se 30 vezes mais terra, operando numa rotatividade de 30 anos.<sup>21</sup>

<sup>21</sup>AMARAL, P. *et al.*, *Floresta para sempre: um manual para a produção de madeira na Amazônia*. Belém: WWF/Imazon/USAID, 1998.

Portanto, a diferença entre extração com ou sem manejo está no investimento em terra e no período da rotatividade. Embora programas de certificação possam idealmente criar prêmios para madeira sustentável, a fraca capacidade institucional aliada às forças do mercado internacional mostram que não é possível assegurar preços mais altos para a madeira com manejo. Portanto,

admitimos um preço constante para a madeira independente da prática de manejo. Três opções são analisadas para manejo de florestas nativas: uma de manejo privado, onde a terra está disponível a preço de mercado, e duas com utilização de terra pública sob concessão (Flona).

### Manejo privado

O manejo de floresta nativa na Amazônia, excluindo o custo da terra, gera uma renda líquida anual de US\$ 28/ha com um custo de capital inicial de US\$ 83 – uma taxa de retorno de 33%.<sup>22</sup> Isto é mais que os 30% de retorno estimados para extração sem manejo, devido ao aumento do crescimento de árvores e menor desperdício no processo de extração. Entretanto, a taxa de retorno cai para 0,5% quando se inclui o custo da terra. Outros estudos nos quais o custo do reflorestamento é calculado usando dados de oito empresas no Brasil, apresentam um valor em torno de US\$ 13,50 t/C e US\$ 9,30 t/C para eucaliptos e pinus respectivamente.<sup>23</sup> Para o manejo sustentável na Amazônia, estimativas alternativas geram uma taxa de retorno negativo de -3,8%.<sup>24</sup>

A prática de manejo reduz a perda de carbono em 18 t/ha comparado com a exploração sem manejo.<sup>25</sup> Baseado nessas estimativas, o manejo privado, incluindo o preço da terra, seria viável financeiramente com um preço para o carbono seqüestrado de aproximadamente US\$ 9 por tonelada – muito acima das opções de plantações. Porém, o preço do carbono mais alto estaria também garantindo benefícios sociais ecológicos significativos. Além disso, para o manejo, o ganho com MDL torna-se o ponto determinante para a viabilidade do projeto e não apenas um mecanismo de proteção de risco como indicado para as plantações.

### Concessões de florestas nacionais

O Programa de Florestas Nacionais, idealizado pelo governo atual, tem proposto concessões entre 40 e 60 milhões de ha para prática de manejo sustentável. Com apoio governamental e concessão de terra pública, os custos de manejo podem ser reduzidos drasticamente. Para realizar a análise, admitimos que o custo de terra na concessão será de US\$ 69,50/ha.<sup>26</sup>

Considerando esse preço da terra nos cálculos da opção de manejo privado, obtém-se uma taxa de retorno de 1,3% e um preço de carbono de US\$ 1,80. Assim, com o programa de concessão, o manejo seria mais rentável que a opção privada e com um custo mais reduzido para o carbono seqüestrado.

Entretanto, diferentemente da opção privada, necessita comprometimento e iniciativa por parte do governo. No Brasil, isso representava pressão sobre recursos orçamentários reduzidos. Por outro lado, os créditos com o MDL poderiam aliviar essa

<sup>22</sup>ALMEIDA, O. T. e UHL, C. 1995. Op. cit.

<sup>23</sup>FBDS. Capture of CO<sub>2</sub> and cost of reforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in Brazil. Workshop organizado pela Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável. Anais. 1994.

<sup>24</sup>FEARNSIDE, P. M. 1995. Op. cit.

<sup>25</sup>FEARNSIDE, P. M. 1995. Op. cit.

<sup>26</sup>FUNATURA. Cost of implementation of conservation units in Legal Amazônia. Brasília: Funatura/SCT-PR/UNDP, 1992.

pressão. O benefício principal da proposta está na sua escala. Praticando-se manejo, projeto por projeto, faz-se pouco no sentido de diminuir incentivos para extração sem manejo em outras áreas. Entretanto, com um programa nacional de concessão de florestas, o manejo poderia eventualmente fornecer uma produção anual entre 50 e 70 milhões de metros cúbicos, inviabilizando completamente a produção atual sem manejo.<sup>27</sup>

<sup>27</sup>FERRAZ, C. e SEROA DA MOTTA, R. Op. cit., 1998.

### **Concessões de florestas nacionais e unidades de conservação**

<sup>28</sup>FUNATURA. Op. cit.

Outra proposta mais ampla seria a concessão de florestas nacionais associada a um conjunto de unidades de conservação.<sup>28</sup> Este programa de conservação, do qual fazem parte áreas de concessões de florestas, está baseado na conversão de 30% da Amazônia em áreas de conservação num custo total de US\$ 7,65 bilhões. O referido montante, estimado como o valor presente líquido de todos os gastos, está avaliado em US\$ de 1992, usando uma taxa de desconto de 12%; os custos cobrem a criação e a operação de novas unidades e a resolução de problemas de implementação e operação em unidades existentes, incluindo as reservas indígenas.

Se essa participação de 30% de área de conservação fosse adicionada aos atuais 16% de reserva indígena, uma área de 46% da Amazônia estaria sob controle. O incremento de 30% representaria uma contribuição significativa para a preservação da Floresta Amazônica, particularmente em termos marginais, pois pode constituir um fechamento da fronteira agrícola. Dessa forma, um programa nessa escala pode reduzir drasticamente a extração de madeira sem manejo e diminuir o incentivo ao desmatamento para fins agrícolas, gerando, assim, significativos benefícios em carbono.

Um programa de conservação desse porte teria um custo por hectare muito alto, em torno de US\$ 127,50/ha. Se fosse passado para as concessões, acabaria por elevar o custo do carbono seqüestrado a US\$ 5. Embora mais alto que os US\$ 1,80 estimados para a opção acima sem unidades de conservação, com esse programa o Brasil poderia viabilizar o manejo na atividade madeireira e ainda garantir o uso de 46% da Floresta Amazônica para finalidades de conservação.

Entretanto, tais opções de manejo analisadas levantam questões relativas ao cumprimento das normas ambientais. O nível atual de extração sem manejo mostra que os recursos disponíveis de monitoramento e cumprimento dessas normas são insuficientes para proteger adequadamente as áreas designadas. A extensão de áreas protegidas a quase metade da Floresta Amazônica, conforme definido na última opção, multiplicaria os desafios no cumprimento desta legislação.



Está claro que a melhoria do monitoramento e a aplicação das sanções legais tornariam os projetos com MDL mais viáveis – reduzindo *leakages* e aumentando a competitividade do manejo. Igualmente, isto diminuiria os riscos e custos para investidores do MDL e asseguraria que programas de manejo poderiam atrair uma participação maior dos fundos de investimentos globais. As práticas e as instituições reforçando o cumprimento da lei poderiam, ao menos, fornecer uma base segura para atividades com MDL e seriam consistentes com os objetivos políticos internos. Assim, se levarmos em conta os custos institucionais, os custos relativos dessas opções podem aumentar.

### **Benefícios secundários dos projetos florestais de MDL**

O Protocolo de Quioto incorpora algo como um pressuposto não-escrito: que aqueles projetos que são favoráveis à redução de emissões de carbono devem ser favoráveis também à promoção do desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento. À primeira vista isto será verdadeiro para um grande número de projetos, mas não está claro que deva ser sempre verdade e nem que um projeto julgado mais adequado do ponto de vista da redução de emissões de carbono será tão atraente sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável quando levado em consideração fatores como outros benefícios ambientais, geração de empregos ou distribuição de renda.

Cada uma das opções de projetos florestais discutidas anteriormente gera uma variedade de benefícios secundários. Dada a importância dos efeitos de projetos específicos sobre o processo de desenvolvimento sustentável do país, faz-se aqui uma avaliação preliminar dos impactos gerados pelas diferentes opções, utilizando critérios ambientais, de desenvolvimento e de equidade.

A avaliação requer comparação não apenas entre as opções, como também uma comparação com a alternativa que visa substituir para evitar liberação de carbono. Por exemplo, manejo de floresta nativa tem de ser comparado com uso agrícola do solo. Nesse estágio, a análise oferece apenas indicadores qualitativos. Eles dão um senso de direção aos benefícios secundários e suas magnitudes relativas. Além disso, a análise está restrita aos benefícios mais relevantes e de identificação mais fácil. A avaliação não é exaustiva e visa identificar preliminarmente os possíveis efeitos secundários dos distintos tipos de projetos.

No Quadro 1 são apresentadas as descrições das variáveis adotadas para qualificar cada tipo de projeto. Para cada coluna no Quadro 2, são categorizados os efeitos como positivos, negativos ou neutros, e a possível magnitude de seus efeitos variando de um a três. A célula sombreada identifica a pontuação mais alta indicada para aquele critério.

Quadro 1  
Critérios para Identificação de Benefícios Secundários.

Benefício Secundário	Descrição
<b>Ambiental</b>	
Disponibilidade Hídrica	Impacto na escassez de recursos hídricos
Qualidade da Água	Impactos na contaminação nos recursos hídricos e na capacidade de assimilação
Erosão do Solo	Impactos na erosão do solo e capacidade de recuperação
Proteção da Biodiversidade	Impactos na biodiversidade
<b>Desenvolvimento</b>	
Efeitos na Demanda Agregada	Efeitos multiplicadores na economia
Efeitos na Balança Comercial	Efeitos nas exportações e importações
Efeitos na Economia Regional	Parte da renda gerada que se apropria regionalmente
Renda Sacrificada	Custo de oportunidade das atividades que foram sacrificadas
<b>Equidade</b>	
Efeitos na Distribuição de Renda	Impacto na demanda de trabalhadores não-qualificados
Consumo da Produção do Projeto por Classe de Renda	Apropriação do produto do projeto por classes de renda
Distribuição dos Benefícios Ambientais por Classe de Renda	Apropriação dos benefícios (ou custos) ambientais do projeto por classes de renda

Fonte: SEROA DA MOTTA, R., FERRAZ, C., YOUNG, C.E.F., AUSTIN, D. e FAETH, P. Op. cit., tabela 6, p. 33.

Os impactos secundários não são predominantemente positivos. Por exemplo, florestas plantadas podem afetar negativamente os cursos d'água. Além disso, um mesmo critério pode ter efeitos mistos. O aumento do uso de carvão vegetal nas áreas urbanas diminui a demanda por termo-eletricidade fóssil, aumentando-a, no entanto, no local de realização deste processo. Em tais casos, a densidade populacional relativa entre estas áreas – mais elevada nos centros urbanos – sugere que no agregado esse efeito ambiental seja positivo, mas levanta uma séria questão de equidade.

Em resumo, embora seja difícil comparar os benefícios individuais entre si, apenas dois projetos parecem ter mais impactos negativos que positivos. Por outro lado, nas plantações para celulose, o número de critérios nos quais é esperado um impacto negativo ultrapassa o número de critérios onde pode haver impacto positivo. Assim, enquanto genericamente os benefícios de carbono e os benefícios secundários parecem ser complementares, é necessário se estar atento às exceções.

Podemos observar no Quadro 2 que a utilização de florestas nacionais para a produção de madeira e seqüestro de carbono

Quadro 2  
Indicadores de Benefícios Secundários dos Projetos Florestais.

Benefícios secundários	Floresta plantada de celulose em área degradada	Floresta plantada para carvão vegetal em área degradada	Floresta plantada para madeira em área degradada	Manejo privado de floresta nativa para produção de madeira	Florestas nacionais para produção de madeira
<b>Impactos ambientais</b>					
Disponibilidade Hídrica	-	-	-	++	+++
Qualidade da Água	-	-	-	Neutro	Neutro
Polição Atmosférica Urbana	-	+	Neutro	Neutro	Neutro
Erosão do Solo	-	-	-	+++	++++
Proteção da Biodiversidade	+	+	+	+++	++++
<b>Impactos de desenvolvimento</b>					
Efeitos na Demanda Agregada	++++	++++	++++	+++	+++
Efeitos na Balança Comercial	-	Neutro	-	++	++
Efeitos na Economia Regional	+	+	++	++++	+++
Renda Sacrificada	-	+	-	-	-
<b>Impactos distributivos</b>					
Efeitos na Distribuição de Renda	+	+	+	+++	++
Consumo da Produção do Projeto por Classe de Renda	Neutro	Neutro	Neutro	+	++
Distribuição dos Benefícios Ambientais por Classe de Renda	Neutro	+	Neutro	++	+++

Fonte: SEROA DA MOTTA, R., FERRAZ, C., YOUNG, C. E. F., AUSTIN, D. e FAETH, P. Op. cit., tabela 6, p. 33.

podem trazer efeitos secundários que superam todos os outros tipos de projetos. O ganho associado à possível redução de desflorestamento ilegal traria uma maior preservação dos solos, da água e da biodiversidade da Amazônia.

Ao mesmo tempo que em termos econômicos, um aumento da produção de madeira certificada poderia ser comercializada gerando uma renda de exportação importante. Dada a potencialidade de tal processo para a participação de comunidades locais e difusão de processos de manejo, os impactos sociais via emprego e educação local podem ser significativos.

Mais ainda: a escala das reservas florestais ameaçadas no Brasil se reflete claramente na estimativa de que até 1 bilhão de toneladas de carbono poderiam ser eliminadas com o estímulo à extração de madeira de baixo impacto na Amazônia, de modo a deslocar as atuais práticas ilegais de exploração na fronteira.

## **Opções para o Brasil**

As oportunidades florestais, se autorizadas no âmbito do MDL, oferecem enorme potencial para seqüestro de carbono por meio da expansão de plantações e da proteção de bacias naturais de carbono (*carbon sinks*) na Amazônia.

O desenvolvimento de plantações florestais, apesar de já lucrativo, tem sido limitado por restrições de capital e pela falta de mecanismos de financiamento de longo prazo. Assim, a venda de créditos de carbono poderia suprir as carências, tornando a atividade mais dinâmica. Além disso, ao proteger as florestas nativas impedindo o desflorestamento, o Brasil poderia obter um impacto ainda maior no controle de CO<sub>2</sub> ao evitar emissões de carbono adicionais na atmosfera. De fato esta contribuição pode ser ainda mais importante do que o seqüestro de carbono alcançado com o crescimento de novas árvores.

Entretanto, diminuir o desflorestamento não é uma tarefa fácil. Seria necessário enfrentar problemas econômicos estruturais disseminados e implementar um programa amplo o suficiente para erradicar, e não simplesmente relocalizar, a extração ilegal de madeira. Além disso, seria importante reduzir as queimadas na Floresta Amazônica através da disseminação de novas técnicas agrícolas.

As concessões em florestas nacionais, apoiadas pelo governo, poderiam ser úteis em fornecer oportunidades de extração de madeira de grande escala e impacto reduzido, gerando a longo prazo uma substituição da madeira ilegal por madeira certificada.

É claro que um mercado puro de compensação gravitaria em torno das opções mais baratas em termos de preço de



carbono. Para o Brasil, isso envolve, em particular, plantações. Não obstante, plantações florestais não incentivam a proteção da biodiversidade, dada a sua homogeneidade, e além disso podem até ter um impacto negativo no meio ambiente local em decorrência do uso de substâncias químicas e de seu impacto no solo. Conforme mostramos anteriormente, os projetos mais baratos não produzem necessariamente os maiores benefícios secundários. Assim, mesmo tendo um custo de seqüestro de carbono maior que outros projetos, as Flonas surgem como uma possibilidade de projeto no contexto do MDL, pela sua complementaridade e benefícios secundários potenciais que podem ser significativos para o processo de desenvolvimento sustentável do país.

Não obstante, para que sua viabilidade financeira seja garantida e seus benefícios secundários aproveitados sem efeitos de deslocamento, a sua implementação deve seguir regras claras e específicas. A alocação de concessões florestais, desenhadas e aplicadas de forma similar ao que foi feito em outros países, não controlará, nem mesmo a curto prazo, o problema de desmatamento excessivo na região. Isto devido a que tais processos são decorrentes de reações racionais dos agentes econômicos diante do frágil contexto institucional prevalente, isto é, indefinição de direitos de propriedade, falta de crédito, concentração da terra e da riqueza, falta de monitoramento, fiscalização e coação.

Os principais condicionantes e cuidados necessários no estabelecimento de concessões florestais no Brasil estão relacionados com o desenho adequado das concessões (localização, tamanho, tempo); com a forma como são alocadas as concessões (devem ser feitas através de leilões com a cobrança de taxas de participações); com a cobrança de taxas pela madeira extraída para criar uma percepção de escassez; com um sistema de monitoramento e de multas e sanções eficiente; com a credibilidade da fiscalização; com o envolvimento da sociedade civil através da participação de comunidades e ONGs no sistema de monitoramento e regulação.<sup>29</sup>

<sup>29</sup>FERRAZ, C. e SEROA DA MOTTA, R. Op. cit., 1998.

Em síntese, para a viabilização da extração de madeira sustentável e a redução da taxa de desflorestamento, pode ser utilizado um mercado auxiliar de créditos de seqüestro de carbono. Este mercado teria um papel similar a um subsídio do governo. Porém, para a sua implementação, o papel do governo continua sendo crucial, se não subsidiando a atividade, ao menos garantindo que as Flonas sejam estabelecidas de maneira correta e fiscalizando as atividades de extração ilegal. O aspecto institucional torna-se fundamental para viabilizar as reduções de desflorestamento e assim minimizar a perda de biodiversidade e emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da Amazônia.

Os resultados apresentados neste trabalho baseiam-se, em parte, em SEROA DA MOTTA, R., FERRAZ, C., YOUNG, C. E. F., AUSTIN, D. e FAETH, P. *O mecanismo de desenvolvimento limpo e o financiamento do desenvolvimento sustentável no Brasil*. Texto para Discussão n. 761, Rio de Janeiro: IPEA, Setembro de 2000. Este texto é uma versão em português do capítulo referente ao Brasil em AUSTIN, D. e FAETH, P. *Financing Sustainable Development with the Clean Development Mechanism*. Washington: World Resource Institute, 2000.

**Claudio Ferraz** é pesquisador do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

**Ronaldo Seroa da Motta** é coordenador de Estudos de Meio Ambiente do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e professor da Universidade Santa Úrsula, Rio de Janeiro.

Independentemente do funcionamento do mercado de créditos de carbono, uma reforma fundamental deve ser feita em relação ao monitoramento, fiscalização e poder de coação do governo. É imprescindível que haja credibilidade nas normas estabelecidas e, para isso, o governo deve impor sanções e fazer com que sejam cumpridas.

Mesmo com todos os atrativos da utilização de florestas nativas para a realização de projetos de MDL e a venda de certificados, existem sérias dúvidas sobre a permissão de venda de crédito por seqüestro de carbono em florestas tropicais. A posição internacional está dividida, incluindo a posição oficial brasileira que, junto com a China e Índia, são contra a certificação de florestas nativas.

A resposta final deverá vir da futura reunião de Haia, na qual se espera que seja regulamentado o funcionamento do MDL. Mesmo que aprovada, a venda de certificados de seqüestro de carbono através da utilização de florestas nacionais não gera condições suficientes que garantam a exploração sustentável de madeira na Amazônia. A vontade política, a resolução de problemas sociais latentes e a implementação de políticas que criem a percepção de escassez nos agentes econômicos envolvidos nos processos de desflorestamento, são condições imprescindíveis para garantir uma exploração da Floresta Amazônica compatível com as possibilidades de desenvolvimento sustentável para o Brasil.





*Ciência Florestal* **O aproveitamento da madeira**



Ilustração (Fragmento)  
*Serradores de Jean Baptiste Debret.*



# TECNOLOGIA DA MADEIRA NO BRASIL Evolução e Perspectivas

*Ivan Tomaselli*

*N*ão há como entender a evolução da tecnologia da madeira no Brasil sem considerar a história florestal e da indústria madeireira do país. Menciona-se, com frequência, que as florestas têm sido elemento decisivo para o desenvolvimento econômico e social brasileiro. Mas nem sempre foi assim. Muitas construções do Rio de Janeiro e de outras cidades litorâneas foram erguidas com matéria-prima importada da Europa e dos Estados Unidos, quadro que só foi revertido durante a primeira guerra mundial, tendo como base a madeira de pinho. O crescimento em importância do setor florestal e a posterior exaustão das florestas de pinheiro-brasileiro acabaram por catalisar o desenvolvimento de técnicas e processos de utilização da madeira. Hoje, no entanto, uma exigência se impõe: a revisão nos rumos do ensino e das pesquisas na área, de modo a atender as novas e crescentes demandas da indústria.

## Evolução da indústria da madeira no Brasil

São poucas as informações disponíveis sobre a história da indústria de base florestal no Brasil. Talvez tenha sido Paulo Ferreira de Souza que, em 1947, melhor relatou a evolução desta indústria em duas obras: *Indústria Madeireira*<sup>1</sup> e *Tecnologia de Produtos Florestais*<sup>2</sup>. A leitura das mesmas é importante tanto para entender o processo histórico como para explicar a situação atual.

<sup>1</sup> FERREIRA DE SOUZA, P. *Indústria Madeireira*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1947. 344 p.

<sup>2</sup> FERREIRA DE SOUZA, P. *Tecnologia de Produtos Florestais*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1947. 409 p.

Em 1947, Ferreira de Souza menciona que o “Brasil nunca foi um país madeireiro comparado com os Estados Unidos, por exemplo, que, em período normal cortam anualmente 30 vezes mais...”. Outros países citados como madeireiros na época são o Canadá, a Suécia e a Finlândia. Devido ao domínio do mercado por estes países, cerca de 90% da madeira comercializada no mundo eram de coníferas. O mercado mundial dividia-se entre poucos países, dentre os quais os países nórdicos (26%), a Rússia (21%) e os Estados Unidos (27%).

Na realidade, a observação de que o Brasil nunca havia sido um país madeireiro era válida para a época, considerando a inexpressividade do setor industrial nacional. Para entender esta afirmação apresenta-se na Tabela 1 uma série histórica da evolução das importações e exportações de madeiras cobrindo o período 1900 a 1915.

Tabela 1  
Evolução das importações e exportações brasileiras de madeira serrada.

ANO	EXPORTAÇÃO (m³)	IMPORTAÇÃO (m³)
1911	18.600	161.300
1912	24.300	238.800
1913	33.800	282.600
1914	23.300	92.500
1915	63.300	61.600
1916	136.600	26.700
1917	106.600	18.700
1918	298.300	30.000
1919	173.300	16.700
1920	210.000	63.300

<sup>3</sup> FERREIRA DE SOUZA, P. *Indústria Madeireira*. Op. cit.

Fonte: FERREIRA DE SOUZA, P. adaptado pelo autor.<sup>3</sup>

Como se pode observar, o Brasil foi até o início da primeira guerra mundial um grande importador de madeira. Em 1913 atingiu o maior volume de importações – 280 mil metros cúbicos –, madeira utilizada principalmente para construções na cidade do Rio de Janeiro e em outras do litoral. No mesmo ano as exportações atingiram apenas 33 mil metros cúbicos.

Com o início da primeira guerra mundial em agosto de 1914, as exportações iniciaram um processo de declínio e as importações passaram a crescer gradualmente. Naquela época as exportações eram realizadas de várias partes do país, inclusive do nordeste com o jacarandá, e da Amazônia com a maçaranduba e o acapú. É interessante observar que as exportações de madeira pelo estado do Amazonas iniciaram já em 1894.

O maior impulso nas exportações ocorreu após o desenvolvimento da indústria de serrados baseada no pinho (*Araucaria angustifolia*), oriundo principalmente dos estados do Paraná e Santa Catarina. A partir dos anos 30, embora se exportassem mais de 30 espécies, o pinho passou a ser responsável por mais de 80% dos volumes.

Um dos grandes acontecimentos industriais da época foi a instalação da LUMBER em Três Barras, Santa Catarina. Na década de 40 a empresa, que atuava no setor florestal e também como empresa de colonização, era detentora de grandes áreas florestais e instalou a maior serraria da América do Sul. A serraria utilizava tecnologias consideradas avançadas para a época, a exemplo da secagem em estufas, e exportava quase toda a sua produção.

A importância da indústria de madeiras do período para a região sul pode ser medida pelo número de unidades em produção. No início da década de 40 já existiam em operação na região sul, cerca de 5.000 serrarias, as quais produziam mais de 3,5 milhões de metros cúbicos de madeira por ano, sendo cerca de 80% de pinho. Estima-se que na época existia um estoque de madeira de pinheiro nas florestas do sul do Brasil de aproximadamente 800 milhões de metros cúbicos.

O crescimento da oferta de madeira serrada de pinho teve forte impacto no comércio mundial madeireiro. As exportações ocorriam principalmente pelos portos de São Francisco do Sul e Itajaí, em Santa Catarina. Para entender este impacto é interessante mencionar que a Argentina, maior país comprador de pinho do Brasil, substituiu praticamente todas as importações de coníferas dos Estados Unidos (*Pinus taeda*) e da Europa pela madeira de araucária: em 1930 esta espécie representava 15% das importações e já em 1943 passou a representar 95%.

Além da indústria de serrados, desenvolveu-se no país, já no início do século XX, a indústria do compensado. As primeiras fábricas de que se tem notícia entraram em operação em 1928, em São Paulo e em Curitiba. No ano de 1945 já existiam 102 fábricas de compensado em operação no Brasil e mais 66 em instalação. Com a conclusão das novas fábricas previa-se atingir uma capacidade de produção total de 1 milhão de metros cúbicos ao ano. A maioria delas estava localizada no Paraná e em Santa Catarina, e baseava-se quase que exclusivamente nas florestas de araucária.

Mesmo com os grandes estoques de madeira de pinho nas florestas do sul, e com a ainda intocada floresta tropical, já existiam naquela época reflorestamentos em implantação. Em 1930 a madeira de *Eucalyptus* era utilizada para lenha em São Paulo, e Navarro de Andrade propunha o seu uso para produção de celulose. Os registros indicam que a empresa Gordinho Braune S.A., localizada em Jundiá, foi precursora no uso de *Eucalyptus* para produção de celulose, contrariando inclusive recomendações de peritos australianos que não aconselhavam o uso desta madeira para tal fim.

Ao longo da década de 50 e 60 as florestas de pinho continuaram sendo a maior fonte de madeira para serrados, lâminas, compensados e inclusive para celulose. Foi também durante este período que o pinheiro-brasileiro deu sua maior contribuição para o desenvolvimento social e econômico da região sul.

No final da década de 60 já existiam preocupações com a sustentabilidade da atividade. O fato é registrado em vários documentos, como por exemplo nos Anais do Congresso Florestal Brasileiro<sup>4</sup>, realizado em 1968, em Curitiba.

O efetivo declínio da produção de madeira a partir das florestas de Araucária iniciou-se na década de 70. O declínio no Paraná é relatado por Brepohl<sup>5</sup>. O maior volume de produção de madeira sólida baseada no pinho ocorreu no ano de 1971, com um montante total de 3,1 milhões de metros cúbicos. No ano seguinte iniciava-se a queda de volumes. Em média, ao longo dos anos 70 se exportava entre 10 e 15 % da produção.

No final dos anos 60 e início dos anos 70 teve início um processo de diversificação de matérias-primas. A indústria de madeira intensificou o uso de espécies alternativas de folhosas das florestas do sul. Ao mesmo tempo, estimulada pelas políticas de desenvolvimento para a região amazônica do Governo Federal, parte da indústria madeireira transferiu-se para a região norte.

O esgotamento das reservas de pinho e a necessidade de adequar processos e abrir novos mercados para as espécies, até então pouco conhecidas, tiveram um grande impacto na indústria madeireira. Como resultado disto, a contribuição do setor ao desenvolvimento sócio-econômico da região sul foi sendo reduzida.

Ao mesmo tempo em que parte da indústria se adaptava à nova realidade, diversificando a sua produção com base em florestas nativas, nascia outra indústria florestal, a baseada em reflorestamentos. Como resultado do programa de incentivos fiscais, instituído em 1966, as atividades de reflorestamento foram intensificadas e mais de 5 milhões de hectares de florestas de diversas espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* foram implantados num período de aproximadamente 20 anos.

<sup>4</sup> FIEP/APEX. *Anais do Congresso Florestal Brasileiro*, Curitiba, 1968. 309 p.

<sup>5</sup> BREPOHL, D. Contribuição Econômica da Exploração de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. à Economia Paranaense. Encontro sobre Problemas Florestais do Gênero Araucária. *Anais*. FUPEF, Curitiba, 1980, p. 347-350.



O programa priorizou o suprimento de madeira para a indústria de celulose e para siderurgia. No entanto, no caso de *Pinus*, a partir da década de 80, grandes volumes começaram a ser utilizados pela indústria de serraria e para lâminas e compensados.

A introdução de uma nova matéria-prima, constituída por toras de pequeno diâmetro produzidas em florestas de rápido crescimento, representou uma nova mudança para a indústria madeireira do sul. Outra vez foi necessário investir no desenvolvimento de processos e na abertura de novos mercados.

Atualmente mais de 70% da madeira consumida pela indústria brasileira é proveniente de reflorestamentos, o que representa uma alteração substancial em relação aos anos 60, quando praticamente toda a matéria-prima era proveniente de florestas nativas. Hoje, a madeira de florestas nativas utilizada na indústria é praticamente toda originária da região amazônica.

Para a indústria de madeira sólida, os reflorestamentos de *Pinus* são a mais importante fonte de matéria-prima. A madeira de *Eucalyptus*, por sua vez, vem ganhando espaço, com volumes substanciais sendo usadas em painéis reconstituídos. Na indústria de serrados e laminados, o *Eucalyptus* está apenas iniciando a sua penetração.

Cerca de 50 anos após Paulo Ferreira de Souza ter mencionado que o Brasil nunca tinha sido um país madeireiro, a realidade mudou. A indústria de base florestal encontra-se entre os setores mais importantes da economia nacional, com uma contribuição entre 3 e 4% do PIB e de 8% nas exportações nacionais. Para avaliar a dimensão desta indústria apresentam-se na Tabela 2 os dados sobre a produção atual.

Tabela 2  
Produção da Indústria de Base Florestal Brasileira (1996).

PRODUTO	PRODUÇÃO
Madeira Serrada (1.000 m <sup>3</sup> )	
- Conífera	5.000
- Folhosa	13.000
Madeira Serrada (1.000 m <sup>3</sup> )	
- Compensado	1.670
- Aglomerado	1.150
- Chapade fibra	660
Polpa de Madeira (1.000 ton.)	6.100
Papel (1.000 ton.)	6.200

Fonte: STCP/INDUFOR – Multiclient Study (1998).

## Evolução da tecnologia da madeira no Brasil

Evidentemente a reduzida importância econômica do setor florestal no século XIX e início do século XX foi um dos fatores que inibiram o desenvolvimento da tecnologia da madeira no Brasil.

As primeiras referências ao desenvolvimento do setor, constantes em publicações, aparecem quando a madeira de pinho começa a ser importante na exportação, após ser criado o Serviço Florestal do Brasil, em 1921. Trata-se basicamente de resoluções de congressos realizados em Santa Catarina e no Paraná, em 1928, quando se decidiu estabelecer normas para classificação e medição de madeira de pinho.

Existem referências de que na década de 40 o assunto tecnologia da madeira era tratado no Curso de Agrônomo-Silvicultor, existente no Rio de Janeiro. Na mesma década aparecem os primeiros trabalhos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo, que cobriam em especial aspectos relacionados à identificação e propriedades de madeiras, secagem e preservação. O estado de arte da tecnologia da madeira na época foi resumido por Paulo Ferreira de Souza, no livro *Tecnologia de Produtos Florestais*, publicado em 1947.

A necessidade de desenvolver este assunto passou a ser mais importante nos anos 60. Nessa década foram criados os primeiros Cursos de Engenharia Florestal, a importância da madeira para a economia nacional havia crescido, mas as reservas de araucária estavam declinando.

A preocupação da época acompanha exatamente as mudanças da indústria madeireira, e ficou registrada nos Anais do Congresso Florestal Brasileiro, realizado em Curitiba no ano de 1968. Naquele evento um dos temas cobertos foi a Transformação e Comercialização de Produtos Florestais, incluindo três tópicos:

- essências substitutivas da araucária para produção de papel (pinus, bracatinga e outras);
- folhosas nativas: pesquisas tecnológicas visando a valorização das florestas;
- agregação de valor de produtos de menor dimensão (desbastes, ramos, etc.) e produtos não madeireiros (frutos, óleos e resinas).

A tecnologia da madeira floresceu nos anos 60 e principalmente nos anos 70. Várias instituições investiram na formação de massa crítica e no estabelecimento de laboratórios para estudar a madeira e sua utilização. Entre os fatos relevantes que ocorreram, citam-se:

- criação do Laboratório de Produtos Florestais, em Brasília, vinculado atualmente ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA);

- instalação dos laboratórios de Propriedades Físicas e Mecânicas, de Anatomia e de Celulose e Papel na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais;
- fortalecimento da área de tecnologia da madeira da Universidade Federal do Paraná (laboratórios e capacitação de pessoal), o que levou à criação do primeiro curso de mestrado na especialidade no Brasil;
- instalação de laboratório e centro de treinamento em Santarém pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM);
- instalação de Centro de Tecnologia de Madeira junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas (INPA).

Nesta fase inicial de desenvolvimento a maioria dos laboratórios e universidades se concentraram em trabalhos básicos de tecnologia da madeira, como por exemplo, estudos anatômicos, propriedades de madeiras, processos de secagem e de preservação. A maior ênfase era para as madeiras da Amazônia, a nova alternativa de suprimento das indústrias frente à exaustão dos estoques em outras partes do país.

Existiam ainda outros centros já consolidados ou em fase de consolidação, que se dedicavam a estudos mais especializados, como é o caso do IPT, que atuava com desenvolvimento também na área de celulose e papel, e da Universidade de São Carlos, que estabeleceu um laboratório especializado em estruturas de madeiras.

Como resultado da crise do petróleo na época (década de 70), houve algumas mudanças de curso nos estudos relacionados à tecnologia da madeira. Para superar a crise estabeleceu-se a biomassa como uma das alternativas para reduzir a dependência brasileira do petróleo importado. Como resultado, muitos recursos foram rapidamente canalizados para os estudos relacionados à produção de energia a partir da madeira.

A importância da pesquisa na área de energia da madeira pode ser avaliada pelo número de publicações sobre o tema, bem como pelas instituições que orientaram os seus esforços para estudar o assunto e desenvolver novas tecnologias, como é o caso do Centro de Estudos Tecnológicos (CETEC), em Minas Gerais.

Para a tecnologia da madeira, a década de 80 foi dedicada à formação de recursos humanos e à consolidação das instituições. Ao mesmo tempo em que a tecnologia da madeira se consolidava como geradora de informações, aumentava a preocupação mundial com os aspectos ambientais, o que teve fortes reflexos no Brasil.

De certa forma o aumento da preocupação com os aspectos ambientais levou a uma redução do interesse e conseqüentemente dos investimentos no desenvolvimento da tecnologia da madeira. Como resultado, esta área não conseguiu acompanhar os

desenvolvimentos no setor industrial, o qual experimentou grandes mudanças, especialmente durante a última década, quando a abertura da economia forçou as empresas a se reestruturarem para competir no mercado global.

Um dos fatos importantes é que a educação florestal abrange um grande espectro de ciências. Na América Latina, segundo Gonzalez<sup>6</sup>, a tendência é concentrar a educação florestal na silvicultura, sendo considerados menos importantes os assuntos relacionados à tecnologia de produtos florestais.

A quantificação deste fato é apresentada na Tabela 3, baseada em artigo preparado por Tomaselli<sup>7</sup> para a reunião internacional sobre educação florestal, promovida pela FAO, na cidade de Viterbo, Itália, em 1990.

Tabela 3  
Participação dos grandes assuntos no curriculum dos cursos de Engenharia Florestal da América Latina (%).

GRANDES ASSUNTOS	FAIXA	MÉDIA
Matérias Básicas	33-40	37
Silvicultura	12-34	23
Manejo e Economia	13-28	20
Engenharia	3-12	7
Indústria/Tecnologia	3-12	8
Outros (eletivos)	0-18	5
TOTAL	-	100

Fonte: TOMASELLI, I., 1990.

### Situação atual e perspectivas

Nos últimos anos ocorreram sensíveis alterações nas atividades relacionadas à tecnologia da madeira, mas talvez não o suficiente para atender uma demanda crescente e rápida do mercado. As investigações tecnológicas ainda estão muito vinculadas aos trabalhos clássicos dos anos 80, quando predominaram estudos de anatomia da madeira e determinação de propriedades.

Entre as maiores alterações ao longo dos últimos anos pode ser referida a ênfase aos estudos relacionados a madeiras de plantações, em especial a de *Pinus* para produtos de maior valor agregado. Também ganharam importância os estudos tecnológicos da madeira de *Eucalyptus*, visando em grande parte a utilização deste tipo de material para substituir as madeiras tropicais. Isto, no entanto, não tem sido suficiente para atender as necessidades nacionais relativas ao desenvolvimento da indústria florestal e ao melhor uso dos recursos.

Certamente a histórica predominância na academia dos interesses pela silvicultura tem tido efeito negativo no desenvolvi-

<sup>6</sup> GONZALES, F. G. Forestry Education and Training in Latin America: Problems and Perspectives. *Report of the Thirteenth Session of the FAO Advisory Committee on Forestry Education*, Rome, 1983. p. 13-20.

<sup>7</sup> TOMASELLI, I. Developments in Wood Technology and Their Implications for Forestry Education. *Proceedings International Conference on Forestry Education*, vol. 1, Viterbo, Itália, 1990, p. 77-90.



<sup>8</sup> RICHTER, H. G. & FRUHWALD, A. Wood Science and Technology Education at Latin American Universities. *Report of The Thirteenth Session of the FAO Advisory Committee on Forestry Education*, Rome, 1985, p. 118-131.

mento da tecnologia da madeira. Algumas tentativas de reverter o quadro de predominância das disciplinas vinculadas à silvicultura foram feitas ao longo dos anos 80. Richter e Fruhwald<sup>8</sup>, por exemplo, apresentaram sugestões para modificar o curriculum de engenharia florestal e atingir uma situação mais balanceada. O objetivo da proposta era evitar que viesse a ser considerada a necessidade de uma carreira independente para um profissional na área de tecnologia de madeira.

Na realidade as sugestões de Richter e Fruhwald, bem como de outros especialistas, nunca foram implementadas. Ao contrário, as revisões dos currículos dos cursos universitários levaram a uma menor participação da tecnologia da madeira e à inclusão de matérias relacionadas aos aspectos ambientais e sociais.

Um dos fatores importantes parece ter sido o fato de que na revisão dos currículos e também dos programas de pesquisa foi esquecido que a indústria tem um grande papel ambiental e social a cumprir, e que a tecnologia deve evoluir para catalisar este processo. A indústria é o principal elemento no processo de transformação do potencial florestal em bens e serviços que, se devidamente valorados, irão, em última instância, garantir a sustentabilidade das florestas.

Através do desenvolvimento da tecnologia para a indústria da madeira poderão ser melhorados os processos de tratamento de efluentes e minimizadas as emissões, numa indústria que cada vez mais se sofisticada e utiliza, além da madeira, outros insumos. Os desenvolvimentos tecnológicos são ainda importantes pra reduzir perdas no processo e aumentar a reciclagem de madeiras. Estes e outros aspectos têm forte vinculação com a preocupação ambiental e não têm sido devidamente explorados pelas universidades e instituições de pesquisas brasileiras.

Um fato incontestável é que os avanços na indústria tem sido mais rápidos que as mudanças nos currículos e programas de ensino e de pesquisa no Brasil. A tecnologia da madeira tradicional, na qual a maioria das instituições de pesquisa brasileiras se concentrou nos últimos anos, não mais atende às necessidades.

<sup>9</sup> TOMASELLI, I. Op. cit.

De acordo com Tomaselli<sup>9</sup>, a nova tecnologia da madeira deverá considerar conhecimentos mais amplos e compatíveis com a indústria e produtos do futuro, contemplando aspectos inovadores e abrangentes, entre eles:

- aplicação da microeletrônica no gerenciamento de processos, aquisição de dados, processamento e avaliação das informações;
- princípios de produção, manutenção e de processos;
- controle da poluição industrial, tecnologias e equipamentos apropriados;
- produtos de madeira engenheirados;

- planejamento e análise de investimentos;
- engenharia avançada de processos;
- gerenciamento de empreendimentos.

A aplicação da microeletrônica no gerenciamento de processos é fundamental para ganhar velocidade e precisão. Em alguns segmentos do setor de base florestal já ocorre a aplicação intensa da microeletrônica, como é o caso da indústria de polpa e papel e da indústria de painéis reconstituídos. Em outros segmentos a microeletrônica está penetrando a grande velocidade, como por exemplo no controle de secagem de serrados, no controle de equipamentos de corte e de usinagem, na prensagem e na aplicação de acabamentos.

A adoção da microeletrônica na indústria da madeira exige o desenvolvimento não só do hardware de controle propriamente dito, mas de toda a lógica e softwares de controle, de sensores e outros componentes. Além dos ganhos em velocidade e da precisão no controle de processos, a microeletrônica, ao mesmo tempo, permite a coleta de dados em tempo real, o processamento imediato e a geração de informações. Existe portanto também a necessidade de capacitar pessoal para interpretar as informações e, a partir delas, quando for o caso, tomar medidas corretivas, e principalmente avançar com os desenvolvimentos tecnológicos. O profissional brasileiro ainda não está preparado para tal.

Embora os desenvolvimentos tecnológicos na indústria de base florestal venham ocorrendo em grande velocidade, a academia ainda parece não ter percebido e muito menos analisado suas possíveis implicações. Por exemplo, a ênfase nos aspectos relativos a princípios de produção, de manutenção e de processos não tem sido suficiente. A tecnologia da madeira do futuro deve contemplar o fato de que estes princípios evoluíram. A produção é mais rápida e precisa, os equipamentos mais sofisticados e caros, e portanto a manutenção passa a ser um elemento importante. Neste aspecto é fundamental ter programas de manutenção preditiva e preventiva perfeitamente definidos e implantados. A geração destes programas e a sua efetiva implantação requer novos conhecimentos profissionais.

Investir em tecnologias que maximizem o uso do recurso (madeira) tem, por si só, um grande benefício ambiental. A madeira é um produto natural e renovável, mas de qualquer forma a sua transformação em produtos de mercado exige energia e o uso de outros insumos. Na realidade, a medida em que se ganha eficiência nos processos de transformação e na performance no uso dos produtos de madeira, mais se consome energia e outros insumos, principalmente químicos, que têm um maior potencial de agressão ambiental. Não existem dúvidas de que a tecnologia da madeira do futuro deve considerar este fato, e precisa entender

melhor as emissões existentes ao longo do processo e inclusive do produto em uso. Adicionalmente existe a necessidade de conhecimentos que possibilitem a aplicação de tecnologias apropriadas a fim de que possam ser mitigados os possíveis impactos negativos sobre o meio ambiente.

É importante considerar que a madeira, mesmo tendo vantagens ambientais por ser um produto natural e renovável, compete globalmente com outros produtos. Para garantir a competitividade no mercado, os vários produtos, incluindo a madeira, vêm evoluindo ao longo dos anos. Os produtos de madeira engenheirados são recentes e têm sido um fator importante para garantir mercados e abrir novos nichos. A nova tecnologia da madeira deve necessariamente considerar estes produtos, especialmente no caso do Brasil cujos reflorestamentos têm hoje uma contribuição significativa na indústria de produtos de madeira sólida.

Entre os vários produtos engenheirados que estão no mercado nacional, e cuja tecnologia é dominada pela indústria, podem ser citados os conhecidos como *finger jointed* e os painéis colados laterais. Outros produtos já são conhecidos há muito tempo no Brasil, mas a penetração dos mesmos, por uma ou outra razão, tem sido bastante lenta. Este é o caso das vigas laminadas de madeira. Produtos mais avançados, como LVL e o seu uso estrutural em combinação com o OSB, ainda são desconhecidos no país. Mesmo com diferentes graus de conhecimento ou de penetração no mercado, existe a necessidade de desenvolvimentos tecnológicos, o que não tem sido devidamente contemplado pela academia.

O mercado cada vez mais competitivo tem várias implicações. Exige sobretudo continuados desenvolvimentos tecnológicos e industriais, que, em última instância, significam continuados investimentos, devidamente planejados e cuja viabilidade precisa ser cuidadosamente analisada. A tecnologia da madeira extrapola os seus conhecimentos clássicos. Para que possa ser atendido este requisito, o tecnólogo precisa ser preparado e acumular conhecimentos que permitam a ele participar intensamente das atividades de planejamento e análise de investimentos. Dentro do processo cabe, por exemplo, ter habilidades na definição de conceitos de projetos industriais e extrair deles elementos necessários à análises econômicas e financeiras. Ele deve ainda ter conhecimento para examinar os resultados das análises, e introduzir tecnologias ou alteração em processos, de forma a melhorar a atratividade dos empreendimentos.

A engenharia de processos também tem sido objeto de um rápido desenvolvimento nos últimos anos. A medida em que se avança, a engenharia de processos se sofisticava, e recebe o apoio de ferramentas mais poderosas, especialmente através da microeletrônica. É necessário que a tecnologia da madeira clássica considere este fato. Cartas de processo estáticas, por exemplo,

devem ser substituídas por alternativas dinâmicas, que consideram particularidades de lotes ou peças. Classificar madeiras por aparência já não é suficiente. Existem variáveis físicas e mecânicas que precisam ser avaliadas em linha para segregar produtos segundo os usos mais adequados. Isto é particularmente importante, no caso de um produto de alta variabilidade como é a madeira, devido à crescente especialização dos produtos e do uso final.

Mesmo que todos os projetos sejam bem planejados, que as tecnologias e ferramentas estejam disponíveis, a gestão do empreendimento continuará sendo o principal fator de sucesso. Entender de princípios básicos de gestão de empreendimentos, nos quais fatores externos estão se alterando a velocidades cada vez maiores é fundamental. Não necessariamente o tecnologista deve ser o gerenciador, mas ele deve ter os conhecimentos básicos que facilitem o entendimento do processo de gestão e o apoiem no objetivo maior, que é manter o produto madeira no mercado.

Como se pode observar, a nova tecnologia da madeira extrapola em muito o conhecimento tradicional. Na realidade trata-se de alargar os horizontes, tendência geral da maioria das profissões.

É importante mencionar a recomendação feita por Liese, um renomado acadêmico: “não é suficiente simplesmente plantar árvores de forma mais eficiente e de crescimento mais rápido. Deve ser lembrado que melhorar a utilização dos recursos tem um impacto mais rápido e dramático no suprimento de madeiras e na sustentabilidade do recurso.”<sup>10</sup>

Um dos acontecimentos recentes que merece destaque é a criação pela Universidade Federal do Paraná do primeiro curso superior para formação de profissionais na área de tecnologia da madeira. Embora existam ponderações no sentido de que esta não tenha sido a melhor solução, e que seria preferível melhorar os conhecimentos sobre tecnologia da madeira dentro da carreira de engenharia florestal, como sugerido por Richter e Fruhwald em 1985, trata-se de uma tentativa válida.

Os acontecimentos dos próximos anos vão indicar se o intento teve sucesso. De qualquer forma, a indústria florestal brasileira tem mostrado que as afirmativas feitas nos anos 30 e 40 estavam equivocadas. A indústria florestal deverá continuar a crescer e poderá cada vez mais colaborar para melhorar as condições de vida dos brasileiros.

Dentro deste contexto, as universidades e as instituições de pesquisas têm um papel importante no desenvolvimento de tecnologias para o melhor uso do recurso florestal e ao mesmo tempo para assegurar a competitividade da indústria nacional em um mercado globalizado.

<sup>10</sup>LIESE, W. Future Research in Forest Products. *Congress Report – IUFRO 18 th World Congress*, Viena, 1986, p. 44-52.

**Ivan Tomaselli** é engenheiro florestal, Ph.D em Tecnologia da Madeira e professor titular da Universidade Federal do Paraná.



*Ciência Florestal* **Ponto de vista**



Ilustração

*Agricultor de Faxinal do Soturno, Rio Grande do Sul, integrado à atividade florestal.  
Fotografia de Miguel A. Durlo.*



CARTA ABERTA  
AOS INTERESSADOS  
NAS QUESTÕES  
FLORESTAIS DO  
RIO GRANDE DO SUL

*Franz Andrae*

*T*omo a liberdade de opinar, já que acompanho – muitas vezes só de longe – a sorte do ambiente florestal gaúcho. Pude participar, durante quase dez anos, da formação do curso de Engenharia Florestal de Santa Maria, experiência que influiu muito sobre meu pensamento e meu horizonte. Embora desligado de uma colaboração direta há mais de 20 anos, jamais diminuí o meu interesse pelas questões florestais gaúchas. Ao contrário, a partir de 1996, começamos a planejar e, finalmente, em 1998, a implantar o projeto Floresta Colonial, concretizando uma antiga idéia. As linhas seguintes são uma reação ao ambiente que esta idéia enfrentou; é um texto crítico, certamente, porém de intuito positivo, resultado de um pensamento subjetivo, mas sem interesse pessoal, uma tentativa de aplicar experiências e conhecimentos adquiridos em “duas pátrias”. Perdoem-me a ousadia de, como austríaco, opinar interpretando o setor florestal de vosso hospitaleiro Estado. Não se trata de um pensamento de superioridade que me motiva, e sim de gratidão e simpatia pelo Rio Grande e o seu povo, aliado a minha convicção que este chão possui enormes potencialidades, proporcionadas por suas características naturais, estruturais e humanas.

## **Do projeto – ponto de partida**

Com poucos recursos e pequena equipe, mas cheios de expectativas começamos a divulgar a idéia da *Floresia Colonial*. Ela tem por fundamento a convicção de que a floresta é mais do que um conjunto de árvores destinado ao fornecimento de benefícios imateriais. Acreditamos que a sobrevivência da humanidade depende da produção primária, baseada na energia solar, sendo, assim, o uso do solo uma necessidade natural. Por isto, o aproveitamento das florestas merece ser considerado não somente como fator sócio-econômico mas, sobretudo, como um recurso natural renovável. *Floresta Colonial* quer tornar realidade este conceito amplo, em benefício da sociedade e principalmente do interior colonial, através da produção conjunta de bens florestais materiais e imateriais.

É no meio colonial de alguns municípios situados a nordeste de Santa Maria que se iniciou o trabalho. Justifica-se a zona de atuação pela grande coincidência do ambiente das colônias tradicionais com as regiões da cobertura florestal original do Rio Grande, onde a topografia apenas parcialmente se apresenta apta à realização de cultivos anuais e ao emprego de tecnologias agrícolas mecanizadas. Trata-se de uma zona representativa para grandes extensões do território gaúcho, habitadas por uma fração apreciável da população rural do Estado. Neste meio colonial, o cultivo florestal significa uma alternativa para culturas pouco rentáveis, sendo indicado, principalmente, para áreas sub-utilizadas, nas quais as práticas tradicionais aproveitam o solo esporadicamente, alternando curtos períodos de cultivo com longos períodos de descanso, sem nenhum rendimento econômico.

O projeto atua, entretanto, num meio cuja tradição, até há pouco tempo, era a substituição da floresta por outros usos do solo – processo destruidor, feito a machado e fogo. Verdade é que se trata de um processo de ocupação de solo como o praticado em todas as partes do mundo, adaptando métodos e cultivos até encontrar estabilidade ecológica nos seus usos. O processo representa o primeiro estágio para a formação das chamadas “paisagens culturais”, de usos estáveis e bem diversificados, altamente atrativas e de elevado potencial turístico.

Considerando que, apenas há três ou quatro gerações, os primeiros colonos começavam a enfrentar a vegetação exuberante da mata subtropical, podemos imaginar o predomínio de uma mentalidade agrícola voltada à defesa de áreas desbravadas contra a vegetação lenhosa invasora. Para tal pensamento, o cultivo florestal, necessariamente, significa uma verdadeira reviravolta: a floresta, há pouco uma inimiga, tornando-se, de repente, objeto de fomento e meio de produção?



Não tínhamos ilusão quanto ao sucesso imediato e amplo da *Floresta Colonial*. Mas hoje já existem alguns agricultores pioneiros: temos exemplos modelares em algumas propriedades da região do projeto, com povoamentos que datam de uma iniciativa realizada nos anos 70. Eles servem de demonstração, pontos de partida, provas da alta economicidade da floresta para a colônia e objetos de pesquisas científicas. Também temos novas parcelas experimentais e povoamentos implantados em propriedades familiares, por iniciativa do projeto.

Nos contatos com os agricultores, percorrendo com eles lavouras e capoeiras, em reuniões, palestras e excursões, mas também nos encontros com técnicos da extensão agrícola, sente-se que a idéia é bem entendida e aceita. Há, porém, ainda grandes obstáculos para passar da aceitação mental para a ação! Por vezes tímida, por vezes abertamente, encontramos a dúvida, a passividade, a insegurança, o medo – sentimentos que parecem dominar o meio colonial. Discutindo os assuntos relacionados à floresta, notamos que a ignorância ou o simples espírito conservador muito raramente são os fatores que inibem os agricultores a adotar a nova idéia, que em outras partes do mundo são tradição e realidade benéfica. Onde, então, se encontra o problema?

Chegamos à conclusão de que, em grande parte, é o paradigma florestal vigente no Estado que cria um “clima” desfavorável à assimilação do conceito de cultivo e manejo (sustentado) de florestas nas pequenas propriedades.

### **Do Rio Grande – produtor e consumidor de madeira**

A atual resistência à aceitação da madeira como cultura alternativa na antiga zona florestal gaúcha chama a atenção. Mesmo sem conhecer os resultados do inventário florestal em andamento, é mais do que óbvio que, nas últimas duas décadas, aumentou a cobertura florestal do Estado (de diferentes estágios). Este fato, porém, não levou a um aumento da oferta madeireira (desconsiderando *Pinus* e *Eucalyptus*). Ao contrário, enquanto à época da criação do curso de Engenharia Florestal em Santa Maria, o Rio Grande era exportador de madeira de qualidade, hoje passou à condição de importador de enormes quantidades de matéria-prima oriunda do norte do país. A carência de madeira também é visível quando se observa a qualidade produzida, comercializada e beneficiada: o Rio Grande atual se satisfaz com uma produção de madeira bruta de qualidade comparativamente baixa e níveis modestos de aproveitamento na sua transformação. E mais: o Rio Grande, mesmo que originalmente coberto na sua maior parte de campos, é vizinho de vastas regiões desprovidas de florestas naturais. Somando-se os fatos, constatamos que a

dimensão do mercado local e internacional de madeira, bem como a vocação natural de boa parte das áreas antes cobertas por ricas florestas, deveriam servir de motivação para gerar um amplo movimento estadual em favor da utilização destas chances ecológicas e da potencialidade produtiva existente.

Estranhamos a resistência dos agricultores e da classe florestal quanto ao aproveitamento destas oportunidades, já que o gaúcho, se pensarmos no seu papel de vanguarda em relação ao cultivo da soja no Brasil, sabe ser flexível e aberto às novas idéias.

### **Do paradigma florestal no Rio Grande**

A idéia sobre florestas atualmente dominante parece considerar o Estado como um lugar desabitado e sem estruturas fundiárias. Sem dúvida, não houve um planejamento de uso integrado do solo quando, nos séculos XIX e XX, todas as florestas ainda virgens foram colonizadas, isto é, entregues exclusivamente à agricultura. Faltou a visão de reservar áreas para no futuro atender ao interesse público em florestas, pois é o poder estatal que mais facilmente poderia aventurar-se em empreendimentos de longas rotações ou de conservação. Hoje, no Rio Grande, as áreas pertencentes às Florestas Nacionais são insignificantes e não existem florestas estaduais para produção, cabendo à iniciativa particular o atendimento das demandas de produtos florestais, materiais e imateriais.

Quando, nos anos 60, o uso exaustivo das florestas aos poucos acabou com as reservas, optou-se por um modelo de incentivo à produção de madeira, que somente considerou e beneficiou grandes empresas florestais. Surgiram plantações homogêneas de curta rotação, sistemas florestais que lembram os moldes da produção agrícola, sobretudo por se enraizarem, principalmente, em zonas de campos e em áreas facilmente mecanizáveis. Estas florestas não nasceram da convicção de sua singular vantagem para o uso múltiplo do solo. Não! O desenvolvimento florestal foi muito mais uma reação aos incentivos financeiros específicos, que não deixaram opção para a produção de madeira nos milhões de hectares do Rio Grande, sob cobertura florestal nativa, em posse de centenas de milhares de pequenos proprietários.

Com os anos tornaram-se visíveis, na paisagem, as florestas econômicas, manejadas com técnicas adequadas, contrastantes com as outras florestas, de áreas muitas vezes mais extensas e sem finalidade econômica, nem manejo. E esta diferenciação onipresente, espacial e funcional, virou ideologia. Aos poucos surgiu um novo paradigma: a dissociação efetiva das áreas florestais por suas funções. De um lado, as florestas de produção e, de outro, as quase intocáveis. Parece que não se levou em consideração o conceito moderno de uso múltiplo, isto é, a obten-

ção simultânea de matéria-prima, proteção, equilíbrio ambiental e benefícios recreativos. Neste conceito, qualquer tipo de floresta, seja plantada, seja nativa, deveria ser avaliada, usando-se os mesmos critérios ecológicos e sócio-econômicos.

No Rio Grande optou-se por um conceito de separação de funções das florestas; opção até aceitável, quando se trata de um planejamento para regiões despovoadas, mas fatídico para regiões com estruturas já definidas. Este conceito era menos estranho nos anos 60 e 70, quando existia otimismo na agricultura, pelas perspectivas aparentes da soja. A realidade hoje é outra: é a da falta de alternativas agrícolas para as regiões coloniais com topografia de vocação florestal. O êxodo rural, em conseqüência, tornou-se um fenômeno comum.

A inexistência de produção sustentada de madeira nas zonas antigamente florestadas não se deve somente à ausência de incentivos financeiros, mas muito mais ao não reconhecimento do potencial econômico inerente a estas áreas. A colocação da existência destas florestas como sinônimo de proteção ambiental é de tal modo divulgada, que se tornou pecado pensar em sua utilização. Verifica-se até uma tendência de impor esta separação espacial/funcional, não com diálogo e recompensa, mas através de forte militância, com atitudes semelhantes ao combate ao terrorismo ou ao narcotráfico, proporcionando aos eco-guerreiros uma aura de heroísmo (basta analisar as reportagens em jornal, rádio, TV). O efeito sobre a percepção dos proprietários e habitantes do interior, por falta de diálogo, esclarecimento e suporte, e pelo excesso de regulamentações, não é o desejado. Gera apenas sentimentos de desinteresse, incerteza, medo e a conseqüente falta de perspectivas e de conhecimento. Toda vez que, em nossos contatos com os agricultores, o assunto se referiu à floresta e sua utilização sustentada, foram ouvidas alegações carregadas dos sentimentos citados que, por fim, superam os argumentos mais lógicos à favor da *Floresta Colonial*.

Verificamos, assim, que a realidade florestal se caracteriza, por um lado, pela extrema liberalidade do uso de florestas exóticas e, por outro, pela imposição severa das funções exclusivamente sociais às áreas nativas das pequenas propriedades. Enquanto das florestas industriais não se exige qualquer geração de benefícios imateriais (embora o façam), impede-se a possibilidade de usufruir os benefícios econômicos das florestas nativas.

Chama-nos a atenção o fato de que a própria Engenharia Florestal, certamente na melhor das intenções, coopera para a manutenção deste paradigma intransigente. Mundo afora, prevalece a convicção de que os melhores resultados nas tentativas de proteção dos recursos naturais são obtidos pela integração, pela participação e pelo despertar dos interesses da população diretamente atingida.

Será que o clima de tensão que se criou em torno da teoria e prática protecionista reflete um antagonismo entre cidade e campo? Será que as regras do jogo foram elaboradas assim, por ignorar-se a complexidade dos sistemas florestais e se desconhecer a realidade ecológica, sócio-econômica e cultural do interior? Sendo o uso múltiplo uma faceta da sustentabilidade, não podemos deixar de constatar uma realidade um tanto hipócrita: fala-se e exige-se a sustentabilidade, porém sem fomentá-la. Ao contrário, impede-se a sua implantação integral.

### **Dos regulamentos – excessos e carências**

O desenvolvimento agrícola nas regiões coloniais foi acompanhado pela eliminação – por vezes necessária, é certo – das florestas. Neste período elas serviam somente como reserva territorial e ninguém, salvo José Zell, no seu famoso memorial de 1929, as qualificou como fonte permanente de benefícios para os agricultores. As conseqüências do desmatamento foram reservas esgotadas e danos ambientais. A legislação florestal da época era inapta para disciplinar o processo. Assim, pode-se entender o espírito dos regulamentos atuais também como reação, até necessária, à dinâmica de degradação ambiental e aos desperdícios de ricos recursos naturais. Ninguém duvida do direito da sociedade de intervir no tratamento de florestas, mesmo particulares, já que se trata de um bem cujos efeitos são de interesse comum. Na formulação e execução das normas há determinações rígidas, acompanhadas de punições muito severas, prova de desconfiança das intenções dos proprietários de florestas (nativas). A estrutura do setor florestal público, porém, é complicada. Parece-nos estranho que as florestas não sejam consideradas como parte dos assuntos de uso do solo, pertencendo integralmente à um só órgão, que engloba temas de agricultura, pecuária e florestas. Uma secretaria de produção rural, por exemplo. Na realidade, há uma sobreposição de agendas de entidades ambientais e da agricultura, além da atomização de competências e da constante migração de responsabilidades. A prática, então, às vezes, leva à atuação simultânea de várias instituições num mesmo pedaço de terra, além de confrontar o cidadão, continuamente, com situações administrativas diferentes e regulamentos novos em relação à floresta. Poder-se-ia interpretar esta alta freqüência de modificações também como uma conseqüência da reduzida praticabilidade das leis, portarias, decretos etc., substituindo-os por outros provisórios, igualmente de curta duração. Isto criou uma situação que, até para os casos mais triviais, se exigem planos e projetos, fazendo dos interessados, dependentes de “peritos”, desestimulando a formação de um espírito florestal positivo no meio rural. Na ânsia de acabar com o tratamento abusivo das



florestas, é exercido um controle sistemático, o que necessariamente acaba em restrições, formalizações e punições exuberantes. O efeito óbvio é contraprodutivo, por não fazer jus às multiplicidades de ambientes florestais. A “formularização” da atividade florestal, baseada em manuais, guias, fórmulas – enfim, receitas –, leva a uma terrível e desnecessária inflexibilidade quando se trata de usar espécies ou florestas nativas. Qualquer procedimento se torna objeto de intervenção “técnica”, ocupando autoridades qualificadas com trivialidades, como no caso do corte de árvores singulares ou até mesmo de árvores mortas.

A rigidez de normatizar qualquer intervenção dificulta manejos adequados às situações locais específicas, para as quais jamais podem existir manuais apropriados. Para um europeu, certas disposições legais não deixam de ter algo de grotesco ou cômico: o não reconhecimento de renovação natural como reposição obrigatória; o plantio de um determinado número de árvores por unidade volumétrica cortada; o rigor das vistorias e planos para espécies nativas do Brasil, mesmo quando estas são plantadas fora do seu habitat natural; as restrições extraordinárias para as espécies nativas e a liberalidade frente às monoculturas exóticas.

A preocupação da legislação florestal, bem como de certas entidades ambientalistas, torna-se um tanto contraditória no que tange à origem das árvores. Simplificando, talvez a verdade seja que no Rio Grande de hoje haja uma única forma de produzir madeira sem “incomodar-se”: a de optar pelo uso de espécies exóticas. Chama-nos a atenção o seu trato preferencial pelos regulamentos. Compartilhamos as dúvidas de muitos ecólogos quanto ao uso de espécies introduzidas em maciços, considerando a riqueza do Estado em madeiras nobres autóctones. Entre alguns ambientalistas, estas dúvidas por vezes levam à fobia desnecessária contra as espécies florestais exóticas. Estranhamente, o Brasil, em outras áreas, soube fazer, do introduzido, símbolos nacionais ou regionais, como no caso do churrasco (gado), do cafezinho, da caipirinha (cana) ou da soja – e nada disso é autóctone!

Somente regulamentações que facilitem a produção e o uso das essências nativas poderão gerar mais interesse; o que se vê na prática, porém, é o contrário. Os procedimentos para permitir a realização de atividades com espécies ou florestas nativas são de tal modo minados de complicações, que geram a impressão de que tudo existe, não em função da preocupação com os ecossistemas, mas para arrecadação de taxas, honorários ou multas. Esta impressão se alimenta dos comunicados orgulhosos, dados à imprensa, relativos aos valores de multas aplicadas.

Se, por um lado, encontramos um exagero de regulamentações normatizantes, por outro, sentimos também a falta de certas considerações na lei – e queremos mostrar apenas alguns

exemplos, entre tantos que mereceriam ser mencionados. Regula-se até nos detalhes o procedimento para obter uma permissão de corte e transporte de até duas árvores, mas nem existe uma definição sobre “o que é floresta”. Exigem-se vistorias, mas falta a definição de um prazo máximo para a sua execução. Mencionam-se as várias vantagens das florestas, mas evita-se uma consideração do seu efeito em conjunto, o do seu uso múltiplo. Os regulamentos sobram em detalhes, mas são insuficientes no geral: sabemos que os benefícios decorrem da cobertura florestal, sendo, conseqüentemente, mais importante considerar a eficiência da área e não de árvores singulares. Regulamenta-se o descapoeiramento, como se dependesse do tamanho da propriedade e não de sua própria dimensão. Exige-se um sem número de informações para planos de manejo, mas faltam os instrumentos para aproveitá-las no próprio planejamento. Obriga-se o consumidor de madeira a preocupar-se com o abastecimento sustentado, no lugar de harmonizar a produção florestal com o mercado e com o interesse público. Determinam-se diâmetros mínimos para exploração de espécies, como se não soubéssemos da existência de enormes diferenças nas qualidades de sítio. Decreta-se a cobertura florestal mínima nas propriedades rurais, sem considerar as diferenças fisionômicas da vegetação natural, etc, etc...

Se o entusiasmo e o esforço para o controle ou a coerção das atividades na floresta nativa fossem investidos em programas positivos de produção, através de esclarecimento e fomento, criar-se-ia um clima favorável à floresta, sim, mas contribuindo, ao mesmo tempo, para a integração da população na marcha de um desenvolvimento sustentável, isto é, ecológico e socialmente justo.

## **Da ecologia das florestas do Rio Grande**

A consciência ecológica da sociedade, sem dúvida progrediu muito, ultimamente. Nem sempre, porém, com toda a conseqüência. É uma opinião bastante difundida, a que equipara a ecologia com a proteção e a proteção florestal com a sustentabilidade. Não é um fenômeno exclusivamente gaúcho – também nos países industrializados há quem pense que a função da ecologia não é a de ser guia para o manejo consciente da natureza mas, sim, ser a própria proteção ambiental. Queremos, com poucos exemplos, mostrar que, às vezes, o efeito não é ecologicamente correto.

Hoje se comemora uma vitória ecológica, quando florestas são declaradas intocáveis, mas se desconsidera, por completo, que o mercado gaúcho de madeiras se abastece em grande parte de outras regiões. O custo ambiental de 4.000 km de transporte em estradas, partindo da Amazônia até o Rio Grande, é enorme: seria muito mais ecológico produzir (e cortar) a madeira perto do local de consumo. Assim, o Rio Grande está participando direta-

mente do desgaste de reservas naturais. E mais: ninguém também pergunta pela eficiência ambiental dos controles exigidos pela lei florestal, até para fiscalizar cortes de volumes insignificantes. Também não encontramos ninguém que se preocupe com a propagação do uso do gás (proveniente de energia fóssil) no meio colonial, enquanto árvores mortas, potencialmente lenha e recurso renovável, devem apodrecer no mato. Não seria muito mais ecológico incentivar justamente o manejo das florestas nativas nas pequenas propriedades rurais, criando um mosaico ecológico de diversidade extraordinária na paisagem colonial? Não seria justamente esta a situação que também os movimentos ambientalistas desejam?

Não nos convém qualificar as grandes plantações econômicas, homogêneas até geneticamente, porém elas são aceitas e incentivadas para obter matéria-prima lenhosa padronizada. Por que, então, se torna problema aceitar com naturalidade o potencial produtivo existente nas florestas nativas? E nem vamos lembrar aqui o lado eco-sociológico desta comparação, a mão-de-obra ocupada, os empregos gerados pelo trabalho nas florestas coloniais e, posteriormente, pelo aproveitamento da matéria-prima produzida.

## **Da Engenharia Florestal**

As dificuldades encontradas para o uso das florestas coloniais provavelmente também se devam a um certo déficit de conhecimentos técnicos em relação ao trabalho com estas formações complexas.

O Rio Grande esteve entre os primeiros estados brasileiros a dispor de um curso superior de Engenharia Florestal, tendo formado centenas de engenheiros. Qual é o papel da Engenharia Florestal na prática? Qual é a sua função na sociedade, a sua contribuição para um desenvolvimento ecologicamente sustentável e socialmente justo? Seria mero acaso que, durante a existência do curso de Engenharia Florestal em Santa Maria, o Estado tenha passado da condição de exportador de madeira para a de grande importador? Sem dúvida é injusto correlacionar os dois fatos, pois as exportações resultaram da pilhagem dos pinhais nativos; mas a verdade é que o aumento da produção de madeira durante estes 30 anos não acompanhou a demanda crescente. Qual a explicação para isso? Será que não houve penetração suficiente das opiniões dos técnicos na determinação dos objetivos do desenvolvimento florestal? Qual é então a tarefa da Engenharia Florestal? E pergunto até: existe um perfil definido, que torna a profissão singular? Creio que a resposta é negativa, fazendo com que não se perceba bem o caráter singular do engenheiro florestal entre as profissões ligadas ao meio ambiente. Talvez isto seja um indicativo para a

falta de emancipação. Sabemos que não foi fácil para a profissão enraizar-se dentro das ciências rurais e ambientais, mas, aos poucos, esperava-se que a Engenharia Florestal se ocupasse dos assuntos de relevância florestal, de modo a transportar os seus pontos de vista para a sociedade. Quer me parecer que, em parte, aconteceu até o contrário: uma diluição do espírito florestal nos paradigmas vigentes. Uma prova disso é a interpretação da evolução da cobertura arbórea do Estado: nota-se que o aumento visível das áreas florestais vem sendo louvado como mérito da legislação. Na verdade, é consequência da crise da agricultura colonial, seguida do abandono de terras. Certamente não é motivo para se orgulhar. Não que não desejássemos um aumento da percentagem de terra florestada, mas é contraprodutivo e ingênuo desconsiderar os efeitos colaterais: quem se orgulha da volta das florestas, deste modo, corre o risco de ser responsabilizado pela continuidade do déficit de madeira, pelo despovoamento do interior, pelo êxodo rural, pela paisagem asselvajada e pelo aparecimento de favelas até nas pacatas cidadezinhas da colônia gaúcha.

Desta transformação estrutural da paisagem colonial, a Engenharia Florestal poderia ter tirado motivos para se projetar, insistindo na integração das funções florestais como modelo de solução. A Engenharia Florestal, em vez de ser como qualquer um dos grupos que trabalham no campo ambiental, deveria dedicar-se mais à produção, num sentido amplo, através da pesquisa, do ensino, da extensão, da conservação dos recursos hídricos, de incentivos, da publicidade. Com este perfil específico, a profissão geraria uma competência insubstituível e inconfundível. Considero um beco sem saída, um caminho sem sustentabilidade, dedicar-se demais às tarefas de fiscalização mesquinha, fornecimento de certidões e elaboração de projetos de pouco desafio técnico. As florestas não deveriam ser vistas desta forma para geração de recursos para a classe. Ao contrário, esta deveria promover o desenvolvimento florestal, visando a geração de recursos para a sociedade.

Ainda não é tarde para começar um processo de reorientação da missão dos engenheiros florestais. Emitindo sinais de incentivo à produção, serão abertas perspectivas para atividades satisfatórias e importantes em seus efeitos sobre as condições sociais e econômicas do Estado.

### **Da ilusão de um Rio Grande florestal**

Querendo, todos nós aprendemos, a cada dia que Deus nos dá. Aprendemos analisando a realidade, analisando o nosso meio ambiente em constantes modificações. Condicionemos os nossos objetivos aos achados destas análises.

Hoje as condições sócio-econômicas são bem diferentes das de 20 ou mais anos atrás. As mudanças no interior do Rio



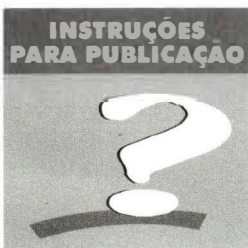
Grande criaram uma série de problemas, inclusive sociais, que a nossa profissão poderia atenuar. Revertamos as atitudes burocráticas, de administrar formulários, de recorrer à ameaça, punição e repressão e suas conseqüências. Transformemos tudo isso em um sistema de diálogo, de esclarecimento, de incentivo, para criar um clima positivo e humano. Tomemos a situação estrutural e fundiária do Estado por realidade. A possibilidade de se fazer reservas de vastas áreas intocadas no Rio Grande foi perdida há mais de um século. Dedicemos as áreas de cobertura lenhosa ao uso múltiplo, dando uma oportunidade ao seu potencial produtivo, claro que sempre dentro das normas necessárias de proteção e conservação, mas sem excessos burocráticos. Simples proibições não são soluções inteligentes quando não se oferecem, simultaneamente, alternativas aceitáveis. E a Engenharia Florestal seria um guia para alcançar o uso sustentado da natureza. Despertar o interesse dos agricultores pela causa florestal vai trazer mais satisfação profissional do que incriminá-los.

E que ninguém diga que o agricultor não aceitaria cultivos arbóreos e não aprenderia a planejar um regime sustentado de produção. Não precisamos citar os exemplos dos minifundiários centro-europeus, pois no próprio Rio Grande existem várias provas. Basta ver os milhares de agricultores que optaram pela acacicultura como parte de seu sustento. Para eles, aparentemente, bastou a perspectiva econômica e a desburocratização legal, para convencê-los e fazê-los agir. Por que não estimular toda a colônia gaúcha para ativar as terras ociosas que, possivelmente, cobrem 10 ou 20 vezes mais área do que as plantações industriais? Já existem secretários de agricultura municipais dispostos a propagar a floresta para as colônias. Imaginemos se existisse todo um sistema de extensão florestal, condicionando o seu serviço às características e necessidades regionais: quanto emprego para os engenheiros, que campo enorme de pesquisas, que volume de trabalho neste deserto florestal e, também, que novo potencial econômico para o interior! O que o proprietário colonial precisa é de uma perspectiva, principalmente em tempos em que o setor fumageiro, até hoje um suporte da agricultura na zona montanhosa, também discute alternativas de produção. Qual será o futuro se um dia o fumo fracassar em termos econômicos?

O que os movimentos conservacionistas e ambientalistas ambicionam é um ambiente ecologicamente sadio. Por que, então, não unirmos os interesses? Para produzir (cortar) madeira, precisamos ter e manter florestas. Quem quer ver florestas, dentro de um país no qual existem segurança, justiça social e perspectivas para o agricultor, que fomenta a produção e o consumo florestal, isto é, que concorde também com a posterior utilização da madeira! Afinal, em tempos em que todos falam de sustentabilidade, não há alternativa mais ecológica.

**Franz Andrae** é engenheiro florestal, doutor em Ciências Florestais e professor da Universidade Rural de Viena, Áustria.





*Ciência & Ambiente é uma publicação semestral editada na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul, Brasil. Cada número da revista trata de temas específicos, previamente selecionados pelo Conselho Editorial e anunciados na edição anterior.*

### **ESCOLHA DOS TEMAS**

*Os temas escolhidos devem enfocar questões relativas à ciência, ao meio ambiente e à sociedade, considerando a totalidade das relações que se estabelecem entre eles e os princípios de um desenvolvimento econômico, social e ecológico sustentável. Incluem-se reflexões sobre o progresso científico, a relação homem-natureza, a geração de tecnologia e sua influência nas relações de poder. Podem ser abordados, ainda, assuntos referentes ao modelo de organização das instituições de ensino, pesquisa e extensão, e seus efeitos sobre a formação de recursos humanos e sobre a produção e difusão do conhecimento, entre outros.*

### **ORIENTAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS**

*Os artigos apresentados podem ser redigidos em português ou espanhol. Os autores devem informar sua função e instituição de procedência. O Conselho Editorial reserva-se o direito de sugerir modificações de forma, com o objetivo de adequar os artigos às dimensões da revista e ao seu projeto gráfico.*

*Os artigos encomendados têm prioridade na publicação.*

*Trabalhos enviados espontaneamente poderão ser publicados, desde que aprovados pelo Conselho Editorial.*

*Estes devem ser encaminhados à revista no período de 1º a 30 de abril e outubro, respectivamente. Recomendam-se aos autores textos com, no máximo, vinte laudas.*

### **DISTRIBUIÇÃO**

*A revista **Ciência & Ambiente** circula em todo o Brasil e em países da América Latina e Europa. Os interessados na sua aquisição (números individuais, assinatura) podem dirigir-se ao editor.*

**INSTRUCCIONES  
PARA PUBLICACION**



*Ciência & Ambiente es una publicación semestral editada en la Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul, Brasil. Cada número de la misma trata de temas específicos, los que son previamente seleccionados por el Consejo Editorial y anunciados en la edición anterior.*

**SELECCIÓN DE LOS TEMAS**

*La revista aborda temas relativos a la ciencia, al medio ambiente y a la sociedad, considerando la totalidad de las relaciones que se establecen entre ellos y los principios de un desarrollo económico, social y ecológico sustentable.*

*Se incluyen reflexiones sobre la relación hombre-naturaleza, el progreso científico, la generación de tecnología y su influencia en las relaciones de poder.*

*Pueden ser tratados también temas referentes al modelo de organización de las instituciones de enseñanza, investigación y extensión, y sus reflejos en la formación de recursos humanos y en la producción y difusión del conocimiento, entre otros.*

**ORIENTACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS**

*Los artículos presentados pueden ser redactados en portugués o español. Los autores deben indicar su función y la institución a que están vinculados. El Consejo Editorial reserva para sí el derecho de sugerir modificaciones de forma, con el objetivo de adecuar los artículos a las dimensiones de la revista y a su padrón editorial y gráfico. Las colaboraciones solicitadas por los editores tienen prioridad en la publicación. Los trabajos espontáneamente enviados deben ser remitidos a la revista en el período de **1º a 30 de abril y durante el mes de octubre**. Se recomienda a los autores textos de, a lo máximo, **veinte páginas**.*

**DISTRIBUCIÓN**

*La revista **Ciência & Ambiente** circula en todo el Brasil y en diversos países de Latino America y Europa.*

*Los interesados en su adquisición (números individuales, suscripción) pueden dirigirse al editor.*