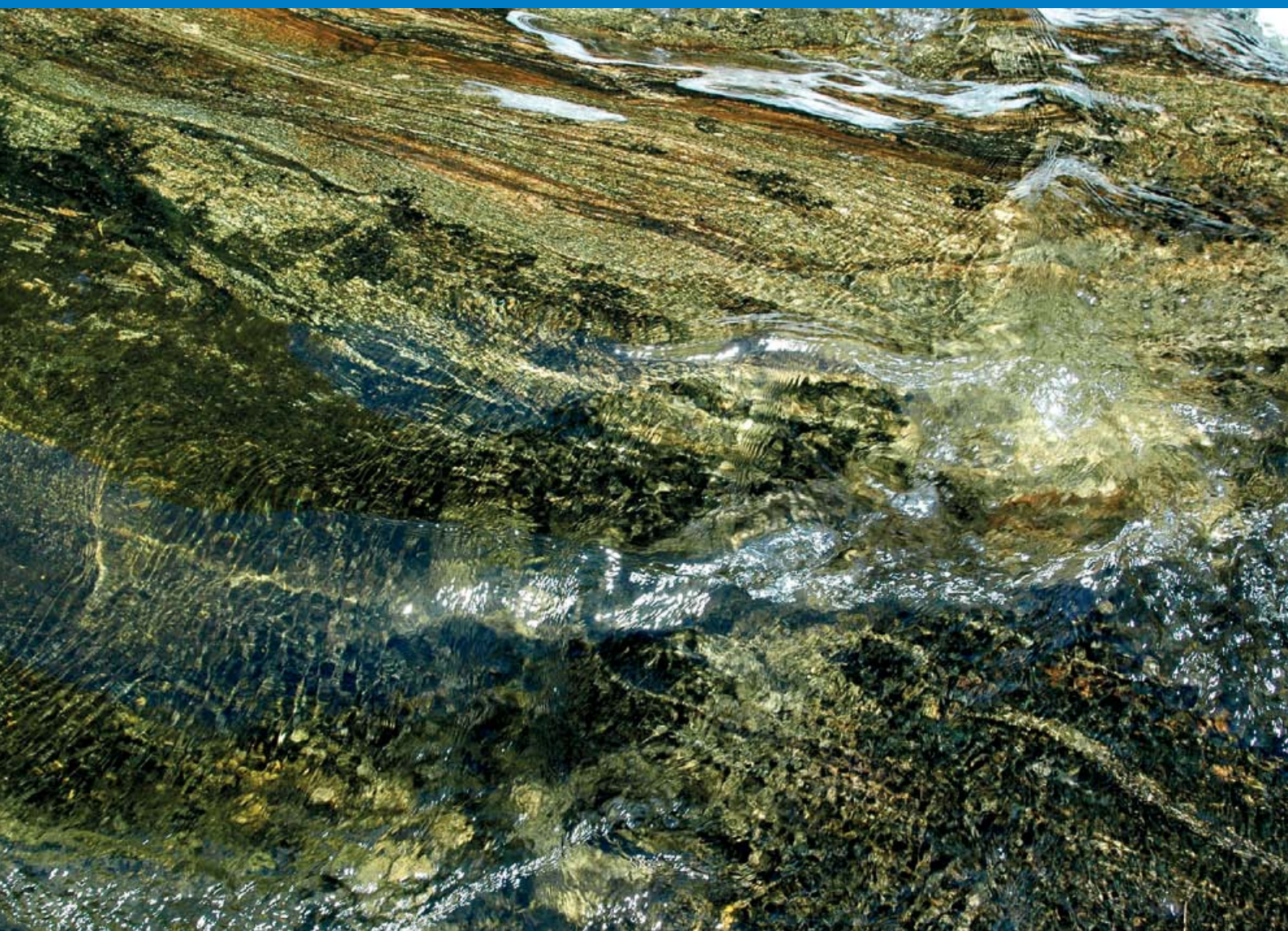


CADERNOS DO DIÁLOGO



Volume 1 - 2010

A SILVICULTURA E A ÁGUA: CIÊNCIA, DOGMAS, DESAFIOS





DIÁLOGO FLORESTAL

**A SILVICULTURA E A ÁGUA
CIÊNCIA, DOGMAS, DESAFIOS**

Cadernos do Diálogo - Volume 01

Walter de Paula Lima

Instituto BioAtlântica
Rio de Janeiro (RJ)
2010

FICHA TÉCNICA

Realização

Diálogo Florestal

Coordenação

Miriam Prochnow

Texto

Walter de Paula Lima

Professor Titular Permissionário

Departamento de Ciências Florestais, ESALQ/USP

Membro do Diálogo Florestal

Revisão: Eliana Jorge Leite

Fotos: Carolina C. Schaffer, Edegold Schaffer, Edilaine Dick, Jean François, Miriam Prochnow, Walter de Paula Lima, Wigold B. Schaffer

Foto da Capa: Miriam Prochnow

Projeto gráfico e diagramação: Fábio Pili

Agradecimentos

Os resultados acumulados das microbacias experimentais do PROMAB discutidos no presente documento foram frutos da participação de várias pessoas, alunos de graduação, pós-graduandos e recém-doutores que fizeram ou fazem parte da equipe técnica, assim como técnicos e engenheiros das empresas participantes do programa. O PROMAB também resultou da evolução de projeto de pesquisa apoiado pelo CNPq, na forma de bolsa de produtividade em pesquisa do autor, assim como teve apoio financeiro do CNPq/CT-Hidro, Processo No 550270/02-7.

L732s

Lima, Walter de Paula.

A silvicultura e a água : ciência, dogmas, desafios / Walter de Paula Lima; [coordenação: Miriam Prochnow]. – Rio de Janeiro : Instituto BioAtlântica, 2010.

64 p. : il. color. ; 27 cm. – (Cadernos do Diálogo ; v. 01).

Acima do título: Diálogo Florestal.

Bibliografia: p. 58-61.

ISBN 978-85-60840-03-8

1. Florestas – Conservação – Brasil. 2. Bacias hidrográficas – Brasil.
3. Mata Atlântica. I. Prochnow, Miriam. II. Instituto BioAtlântica. III.
Título. IV. Série.

CDD – 634.9280981

SUMÁRIO

- 7** Apresentação
- 8** Perspectiva histórica
- 16** O Mito em torno do eucalipto
- 24** Fundamentos científicos da relação
entre plantações florestais e água
- 42** Incorporando o objetivo de conservação
da água nas práticas de manejo
- 54** Conclusão
- 58** Bibliografia
- 62** O diálogo florestal
- 64** Os fóruns regionais







APRESENTAÇÃO

Esta publicação organizada pelo Diálogo Florestal, de autoria do Professor Walter de Paula Lima, é uma valiosa análise e reflexão sobre dois temas atuais e extremamente importantes para a Mata Atlântica e outros biomas brasileiros: o manejo florestal e suas implicações no uso e conservação da água doce; e a ocupação e manejo integrado do território. O autor apresenta de forma didática as bases científicas sobre esses temas, nos proporcionando maior clareza dos desafios que essa abordagem necessita.

No contexto das estratégias para o uso e conservação da biodiversidade no Brasil, especialmente na Mata Atlântica, um dos temas integradores de maior destaque refere-se à conservação da água doce ou águas interiores. Inegavelmente, em diversas regiões do país, mas especialmente na Mata Atlântica, onde vivem cerca de 70% da população brasileira, já se manifestam limitações e demandas conflitantes no abastecimento de água doce para consumo doméstico, industrial e agrícola, fato que suscita discussões e ações para a proteção, recuperação e uso racional dos recursos hídricos.

Dado o papel das florestas e outras formações naturais na conservação dos recursos hídricos que, em diferentes graus, influencia a quantidade, qualidade e constância do suprimento de água doce, evidencia-se ainda mais a importância de um Fórum como o Diálogo Florestal, ao somar forças e propósitos para inovar e buscar novos padrões de desenvolvimento. As análises aqui apresentadas certamente serão incorporadas nas discussões estratégicas do Diálogo Florestal e dos seus Fóruns Regionais que têm enfatizado a importância de embasar as ações e compromissos assumidos por seus membros, através de uma sólida contribuição da ciência e do aprendizado e da vivência no campo.

A geração e sistematização de informações dessa natureza são essenciais para avançarmos em mecanismos e abordagens tão necessários para expandir os esforços de conservação e a sustentabilidade de áreas estratégicas para manutenção dos ecossistemas naturais aliados as atividades econômicas e ao bem estar humano. Nossa expectativa, portanto, é que essa publicação venha contribuir para a melhoria da qualidade e quantidade de ações não só do Diálogo Florestal, mas de todos aqueles interessados no desenvolvimento sustentável no Brasil. Boa leitura!

Luiz Paulo Pinto

Diretor do Programa Mata Atlântica
Conservação Internacional

José Luciano Duarte Penido

Presidente do Conselho de administração
Fibria

PERSPECTIVA HISTÓRICA

A água é essencial à vida. Todavia, devido à sua distribuição universal e sua aparente inesgotabilidade, nunca o homem se preocupou apropriadamente com a necessidade de conservação desse importante recurso natural. Para o cidadão comum, água não é problema dele, mas deve estar constantemente disponível na torneira.

Nos dias atuais, no entanto, é cada vez maior a preocupação de técnicos e leigos para com a conservação da água. A escassez de água potável já é um problema levado muito a sério em diversos países, sendo hoje reconhecido como a *crise da água*, fazendo com que a preocupação para com a manutenção dos recursos hídricos adquira um caráter prioritário e vital. A crise da água veio para ficar, não no sentido de que a água vai acabar, mas sim devido ao fato de que já se atingiu o limiar de conflitos, onde quem mais sofre são os pobres e, agora reconhecidamente, o próprio meio ambiente.

Mas as características peculiares do recurso natural água tornam sua conservação um problema complicado. A conservação da água não pode ser conseguida independentemente da conservação dos outros recursos naturais. O comportamento da água na terra, ou seja, o comportamento da fase terrestre do ciclo hidrológico, é um reflexo direto das condições e dos usos da terra de onde ela emana.

Na natureza, a conservação dos recursos hídricos, em termos de quantidade de água, regime de vazão dos córregos, ribeirões e rios, permanência de vazões mínimas, qualidade da água e qualidade do ecossistema aquático, decorre de mecanismos naturais de controle desenvolvidos ao longo dos processos evolutivos da paisagem, que constituem os chamados “serviços ambientais”. Um desses mecanismos depende justamente da relação entre as florestas e a água, que estão intimamente





Miriam Prochnow



Miriam Prochnow

A crise da água veio para ficar. Cerca de 40% da população mundial convive com a falta crônica de água.

ligadas, havendo mesmo quem tenha afirmado que podem ser vistas como as duas faces de uma moeda. Ou seja, a ocorrência de florestas está sempre associada a condições naturais de abundância de água, em termos do balanço hídrico climático caracterizado por precipitação média anual maior do que a evapotranspiração potencial, que define os chamados climas úmidos. Por essa mesma razão, não foi à toa que surgiu, no passado, o mito de que a floresta faz chover, que gerou muita controvérsia e chegou mesmo a ser avaliado em trabalhos experimentais.

Por outro lado, essa mesma relação íntima entre a floresta e a água pode ser observada na regularidade e na qualidade da vazão em bacias hidrográficas cobertas com florestas naturais, tanto em bacias de grande e de médio porte, mas principalmente em bacias menores, as chamadas microbacias hidrográficas. Esse fato também gerou a crença de que as florestas aumentam a vazão dos rios. E esse mito gerou, no passado, controvérsia ainda maior, tendo dado margem ao surgimento de grupos defensores dessa ideia assim como seus opositores, cada um procurando encontrar argumentos para justificar sua posição, mas nenhum deles com evidências e provas suficientes.





A relação entre floresta e água de boa qualidade também pode ser verificada na escala de bacias maiores dos rios.

Esses dois aspectos históricos podem ser considerados como embriões da Hidrologia Florestal, a ciência que estuda as relações entre a floresta e a água, que se desenvolveu a partir do início do século 19 e produziu resultados experimentais consistentes e valiosos, que esclareceram mitos e ofereceram ferramentas poderosas para o manejo adequado dos recursos naturais. Mas o que se observa é que o tema é ainda polêmico no mundo todo, no que diz respeito ao estabelecimento de políticas públicas de conservação

da água e de incentivo ao uso sustentável dos recursos naturais. A proteção dos remanescentes florestais e a restauração florestal continuam sendo a base de políticas públicas voltadas para a melhoria ambiental e a conservação da água. Em alguns países, inclusive no Brasil, essa percepção também deu origem a programas de pagamento por serviços ambientais, frequentemente vinculados à manutenção ou ao aumento da cobertura florestal nas propriedades rurais.

Paradoxalmente, o advento de plantios florestais – e principalmente a expansão mais recente destas áreas com plantações florestais, devido ao crescimento de sua importância econômica – vieram, no mundo todo, acompanhadas por uma opinião pública generalizada de que elas, ao contrário das florestas naturais, seriam prejudiciais aos recursos hídricos. E nessa crença generalizada há de tudo, além do estigma da palavra “eucalipto”: “as plantações florestais consomem muita água”, “secam o solo”, “suas raízes furam o lençol freático”, “inibem a formação de nuvens”, “desestabilizam o ciclo hidrológico”, etc.

No caso das crenças do passado, a preocupação que nutria as controvérsias residia no gradual desaparecimento das florestas para dar lugar ao desenvolvimento. Era preciso associar um aliado forte para ajudar a frear

o desmatamento, e o possível efeito negativo do desaparecimento das florestas sobre a água, sem dúvida, não poderia deixar de ser considerado pela sociedade, devido à importância vital da água. Quanto mais florestas, mais água, era o mote.

No caso das plantações florestais a polêmica, que é recorrente e está longe de ser resolvida, se acirra, não com o desaparecimento mas sim com a expansão destas áreas. Só que, nesse caso, a crença é que quanto mais áreas com plantações florestais, menos água.

Será realmente verdade que uma paisagem predominada por plantações florestais deve ser invariavelmente antagônica à conservação dos recursos hídricos?





Os benefícios ambientais das plantações florestais não ocorrem por si só, mas dependem de nossas estratégias de manejo.

Essa opinião pública generalizada de que as florestas naturais, em todas as circunstâncias e em qualquer situação, são sempre benéficas para os recursos hídricos, no sentido de que elas fazem chover, aumentam a vazão dos rios, reduzem enchentes e mantêm a qualidade da água é questionável e deve dar lugar à percepção moderna, baseada na experimentação científica, de que se trata de uma relação muito mais complexa, cujos resultados vão depender da interação de vários fatores e não apenas da presença ou ausência da floresta.

Da mesma forma, a crença geral de que as plantações florestais, em todas as circunstâncias e em qualquer situação, são sempre deletérias para os recursos hídricos não passa pelo escrutínio da experimentação científica. É preciso analisar todo o contexto. No caso da percepção de se estabelecer plantios florestais para a recuperação de áreas degradadas, por exemplo, em algumas situações os resultados são realmente bastante promissores, inclusive no que diz respeito ao retorno de serviços ambientais. To-

davia, dependendo da extensão da degradação, ou quando os solos já perderam sua resiliência ou capacidade de auto-renovação, os resultados vão ser nulos. Por outro lado, no caso de plantações florestais para abastecimento industrial, a percepção popular é frequentemente enfrentada por aqueles que são responsáveis pelo seu manejo, com a alegação de que as florestas plantadas, em todas as circunstâncias e em qualquer situação, são benéficas para o meio ambiente, como se a mera existência destas plantações já fosse, por si mesma, condição suficiente para garantir a melhoria ambiental. Na realidade, por se constituírem produto da engenharia humana, em termos de tecnologia silvicultural de formação e manejo de talhões homogêneos visando a maximizar a produtividade, os benefícios ambientais vão depender crucialmente do plano de manejo, em termos da interação dos plantios florestais com os demais elementos da paisagem, desde a sua formação até a sua colheita.

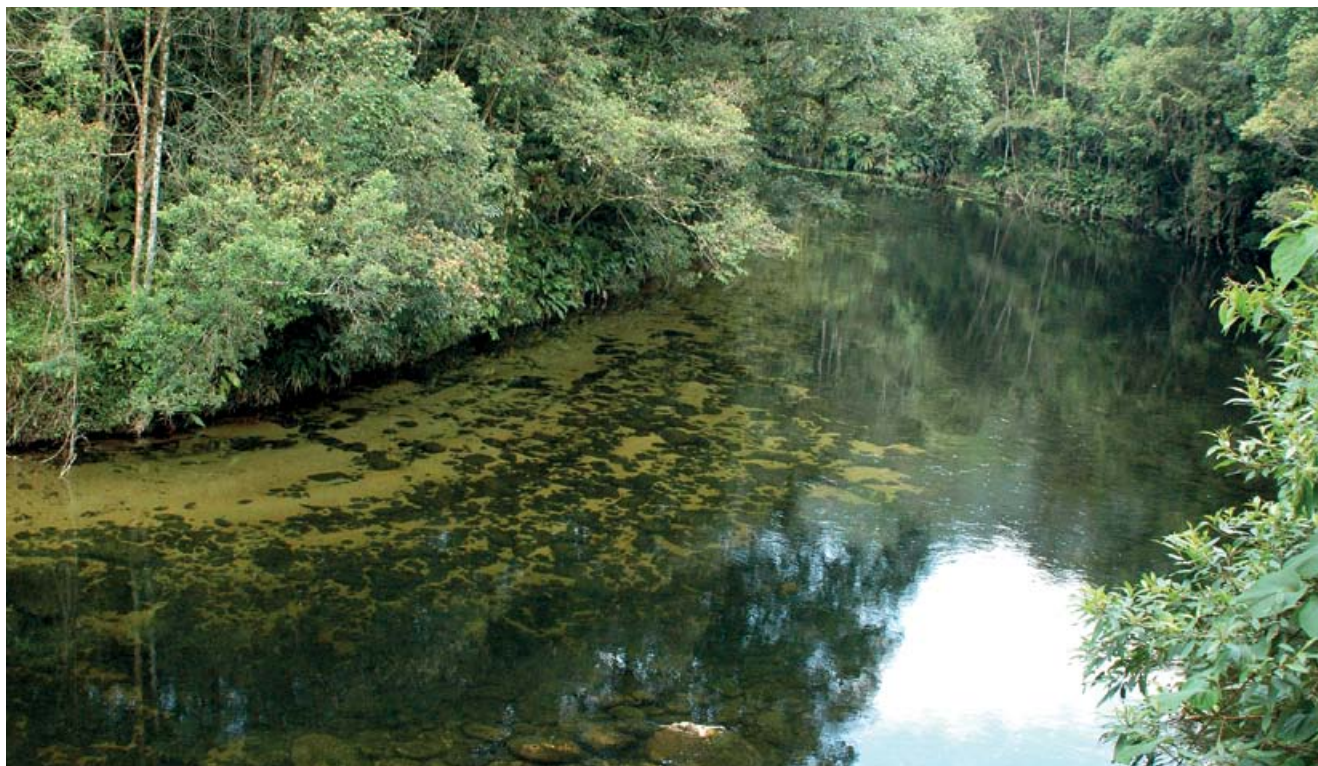
Mas os recursos hídricos, afinal de contas, podem ser afetados também por inúmeras outras ações humanas e por eventos naturais, e não apenas pela presença ou ausência das florestas e do manejo das plantações florestais. Todavia, a despeito de algumas dessas outras causas de degradação dos recursos hídricos serem inclusive mais impactantes, não se observa a mesma preocupação que normalmente é dada ao fator florestal. Nesse sentido, não será difícil, por exemplo, acontecer de um dado proprietário rural ser contemplado com o pagamento por serviços ambientais se ele plantou algumas árvores em sua propriedade, mas continuar impactando os recursos hídricos pelo manejo inadequado do solo.

Assim, para uma avaliação mais consistente das condições prevaletentes dos nossos recursos hídricos, das causas de sua degradação e de políticas públicas que efetivamente concorram para a conservação da água, é necessário que se leve em conta os resultados, as informações e alguns princípios já estabelecidos na ciência Hidrologia Florestal. Portanto, resumidamente, pode-se aceitar os seguintes princípios (CALDER, 2007):

- O consumo de água pelas florestas, é em geral, maior do que o consumo de vegetação de menor porte e de culturas agrícolas não irrigadas.
- Plantações florestais com espécies de rápido crescimento apresentam, também, maior consumo de água em comparação com vegetação de menor porte, bem como com floresta natural ou plantações com espécies de crescimento lento. Como resultado, em algumas situações pode-se observar redução significativa do deflúvio na escala de microbacias.
- Da mesma forma, tem sido observado que o percentual de ocupação da área da microbacia pelas plantações florestais é um fator muito importante para a ocorrência ou não desses efeitos. De fato, com base em alguns trabalhos em microbacias experimentais, os resultados mostram que não há alteração no deflú-

A água que emana de microbacias cobertas com florestas geralmente é de boa qualidade.





Áreas ripárias bem protegidas contribuem para a manutenção da saúde ambiental das microbacias.

vio se as plantações florestais ocupam apenas até 20% da área da microbacia hidrográfica.

- A qualidade da água que emana de microbacias cobertas com floresta é geralmente boa. No caso do manejo de plantações florestais, algumas práticas não sustentáveis de manejo podem causar erosão, perdas de sedimentos e de nutrientes em microbacias, contribuindo para gerar impactos à jusante, assim como para a degradação hidrológica dos solos e, eventualmente, da própria microbacia.

- Na escala de microbacias, a cobertura florestal pode, sem dúvida, mitigar os efeitos de enchentes. Todavia, isso geralmente não ocorre na escala de bacias hidrográficas de maior porte.

- Ainda não foi possível evidenciar efeitos benéficos da cobertura florestal sobre a vazão mínima, mesmo que se possa admitir, em tese, que a maior taxa de infiltração proporcionada pela proteção florestal seja suficiente

para contrabalancear o maior consumo de água, resultando em maior recarga do aquífero, o que contribui para manter a vazão mínima.

Desta forma, é imperativo que o planejamento do manejo de plantações florestais leve em conta as limitações naturais do meio, em termos de disponibilidade natural de água e também das demandas já estabelecidas deste recurso, assim como em termos da ocupação dos espaços produtivos da paisagem, a fim de garantir a permanência de atributos da paisagem (biodiversidade, áreas ripárias, mata ciliar etc.) que, no conjunto, garantem a manutenção da saúde ambiental das microbacias hidrográficas e dos serviços ambientais, sendo o principal deles a sustentação da quantidade e da qualidade da água que emana das microbacias hidrográficas.

Todavia, é também fundamental, no estabelecimento de políticas públicas voltadas para a conservação dos recursos hídricos, que se procure eliminar dogmas, que só contribuem para políticas e ações que atacam os sintomas e não as causas da degradação hidrológica.

E é igualmente essencial que haja, nessa luta, a participação irrestrita de toda a sociedade, no sentido de evoluirmos de uma democracia apenas de direitos para uma democracia também de responsabilidades para com o meio ambiente.

O MITO EM TORNO DO EUCALIPTO

Uma opinião popular clássica que envolve as relações entre as plantações florestais e a água se resume na afirmação de que o eucalipto seca o solo, razão pela qual é interessante comentar pontual e conceitualmente a respeito dela, já que tem sido frequentemente usada para o estabelecimento de políticas públicas e de legislação restritiva, assim como para acirrar discussões acaloradas, porém inócuas, eis que frequentemente elas são caracterizadas por forte apelo emocional e ideológico.

Parece claro que a grande maioria das respostas a essa afirmação se resume num retumbante “não”, e é fácil entender o porquê. Do ponto de vista da ciência, por exemplo, os inúmeros resultados experimentais acumulados sobre o consumo de água por plantações de eucalipto, tanto no país como no exterior, estão disponíveis para esclarecer esta preocupação. Mas ela ainda continua existindo, ressurgindo aqui e acolá sempre que o assunto está sendo discutido e, por que não dizer, sempre que alguns segmentos da sociedade manifestam suas inquietudes a respeito de algum tema que às vezes não tem nada a ver com o assunto.

De duas, uma: ou a ciência não está conseguindo eliminar essa inquietude, por uma razão ou outra, ou o problema não é apenas técnico, ou físico, ou biológico, o que aparentemente é o caso. De fato, a solução dos problemas ambientais não se consegue somente com a ciência convencional, ou seja, apenas com base nos resultados obtidos em trabalhos experimentais, mas sim a partir da análise de toda a complexidade dos aspectos ecológicos, sociais e culturais envolvidos em cada um deles. De sorte que, a despeito de se continuar produzindo mais informações científicas, a pergunta ainda permanecerá

por muito tempo, ou pelo menos enquanto a ciência procurar apenas demonstrar que o consumo de água pelo eucalipto não difere muito do consumo de outras espécies florestais. Essa evidência já se encontra bastante consistente na literatura.

Entretanto, a pergunta não cala porque tais evidências experimentais são apenas parte de um problema maior (LIMA, 2004). Por que, então, o solo seca? Por que riachos, córregos e arroios desaparecem? Por que microbacias inteiras se degradam? Por que nossos rios agonizam? Por que toda essa preocupação para com a água, que parece mesmo estar acabando?

Talvez parte desse problema possa ser atribuída a mudanças climáticas, evidenciadas a partir dos resultados de simulações por modelos complexos que foram desenvolvidos desde a constatação do gradativo aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, o chamado efeito estufa, decorrente principalmente da queima de combustíveis fósseis. Reflorestar pode ajudar a sequestrar esse excesso de carbono da atmosfera, dizem uns. Contudo, isto vai agravar ainda mais a escassez de água, dizem outros. Pior é que, em tese, ambos estão certos.



Miriam Prochnow



Há muitas ações não sustentáveis que afetam os recursos hídricos. Na foto, estradas atravessam áreas ripárias, cuja mata ciliar desapareceu para dar lugar à produção agrícola.

Mas o problema não decorre apenas de coisas que estão acontecendo nessa escala do macro clima. Há várias outras coisas, envolvidas numa escala menor, que também podem estar afetando. Na escala do mesoclima, por exemplo, esta escala com a qual convivemos no dia a dia – e por isso mesmo mais compreensível para a maioria das pessoas – deve-se considerar que as condições climáticas que governam a disponibilidade ou o suprimento natural de água para os mais diversos usos variam de região para região. Há a região do semi-árido, por exemplo, onde o calor é elevado, a evapotranspiração (conjunto de todas as perdas de água

por evaporação, incluindo a transpiração pelas plantas) é sempre alta e o total anual de chuvas é normalmente baixo. Portanto, não sobra quase nada de água das chuvas para recarregar o solo e os aquíferos. Só há vazão nos riachos e nos rios quando chove.

Por outro lado, há regiões em que chove bastante e durante praticamente todos os meses do ano, num total bem maior do que as perdas por evaporação, em termos médios anuais. Portanto, nesses casos há sempre excedente de água, que recarrega o solo e os aquíferos e alimenta a vazão perene dos riachos e dos rios.

Entre esses dois extremos há toda uma variação de condições do chamado balanço hídrico climático. Em todos eles existe, também, muita variação ano a ano, às vezes passando anos seguidos com chuva menor que a média histórica, causando diminuição sentida no volume de água superficial. E, imediatamente, alguns procuram atribuir esse secamento ao eucalipto. Em outras ocasiões, a região passa por anos a fio com chuva maior que a média, inclusive causando problemas de enchentes, e logo alguém atribui isso ao desmatamento.

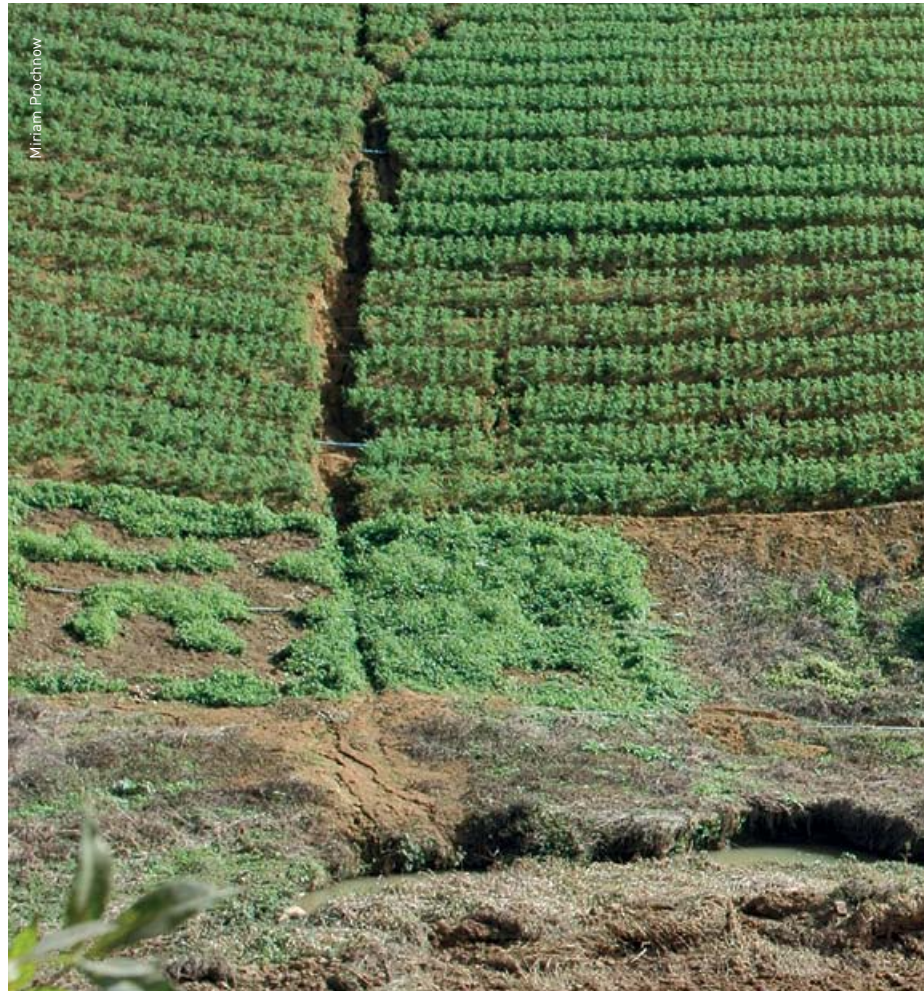
De qualquer maneira, um aspecto muito importante na análise de mesoescala é que em condições ou em regiões onde o suprimento natural de água já é pouco, qualquer alteração não planejada da paisagem, como a substituição de vegetação rasteira por florestas, pode resultar num aumento do consumo de água e gerar conflitos. É por isso que deve existir um zoneamento ecológico, que leva em conta essas variações regionais de disponibilidade de água, visando a disciplinar o uso da terra.



A ocupação desordenada de áreas hidrologicamente sensíveis, como cabeceiras de drenagem e áreas ripárias, em locais de manejo florestal, bem como o desmatamento e a desfiguração da paisagem, são fatores negativos para a manutenção dos recursos hídricos.



Mas há ainda outra escala onde ocorrem ações que também afetam os recursos hídricos, que é inclusive a escala principal dessa análise. Vamos chamá-la de escala micro, no sentido de ser a escala onde ocorrem as práticas de manejo, onde o homem planta, colhe, destrói, desmata, compacta o solo, constrói estradas ruins que atravessam áreas ripárias, pavimenta, impermeabiliza, sistematiza o terreno, soterra nascentes, põe fogo, ara, gradeia, faz monoculturas extensas, planta até na beira do riacho, às vezes até dentro da água, queima a mata ciliar, não cuida das pastagens, confina o gado em cima de áreas ripárias, constrói açudes, instala pivô central, irriga, aduba e vai por aí afora. Essas ações ocorrem na escala das propriedades rurais, onde estão também as microbacias hidrográficas, que podem ser muito afetadas por essas ações. E é na escala das microbacias hidrográficas que o foco principal das práticas de manejo sustentável dos recursos hídricos tem que estar centrado, pois as microbacias são as grandes alimentadoras dos rios e dos grandes sistemas fluviais. Infelizmente, porém, não existem ainda em nosso país políticas públicas mais fortes que incentivem e fortaleçam essa escala de atuação. E é bem por isso que pagar por serviços ambientais apenas pelo plantio de árvores na propriedade rural, mas sem levar em conta todas essas outras coisas, não vai necessariamente tornar o proprietário rural um “produtor de água”. As microbacias são diferentes das bacias hidrográficas maiores no que diz respeito a vários aspectos ecológicos e hidrológicos – e uma destas diferenças é que elas são altamente sensíveis às ações de manejo, ou seja, nelas é possível observar uma relação direta entre práticas de manejo e os impactos ambientais decorrentes. Assim, o conceito-chave é o que se encontra embutido na expressão manejo integrado de microbacias, que significa o planejamento das ações de manejo (florestal, agrícola etc.), resguardando os valores da microbacia hidrográfica, isto é, os processos hidrológicos, a ciclagem geoquímica de nutrientes, a biodiversidade, a proteção de suas partes hidrologicamente sensíveis e, no



conjunto, sua resiliência, isto é, sua capacidade de resistir a alterações sem se degradar de forma irreversível. Um dos fatores mais importantes, mas não suficiente, para a permanência dessa capacidade é a integridade do ecossistema ripário – traduzido pela pujança da mata ciliar protegendo adequadamente todas as áreas ripárias das microbacias – que não se limita aos 30 metros em ambas as margens dos cursos d’água, incluindo principalmente as cabeceiras de drenagem dos riachos, assim como outras partes da microbacia, às vezes situadas até mesmo na meia encosta, cuja característica é permane-

rem em condições saturadas de água na maior parte do tempo. É por isso que essas áreas são consideradas de “preservação permanente”, no sentido de que sua preservação em boas condições proporciona serviços ambientais importantes, sendo a água, sem dúvida, o mais importante destes serviços ambientais, que são serviços que o ecossistema nos proporciona de graça, como são, no caso, a quantidade de água, a qualidade da água e a permanência da vazão que emana das microbacias hidrográficas. Quando as microbacias perdem essas características naturais, tornam-se vulneráveis a pertur-



Foi a perda gradativa do ecossistema ripário, devido ao manejo inadequado do solo em incontáveis microbacias, a causa principal da degradação dos recursos hídricos.

bações que, de outra forma, seriam normalmente absorvidas. Assim, pode-se dizer, sem medo de errar, que foi a perda gradativa da resiliência do ecossistema ripário de incontáveis microbacias, e toda a degradação hidrológica dela decorrente, o fator principal da diminuição e degradação dos recursos hídricos superficiais, do secamento do solo e da morte de córregos e riachos.

Fica claro, desta maneira, que o eucalipto, afinal de contas, é também apenas parte do problema de secamento do solo, que realmente pode ocorrer quando as ações de manejo que o cultivam não levam em conta o conceito de manejo integrado das microbacias. Mas o problema é muito mais complexo e passa pelo resgate imprescindível de todos esses valores ambientais e hidrológicos

acima discutidos, principalmente aqueles relacionados com o planejamento adequado da ocupação dos espaços produtivos da paisagem para fins de produção agrícola ou florestal. Ao longo da paisagem há espaços de produção (de grãos, de fibras, de madeira, de carne, de leite etc.) que a sociedade precisa, mas há também espaços que têm nítida vocação de proteção ambiental, cuja preservação é necessária para proporcionar os serviços ambientais, de que também precisamos para continuar crescendo de forma

sustentável. O manejo das plantações de eucalipto tem que levar em conta essas particularidades e limitações ecológicas e hidrológicas. Pela mesma razão, também tem a mesma responsabilidade social e ambiental o manejo da soja, da cana, da laranja, do boi. De nada adianta transformar essa necessidade crucial para a sobrevivência de todos em disputas insólitas entre ruralistas, de um lado, e ambientalistas, de outro.

As pastagens consomem menos água, mas o seu manejo inadequado pode colocar em risco a integridade das microbacias hidrográficas.





Cabeceira de drenagem de uma microbacia, uma área hidrologicamente sensível que deveria estar protegida. O gado parece bonito e saudável, mas a microbacia mostra sinais claros de que está perdendo a briga.

Pela mesma razão, o planejamento da ocupação imobiliária da paisagem necessita rever suas ações no que diz respeito aos objetivos de conservação da água, já que a urbanização tem também parte da culpa. As cidades são os espaços onde vive a maioria da população, mas não devem, por isso, ficar à parte das necessidades de conservação das microbacias. A urbanização é o segundo fator de degradação hidrológica, depois da agricultura. E já existe mesmo no mundo um movimento de resgate desses valores hidrológicos nas áreas urbanas, com ações que visam a, por exemplo, “desenterrar” os córregos canalizados e integrá-los na paisagem urbana com seus atributos inerentes –como a mata ciliar, que além da importância hidrológica agrega, também, valor estético ao ambiente urbano – e deve contribuir, também, para a mudança de percepção dos cidadãos para com a necessidade da conservação dos riachos e de suas microbacias.



A urbanização é sem dúvida um forte fator de degradação hidrológica das microbacias.

FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS DA RELAÇÃO ENTRE AS PLANTAÇÕES FLORESTAIS E A ÁGUA

No mundo todo, as plantações florestais sempre estiveram na mira de discussões acaloradas, relacionadas principalmente com seus possíveis impactos sobre os recursos hídricos, como resultado da percepção genérica de um consumo exagerado de água. Tais discussões, longe de terminar, atingiram presentemente uma dimensão nova e muito significativa (JACKSON et al., 2005; FARLEY et al., 2005; VAN DIJK & KEENAN, 2007). Em primeiro lugar, devido ao total de área plantada, que atinge aproximadamente 50 milhões de hectares nas regiões tropicais do mundo, com uma taxa de novos plantios da ordem

de 3 milhões de hectares por ano (FAO, 2005). Por outro lado, torna-se cada vez mais evidente o fato de que a disponibilidade natural de água constitui hoje um dos mais importantes temas relacionados ao manejo dos recursos naturais em todo o planeta (ZALEWSKI, 2000; WAGNER et al., 2002). Desta forma, essas evidências estão exigindo que o manejo das plantações florestais incorpore definitivamente em seu plano a análise dos possíveis impactos hidrológicos de forma mais sistêmica (LIMA, 2005; CALDER, 2007; VANCLAY, 2009).

O eucalipto é uma espécie florestal absolutamente normal do ponto de vista fisiológico do consumo de água.



A literatura mostra que as relações entre plantações florestais e água vêm sendo estudadas em muitos países, com o uso de diferentes modalidades e perspectivas de pesquisa, tanto no nível de árvores isoladas quanto de talhões e principalmente na escala de microbacias experimentais (LIMA, 2006). E há, nesse sentido, excelentes trabalhos de revisão publicados, voltados para a análise criteriosa das informações disponíveis na literatura sobre um determinado aspecto do problema. O trabalho de ANDREASSIAN (2004), por exemplo, proporciona uma perspectiva histórica muito consistente e interessante sobre a controvérsia relacionada aos impactos hidrológicos da floresta e do manejo florestal, desde o início folclórico – e até mesmo romântico – desses debates, quando ainda não havia evidência científica alguma, até a fase atual.

Por outro lado, o trabalho relativamente recente de WHITEHEAD & BEADLE (2004) constitui uma revisão muito interessante sobre todos os aspectos fisiológicos do consumo de água pelo eucalipto. Dentro do referido mito sobre o eucalipto, não é difícil encontrar alegações de que se trata de uma espécie florestal peculiar no que diz respeito à água, capaz de proezas jamais atribuídas a qualquer outra espécie florestal. Analisando resultados disponíveis sobre aspectos fisiológicos em termos de taxa de transpiração, dinâmica dos estômatos, índice de área foliar, eficiência do uso da água, perdas por interceptação e balanço hídrico, esses autores são categóricos quando concluem que o eucalipto é uma espécie florestal absolutamente normal, que não consome mais água por unidade de biomassa produzida do que qualquer outra espécie florestal, apresentando, inclusive, uma melhor eficiência do uso da água.

Essa maior eficiência do uso da água pode ser melhor entendida observando-se os resultados experimentais mostrados na Figura 1, os quais foram obtidos durante a medição comparativa dos componentes do balanço hídrico do solo no Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, em parcelas dentro de talhões florestais de *Eucalyptus grandis* e de *Pinus caribaea*, ambos à idade de 5 anos, e também em parcela representativa da vegetação de cerrado da região (LIMA et al., 1990). A profundidade estudada do perfil do solo foi de 2 metros, o que significa dizer que o balanço hídrico deste perfil de 2 metros de solo envolveu a entrada de água pela chuva (seta vertical para baixo na parte superior do perfil do solo), a retirada líquida pela transpiração (número do bloco branco no centro do perfil) e a movimentação da umidade do solo

para cima (ascensão por capilaridade) ou abaixo (percolação profunda) do limite inferior do perfil estudado. Em outras palavras, ilustrando para o caso da parcela com eucalipto: a precipitação que efetivamente chegou à superfície do solo foi de 986,5 mm por ano, que é o resultado da perda, devido ao processo de interceptação pelo dossel, de parte da chuva incidente, que em termos médios anuais foi de 1.121 mm. O valor de 784 mm foi o resultado de absorção média anual de água do solo pela transpiração do eucalipto, que permitiu o acúmulo de 366 m³ de madeira por hectare. Comparativamente, para o caso do Pinus essa relação foi de 617 mm de água transpirada para 210 m³ de madeira, enquanto que a estimativa para o cerrado indica uma relação muito menor, de 569 mm de transpiração para cerca de 36 m³ por hectare.

ESQUEMA DOS COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO DO SOLO EM PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO E PINUS (IDADE DE 5 ANOS) E DE PARCELA ADJACENTE CONTENDO CERRADO (LIMA ET AL. 1990).

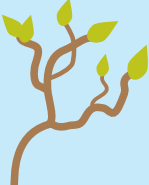
1121	↓	1121	↓	1121	Precipitação média anual (mm)
	↗	74,0	↗	134,5	Interceptação da chuva (mm)
Cerrado 32m³ ha		<i>Pinus Caribaea</i> 210m³ ha		<i>Eucaliptus Grandis</i> 366m³ ha	Estimativa de produção de biomassa
					
1121	↓	1047	↓	986,5	Precipitação efetiva (mm)
569		617		784	Total de perda do perfil (mm) (Transpiração)
4,3	↑	19,6	↑	124,4	Ascensão capilar (mm)
556	↓	450	↓	326	Percolação (mm)

Figura 1: Resultados do estudo do balanço hídrico do solo comparativo entre o cerrado, plantação de *Pinus caribaea* e plantação de *Eucalyptus grandis*, realizado no Vale do Jequitinhonha, MG. Os números mostrados representam média de dois anos consecutivos de medições. Ver texto para os esclarecimentos. (LIMA et al., 1990).

Na escala de microbacias experimentais, que é sem dúvida a escala consistente para a análise dos possíveis impactos hidrológicos do manejo florestal, o primeiro trabalho clássico de revisão foi escrito por HIBBERT (1967), apresentado no Simpósio Internacional de Hidrologia Florestal, realizado nos Estados Unidos, em 1965. Nesse trabalho o autor já afirmava claramente, com base nas evidências que ele havia encontrado, que o corte da floresta aumenta o deflúvio anual da microbacia, assim como o reflorestamento causa uma diminuição do deflúvio.

Seria interessante, a título de esclarecimento, explicar o termo 'deflúvio', muitas vezes confundido com vazão. O efeito do corte ou do reflorestamento comentado acima diz respeito ao balanço hídrico anual da microbacia hidrográfica, ou seja, a contabilização entre a entrada anual de água na microbacia pelas chuvas menos as perdas anuais por evaporação, restando, então, a água superficial, que alimenta a vazão.

Voltando a comentar o trabalho de HIBBERT (1967), desde essa primeira revisão, o autor foi muito cuidadoso ao alertar que a análise por ele realizada permitiu também concluir claramente que esses efeitos eram altamente variáveis de lugar para lugar e, em muitas situações, até imprevisíveis. Hoje se sabe, nesse sentido, que esses efeitos hidrológicos ocorrem por força de interação com outros fatores do meio, a hidrologia do solo sendo um dos mais importantes destes fatores. Em condições de solo raso, onde o armazenamento de água é pequeno, as diferenças no consumo de água entre a floresta e uma vegetação de menor porte, como a pastagem, seriam devido apenas à perda de parte da chuva por interceptação, que é normalmente maior no dossel florestal. Outro fator seria o clima, principalmente em termos do regime de chuvas. Em regiões onde a precipitação anual é elevada e as chuvas são regularmente distribuídas ao longo do ano, a evapotranspiração ocorre sempre à taxa potencial para uma dada condição climática. Nessas con-

dições, a maior rugosidade aerodinâmica do dossel florestal, aliada a uma maior quantidade de energia advectiva disponível (ganho de calor sensível devido à interação de massas de ar com temperatura mais quente do que a floresta), pode aumentar o consumo de água pelas florestas, comparativamente à vegetação de menor porte.

Neste sentido, ZHANG et al. (2001), em trabalho de análise dos dados de cerca de 250 microbacias experimentais no mundo todo, estabeleceram uma relação muito simples, porém muito consistente, entre a evapotranspiração na escala da microbacia hidrográfica, ou seja, da diferença entre a precipitação anual e o deflúvio medidos nas microbacias, e a precipitação anual, sintetizada na Figura 2. Conforme pode ser observado nessa figura, em regiões de precipitação anual abaixo de 700 mm os resultados mostram que não há muita diferença entre microbacias com floresta e microbacias com pastagem. Em outras palavras, nessas condições o balanço hídrico é mais governado pelo clima, independentemente do tipo de cobertura vegetal. Todavia, quando, ou em regiões de maior precipitação anual, a cobertura florestal tende a apresentar maior consumo de água do que vegetação de menor porte, de qualquer maneira sendo o valor máximo deste consumo limitado pelas restrições climáticas de disponibilidade de energia solar. Ou seja, não é uma relação linear, como mostra a figura. O modelo proposto pelos autores vem sendo referido na literatura como "as curvas de Zhang".

A realização de pesquisas científicas é fundamental para orientar metodologias de manejo de florestas plantadas com vistas à conservação dos recursos hídricos.



Carolina Schaffer

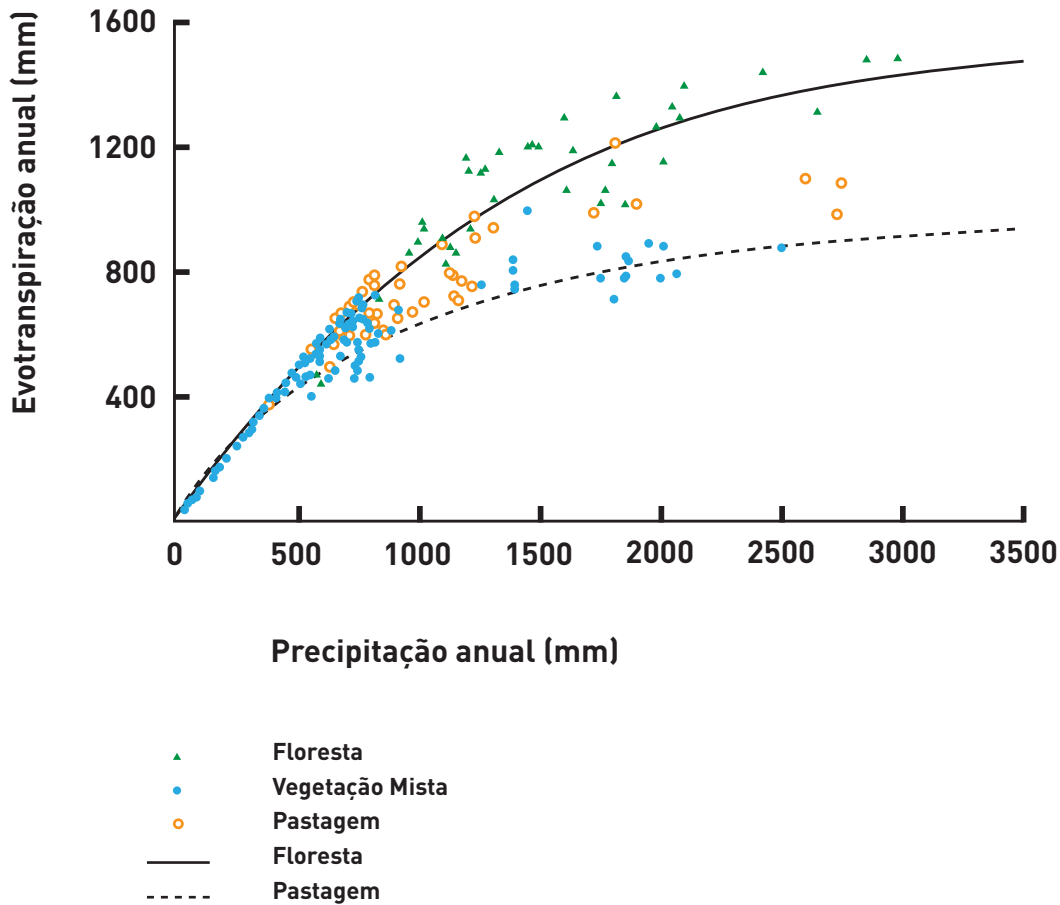


Figura 2: Gráfico que sintetiza o modelo de ZHANG et al. (2001), mostrando a relação que existe entre a evapotranspiração anual (eixo das ordenadas) e a precipitação anual (eixo das abcissas). A linha cheia superior corresponde a resultados medidos em microbacias com florestas, enquanto que a linha pontilhada inferior corresponde a resultados de microbacias com pastagens.

Mais ou menos na mesma época da, hoje clássica, revisão de HIBBERT (1967), o trabalho de SWANK & MINER (1968) constitui o que poderia ser considerado o primeiro resultado comparativo da substituição de floresta natural, no caso a floresta natural de latifoliadas mistas de clima temperado, por uma plantação florestal, no caso *Pinus strobus*, na escala de uma microbacia hidrográfica experimental. A região do experimento é caracterizada por precipitação média anual em torno de 1.900 mm e por uma taxa potencial de evapotranspiração de 1.120 mm, o que a confere como dotada de um excedente hídrico da ordem de 775 mm anuais. Os au-

tóres mostraram que quando a plantação de *Pinus* estava com a idade de 10 anos, o déféuio anual da microbacia havia diminuído 94 mm, relativamente às condições originais de floresta natural.

Outros trabalhos que ilustram essa comparação entre florestas naturais e plantações florestais foram produzidos na Austrália, em microbacias experimentais do manancial que abastece a cidade de Melbourne. A região se caracteriza por precipitação média anual em torno de 1.600 mm bem distribuídos ao longo do ano e excedente hídrico da ordem de 650 mm anuais. A primeira evidência foi verifi-

cada de maneira fortuita, em consequência de um incêndio florestal que dizimou a floresta natural de *Eucalyptus regnans* de mais de 200 anos de idade. A regeneração natural ocorreu de forma vigorosa após esse episódio, com uma densidade de mais de 3.000 árvores novas por hectare crescendo de forma uniforme, semelhante ao que acontece numa plantação florestal com espécies de rápido crescimento. Na escala da microbacia experimental, quando essa nova floresta estava com altura média de 10 metros e à idade de 38 anos, o deflúvio anual havia diminuído em 200 mm, relativamente ao nível de antes do incêndio. LANGFORD (1976). KUCZERA (1987) analisou a série histórica dos dados dessa microbacia experimental e produziu um modelo teórico do comportamento do deflúvio em relação ao crescimento e ao

avanço da idade da nova floresta, o qual está resumido na Figura 3. Tendo em conta que a escala temporal evidentemente não é diretamente aplicada às nossas condições, o que importa observar na Figura 3 é o fato, já afirmado neste documento, de que existe a tendência do deflúvio anual da microbacia voltar às condições de equilíbrio original à medida que a plantação florestal avança em idade. Guardadas as devidas proporções, isso pode significar, em termos práticos, que um período de rotação (idade do corte da plantação florestal) maior do que o que se pratica atualmente no manejo de plantações florestais para fins de abastecimento industrial nas nossas condições poderia, eventualmente, permitir tempo suficiente para que o balanço hídrico da microbacia restabelecesse seu equilíbrio original.

O manejo correto das plantações florestais e das outras atividades numa propriedade rural é indispensável para a manutenção da quantidade e qualidade da água.

Miriam Prochnow



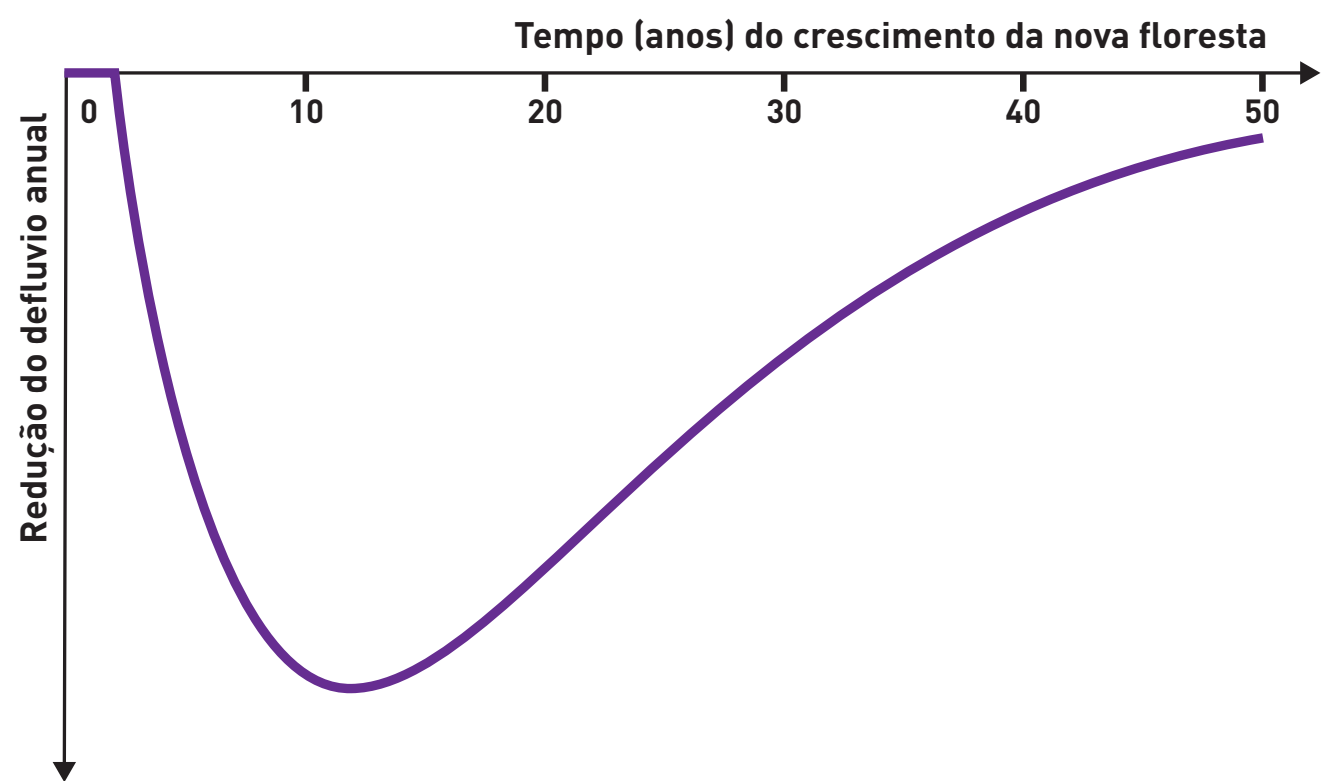


Figura 3: Gráfico que sintetiza o modelo desenvolvido por KUCZERA (1987), que mostra a relação entre a dinâmica do deflúvio anual na microbacia (eixo das ordenadas) e o avanço em idade da floresta (eixo das abcissas). Em outras palavras, o gráfico mostra que na fase inicial do crescimento da nova floresta o deflúvio anual da microbacia tende a diminuir, alcançando redução máxima por volta dos 12 anos (para as condições australianas onde os resultados foram observados), tendendo então a retornar às condições originais de antes do plantio (no caso, por volta dos 50 anos).

Com a finalidade de obter resultados experimentais que explicassem o modelo teórico que descreve a dinâmica temporal da relação crescimento florestal em relação ao deflúvio anual proposto por KUCZERA (1987), da Figura 3, VERTESSY et al. (2001) realizaram um estudo detalhado dos componentes do balanço hídrico em florestas naturais de *Eucalyptus regnans* de diferentes idades, na Austrália, cujos resultados estão resumidos na Figura 4. Conforme mostra a figura, ao longo dos anos os componentes do balanço hídrico vão se modificando, não apenas devido a mudanças fisiológicas que governam a transpiração mas também devido a mudanças na própria arquitetura

do dossel. Assim, referindo-se ao esquema ilustrativo da Figura 4, na fase inicial do crescimento, tanto a transpiração quanto as perdas pela interceptação da água da chuva pelo dossel são elevadas, fazendo com que a maior parte da chuva incidente na microbacia seja perdida por estes processos evaporativos, sobrando muito pouco para alimentar o deflúvio. Com o tempo, esses componentes vão diminuindo, resultando em maior excedente hídrico, que aumenta gradativamente o deflúvio anual. De certa forma, isso explica, também, a reconhecida estabilidade hidrológica de microbacias protegidas com florestas naturais não perturbadas.

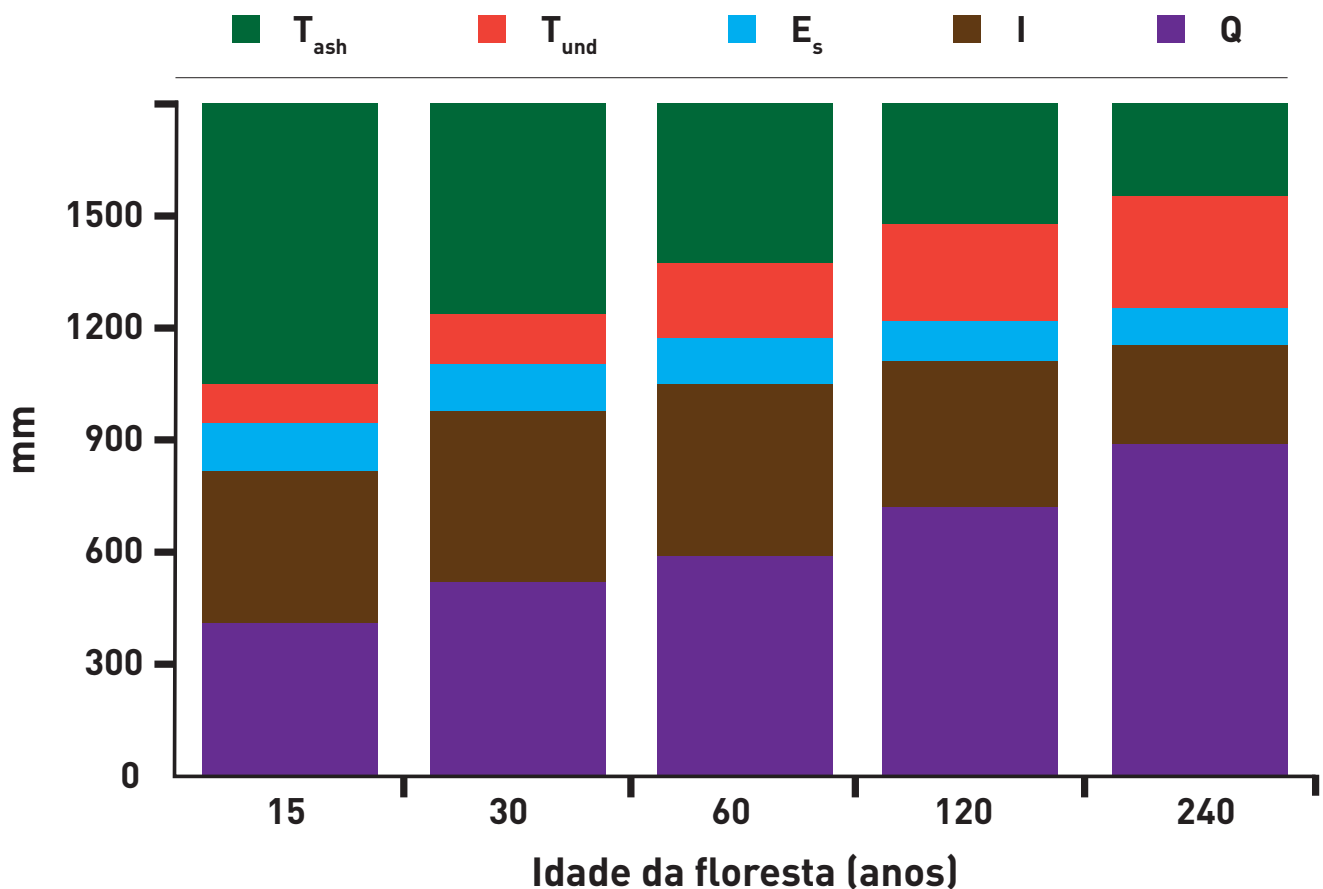


Figura 4: Síntese dos resultados das medições dos componentes do balanço hídrico em florestas de *Eucalyptus regnans* de diferentes idades (eixo das abcissas) na Austrália. A legenda na parte superior da figura corresponde a: T_{ash} = transpiração da floresta; T_{und} = transpiração do sub-bosque; E_s = evaporação direta do solo; I = interceptação da chuva pelo dossel; Q = deflúvio na microbacia. Assim, a modificação quantitativa desses componentes ao longo do avanço de idade da floresta resulta no aumento gradativo do deflúvio da microbacia, conforme simulado pelo modelo da Figura 11 (VERTESSY et al., 2001).



Nas condições tropicais é fundamental que as ações de manejo protejam as áreas hidrologicamente sensíveis e a superfície do solo.

Mais recentemente, outros dois trabalhos de revisão semelhantes foram publicados por BOSCH & HEWLETT (1982) e BROWN et al. (2005), que analisaram uma quantidade maior de informações disponíveis e chegaram às mesmas conclusões do trabalho pioneiro de HIBBERT (1967). O segundo autor, por exemplo, conseguiu esclarecer mais detalhes dessas relações válidas para condições tropicais, que resumidamente estabelecem o seguinte:

- a infiltração do solo e a evapotranspiração representativa de diferentes tipos de vegetação desempenham papel fundamental na hidrologia da microbacia que sofreu alteração de sua cobertura florestal;
- por exemplo, se a taxa de infiltração diminui após o desmatamento, ou após a colheita florestal, a ponto de fazer com que o aumento do escoamento direto provocado por essa diminuição da infiltração exceda o eventual ganho de recarga do aquífero resultante da diminuição da evapotranspiração, então é lógico esperar uma diminuição gradativa da vazão na estação seca;
- por outro lado, se a colheita florestal ou o corte da floresta for realizado de forma a não causar perturbação na superfície do solo e na taxa de infiltração, então a dimi-

nuição da evapotranspiração após o corte deve resultar no aumento da recarga do aquífero e, conseqüentemente, da vazão durante a estação seca;

- todavia, estes efeitos interativos entre a alteração da infiltração e da evapotranspiração decorrentes do manejo da cobertura florestal dependem, também, da hidrologia do solo, principalmente em termos de sua capacidade de armazenamento de água.

Essas informações se revestem de um caráter prático de extrema valia para a conservação da água. Quantos exemplos de manejo irresponsável existem por aí fora de ausência da preocupação para com a proteção da superfície do solo, que se degrada pela erosão, diminuindo a infiltração e conduzindo para a degradação da microbacia? Em outras palavras, frequentemente não é o ato de cortar a floresta ou o ato da colheita florestal que impacta os recursos hídricos, mas sim a maneira como esta prática é conduzida e as alterações da superfície do solo que dela resultam.

O trabalho de BROWN et al. (2007), por outro lado, é também muito interessante do ponto de vista prático, pois constitui uma revisão de resultados experimentais obti-



dos em microbacias experimentais contendo plantações florestais, e também pelo fato de que procurou conseguir informações sobre a extrapolação dos resultados obtidos em microbacias para bacias de maior porte. Essa expectativa da propagação dos efeitos é, sem dúvida, relevante e muito questionada, apesar de não ter ainda sido comprovada em trabalhos experimentais, pelas dificuldades óbvias inerentes à enorme quantidade de fatores que operam simultaneamente numa bacia hidrográfica de grande porte, principalmente o efeito da diluição dos possíveis efeitos relativamente ao volume de água dos grandes sistemas hidrográficos. Os autores fizeram o estudo numa bacia hidrográfica de cerca de 84.000 km² na Austrália, na qual, através de simulação por modelos hidrológicos, procuraram verificar o que aconteceria no canal principal da macrobacia em decorrência da introdução, na bacia, de 30.000 hectares de plantações florestais, o que equivale a apenas 0,4% da área total. Obviamente não foi notado efeito algum no rio principal. Neste sentido, outros trabalhos similares mostram que não ocorre mesmo efeito algum se a proporção da área com plantações florestais for menor do que 20% da área da bacia hidrográfica. Todavia, se esses 30.000 hectares fossem localizados em apenas uma das sub-bacias menores, os resultados da simulação mostraram uma redução no deflúvio desta sub-bacia, como de pronto vem sendo observado em microbacias experimentais. Ainda mais: observaram também que essa diminuição do deflúvio seria menos significativa se os plantios fossem localizados o mais longe possível da rede de drenagem, ou seja, longe das áreas onde o lençol freático é mais superficial.

O trabalho de revisão de FARLEY et al. (2005), por outro lado, é muito esclarecedor no que diz respeito ao entendimento de como as interações entre o manejo florestal com outros fatores do meio podem resultar em impactos hidrológicos maiores ou menores. Analisando resultados de 26 conjuntos de microbacias experimentais de várias partes do mundo, totalizando 504 observações, esses autores concluíram que:

- em regiões onde o deflúvio médio anual é menor do que 10% da precipitação anual, o riacho da microbacia pode secar como resultado do reflorestamento. Por outro lado, onde o deflúvio médio anual é em torno de 30% da precipitação anual, a redução do deflúvio esperada é de cerca de 50%;
- a redução do deflúvio aumenta com o crescimento da plantação florestal, mas o balanço hídrico da microba-

cia tende a voltar ao equilíbrio pré-existente quando a plantação atinge idades mais avançadas.

Até a algum tempo atrás não havia ainda qualquer resultado de microbacias experimentais no nosso país, de modo que era necessário valer-se apenas desses resultados obtidos em outros países e em outras condições, o que frequentemente era motivo para algum questionamento em torno de sua validade para as nossas condições. Mas o Programa de Monitoramento Ambiental em Microbacias (PROMAB), do IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, em parceria com empresas florestais do país, vem acumulando resultados do balanço hídrico de microbacias experimentais em várias localidades, algumas delas com mais de 10 anos consecutivos de medições. Nesse programa há áreas com apenas uma microbacia experimental contendo plantação florestal, mas em alguns casos o trabalho consiste de um par de microbacias, no qual uma delas contém plantação florestal e a outra contém floresta natural, funcionando como microbacia de referência para comparação dos resultados. A análise global desses resultados acumulados tem permitido observar que os resultados da literatura mundial, assim como as inferências que eles permitem tirar, como as de FARLEY et al. (2005) acima citadas, parecem ocorrer também nas nossas condições.

A robusta relação entre a evapotranspiração e a precipitação anual evidenciada por ZHANG et al. (2001), conforme mostrado na Figura 2, também mostra consistência com os dados monitorados de precipitação e de evapotranspiração anual das microbacias experimentais do PROMAB, tanto quando se usam os valores anuais individuais medidos, conforme ilustra a Figura 5, quanto quando se usam os valores médios anuais para o período monitorado, conforme ilustra a Figura 6 (LIMA & FONTANA, 2008).

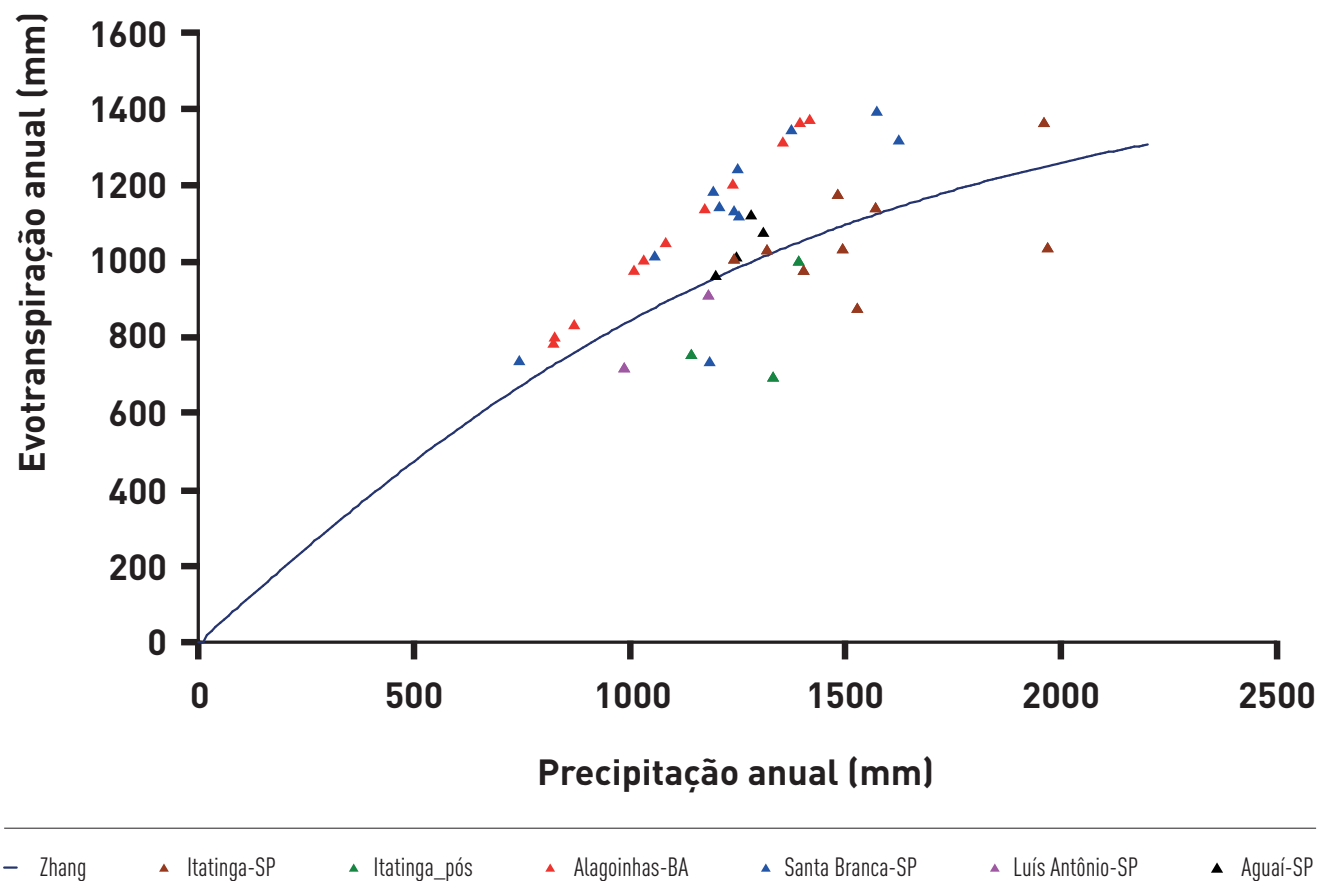


Figura 5: Correspondência entre os valores anuais da evapotranspiração nas microbacias experimentais do PROMAB (pontos coloridos) com o modelo desenvolvido por ZHANG et al., (2001) (linha cheia).

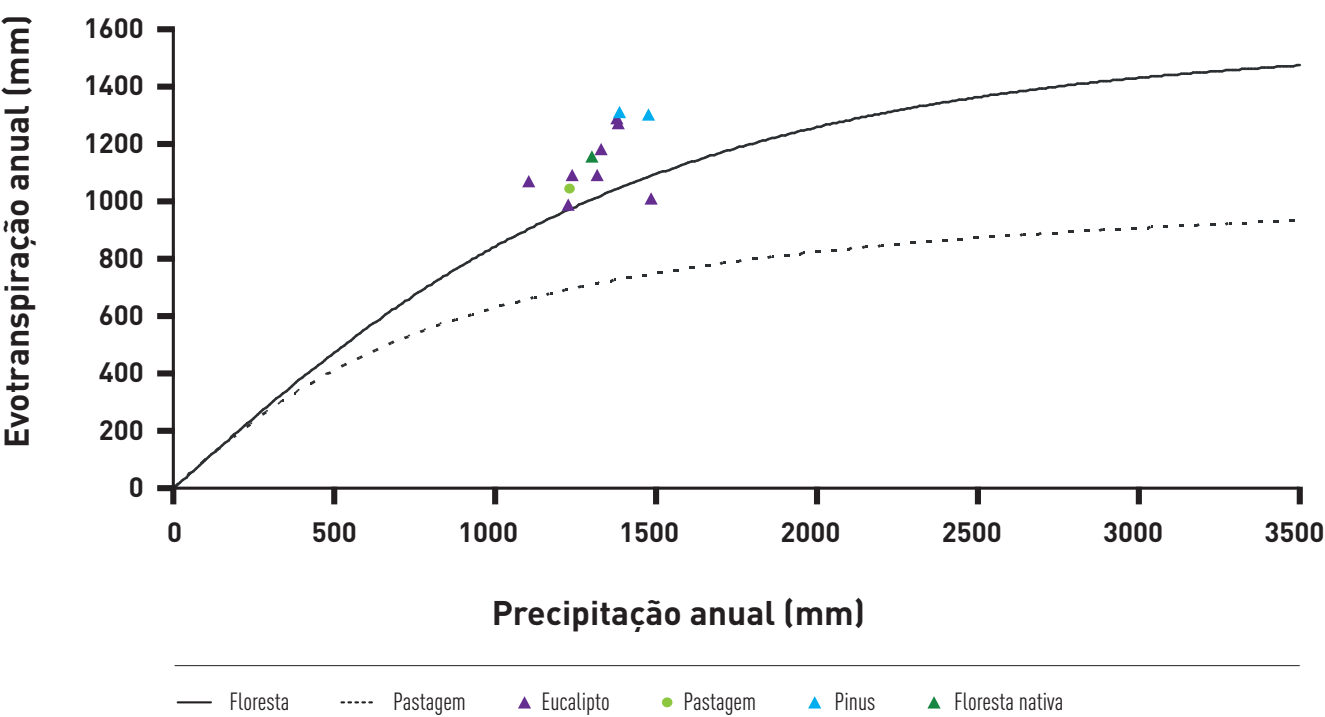


Figura 6: Correspondência entre os valores médios anuais da evapotranspiração nas microbacias experimentais do PROMAB (triângulos cheios) com o modelo proposto por ZHANG et al. (2001) (linha cheia para floresta e linha pontilhada para pastagem).

Assim, as Figuras 5 e 6 mostram que o consumo de água pelas plantações florestais tende a ser maior em regiões de maior precipitação anual, relação esta que não ocorre de forma linear, evidentemente.

Por outro lado, o modelo proposto por KUCZE-RA (1987), que mostra que o consumo de água tende a diminuir com o avanço da idade das plantações (Figura 3), parece também estar evidenciado nos resultados do monitoramen-

to da microbacia da Estação Experimental de Itatinga, da ESALQ/USP, que também faz parte do PROMAB. Nas condições do planalto paulista, os dados de monitoramento hidrológico coletados durante 12 anos consecutivos na microbacia de Itatinga mostraram resultados similares, conforme pode ser observado na Figura 7. Nesse estudo, durante o período de antes do corte raso mostrado na figura, a microbacia estava coberta com a rebrota de mais de 50 anos de idade, oriunda de uma

plantação antiga de *Eucalyptus saligna*. Nota-se que o deflúvio anual durante essa fase mostrava-se equilibrado e em sintonia com a variação da precipitação anual. O corte raso dessa floresta antiga produziu um aumento de cerca de 100 mm no deflúvio do primeiro ano após o corte raso (CÂMARA & LIMA, 1999), em comparação ao deflúvio anual médio de todo o

período antes do corte. Imediatamente após o corte, a microbacia foi de novo plantada com *E. saligna*, e pode-se observar na figura a tendência de diminuição gradativa do deflúvio ao longo do período inicial de crescimento rápido da nova plantação, numa forma que guarda muita semelhança com a curva do modelo de KUCZERA (1987).

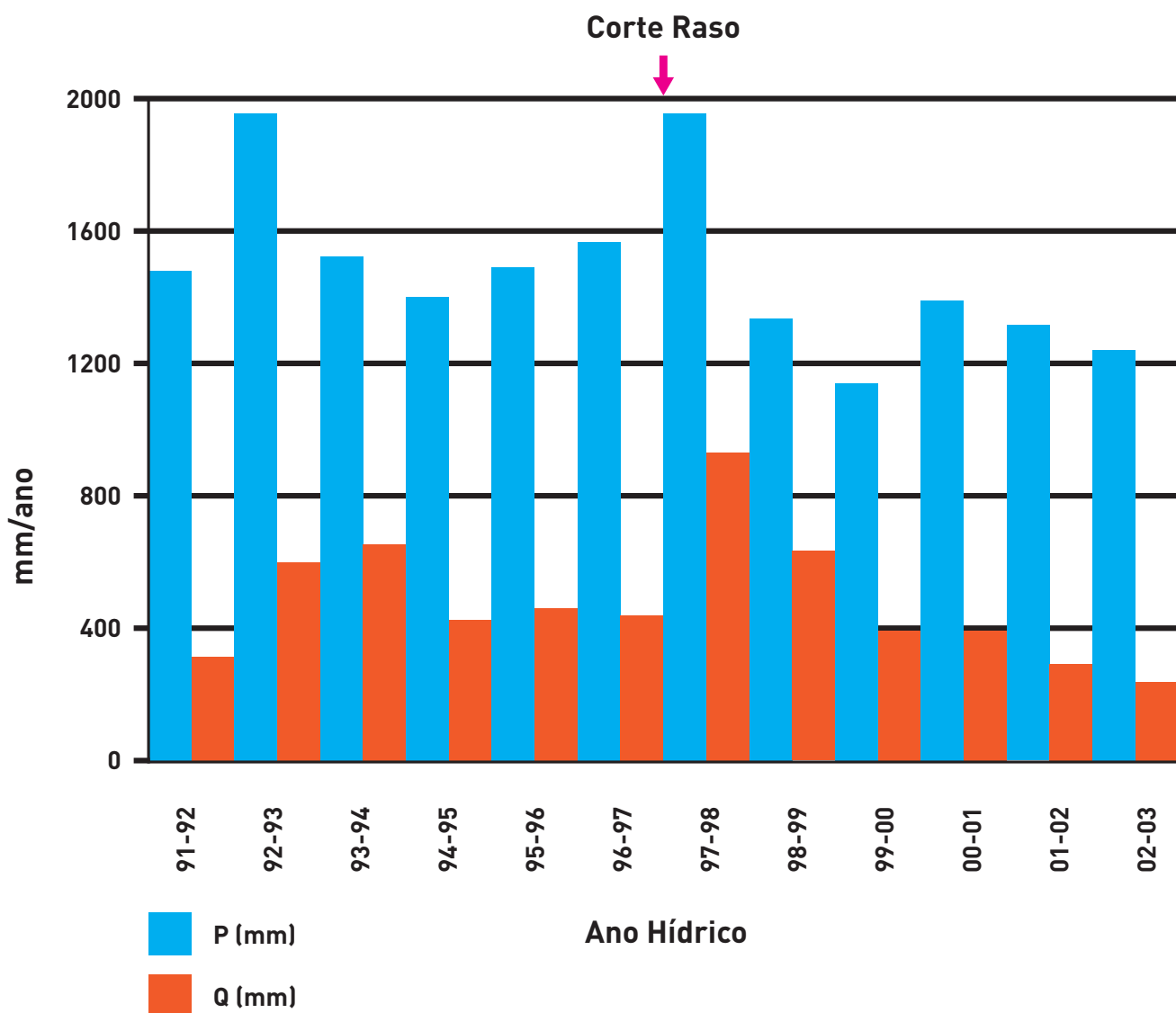


Figura 7: Série histórica da relação entre o deflúvio anual (Q) e a precipitação anual (P) observada na microbacia experimental de Itatinga, da ESALQ/USP. No período antes do corte raso, a microbacia continha uma floresta formada pela rebrota antiga de *Eucalyptus saligna*, de mais de 50 anos de idade. Logo após o corte raso a microbacia foi reflorestada de novo com *E. saligna*, observando-se então a relação precipitação e deflúvio durante esta fase inicial do crescimento da nova floresta.

A análise global dos resultados acumulados das microbacias experimentais do PROMAB, por outro lado, permitiu também a elaboração da Tabela 1, na qual se procurou agrupar os resultados do monitoramento em função das diferenças entre o excedente hídrico climático das regiões onde elas se inserem, conforme mostrado na coluna da esquerda da tabela. A coluna da direita, por outro lado, mostra os resultados obtidos nas microbacias de monitoramento, em termos dos valores médios anuais da precipitação, do deflúvio e a diferença entre a precipitação e o deflúvio (P-Q), que corresponde à estimativa da evapotranspiração na escala da microbacia experimental.

Tabela 1: Comparação dos resultados médios anuais do balanço hídrico das microbacias experimentais do PROMAB com os valores médios do balanço hídrico climático das respectivas regiões onde elas se inserem, agrupados em relação ao valor médio do excedente hídrico de cada região.

	Clima regional			Microbacia Experimental					
Local	P	ETR	EXC	P	Q	(P-Q)	Sp	N	ΔAV
Eunápolis - BA	1252	1132	120	1379	90	1289	E	3	157
Alagoinhas - BA	1233	1081	151	1104	32	1072	E	11	0
Santa Branca - SP	1239	986	252	1329	145	1184	E	7	198
Capão Bonito - SP	1210	938	271	1237	145	1092	E	2	154
Aguai – SP	1346	946	399	1317	224	1093	E	5	147
Luís Antonio - SP	1348	949	399	1226	235	991	E	3	42
Itatinga – SP	1308	918	389	1485	476	1009	E	12	91
Arapoti – PR	1500	1000	500	1475	170	1305	P	2	305
Telêmaco Borba – PR	1500	1000	500	1386	76	1310	P	3	310
Telêmaco Borba – PR	1500	1000	500	1300	145	1155	Na	3	155

P= precipitação;

ETR = evapotranspiração real climática;

EXC = excedente hídrico climático

(P-Q) = evapotranspiração na escala da microbacia experimental

Sp = Cobertura florestal: E = Eucalipto / P = Pinus / Na = nativa

N = Número de anos do monitoramento

ΔAV: Aumento do fluxo de água verde = [(P-Q) - ETR]

Média do ΔAV: Bahia : 78 / São Paulo :126 / Paraná: 257

Observação: os dados do clima regional foram obtidos do balanço hídrico climático das respectivas regiões onde se inserem as microbacias, e representam média de 30 anos. Para as microbacias do Paraná, os dados do clima regional foram interpolados dos Mapas Climatológicos do IAPAR, 2008

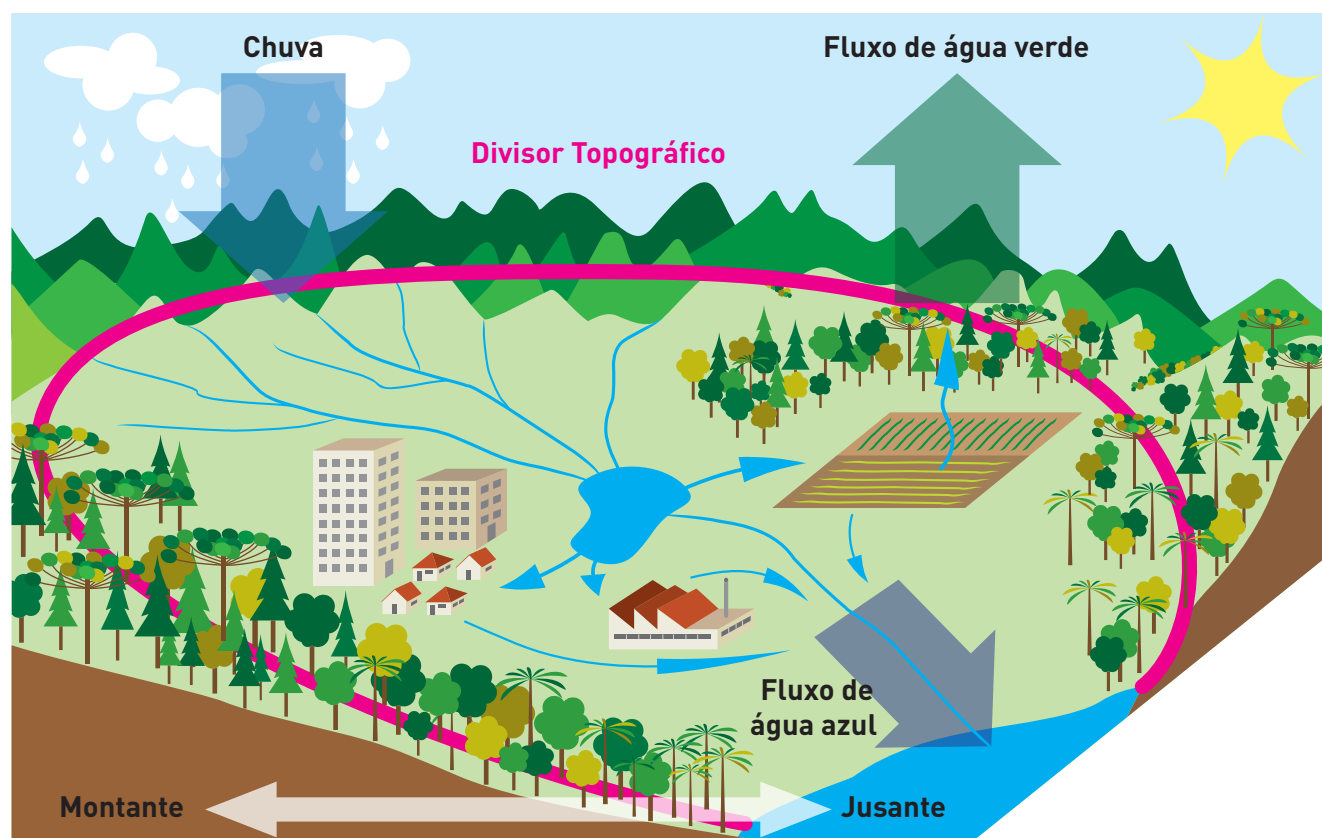
A análise desta Tabela 1 permite observar, em primeiro lugar, que o impacto das plantações florestais sobre o consumo de água (evapotranspiração) não ocorre de forma similar em todas as situações, fato este que vem sendo enfatizado em vários trabalhos de revisão da literatura mundial sobre o tema. De fato, conforme mostra a tabela, o aumento da evapotranspiração das microbacias contendo plantações florestais de eucalipto e de Pinus, relativamente à taxa climática regional da evapotranspiração real, é bastante variável, desde microbacias onde praticamente não há diferença alguma, até microbacias onde esta diferença pode chegar a cerca de 300 mm anuais. Essas diferenças, por sua vez, parecem guardar relação com as condições climáticas de disponibilidade natural

de água. Onde essas condições são tais que a precipitação anual é praticamente igual à taxa da evapotranspiração, há normalmente pouco excedente hídrico, que restringe a possibilidade da plantação florestal resultar num acréscimo significativo da evapotranspiração, relativamente à taxa climática média da região, pois não há normalmente abundância de água disponível.

Por outro lado, em condições climáticas de precipitação bem maior do que a taxa média da evapotranspiração e também de distribuição uniforme ao longo do

ano, o excedente hídrico climático é também bem maior, resultando num maior diferencial entre a evapotranspiração da microbacia e a taxa média climática da evapotranspiração real. E há o caso das microbacias situadas entre esses dois extremos climáticos.

A expressão usada na Tabela 1, ou seja, “ ΔAV = incremento do fluxo de água verde”, foi elaborada a partir do trabalho de FALKENMARK & FOLKE (2002), cuja síntese encontra-se ilustrada na Figura 8.



Júlia Pitti Palácios

Figura 8: A essência do manejo integrado de microbacias hidrográficas, conforme elaborado por FALKENMARK & FOLKE (2002). Numa dada microbacia hidrográfica, a distribuição da água que chega à microbacia pelas chuvas pode se dar pela evapotranspiração (fluxo de água verde) e pelo deflúvio (fluxo de água azul). Dependendo da estratégia de manejo, o fluxo de água verde pode aumentar muito, em detrimento do fluxo de água azul. Planejar o uso da terra de forma a manter equilibrados esses dois fluxos representa a estratégia sustentável de conservação dos recursos hídricos.



Considerando a microbacia hidrográfica como unidade estratégica de planejamento do manejo florestal que incorpora a conservação da água, o objetivo é sempre fazer com que haja água azul, pois esta é a água superficial que atende não apenas as demais demandas do homem bem como as demandas do próprio meio ambiente, principalmente em termos da preservação da vazão ecológica, que garante a manutenção da qualidade do ecossistema aquático. Desta forma, estabelecer estratégias de manejo sustentável das plantações florestais inclui, entre outras coisas, encontrar um balanço sustentável entre os fluxos de água verde (consumo de água pelo crescimento florestal) e água azul (manter o deflúvio nas microbacias). Voltando à Tabela 1, como já afirmado, o incremento do fluxo de água verde (aumento da evapotranspiração causada pelas

plantações florestais) varia de região para região. É imperativo, portanto, que a análise preliminar das condições climáticas prevalentes seja levada em conta na elaboração do plano de manejo florestal, a fim de estabelecer estratégias consistentes em cada situação, visando a manter o equilíbrio na redistribuição da precipitação incidente. Por outro lado, a mesma Tabela 1 mostra que esse acréscimo do fluxo de água verde causada pelas plantações florestais corresponde a uma diminuição no fluxo de água azul, ou seja, no deflúvio anual das microbacias. Essa diminuição, por sua vez, parece ocorrer de forma variada, de acordo com o que foi inferido por FARLEY et al. (2005), ou seja: varia em função da relação percentual prevalente entre a precipitação e o deflúvio. Todavia, levando em conta os resultados até agora disponíveis, conforme mostrado na

Tabela 1, pode ocorrer diminuição do deflúvio mas não seu desaparecimento, o que, no entanto, não elimina a possibilidade de que isto possa acontecer, dependendo da conjunção de estratégias inadequadas de manejo e de condições de clima e solo, o que reforça a necessidade da análise prévia das condições do balanço hídrico climático no estabelecimento do plano de manejo.

Essa busca de uma estratégia de manejo de plantações florestais visando à manutenção de fluxos equilibrados de água verde e água azul, na escala das microbacias hidrográfi-

cas, foi magnificamente sintetizada no próprio título do trabalho de FALKENMARK & FOLKE (2002), que diz o seguinte: “A ética do manejo sócio-hidrológico de microbacias: na direção da hidrossolidariedade”. Esta é a palavra-chave que a crise da água vai cada vez mais exigir de todos nós: a hidrossolidariedade, ou seja, não eliminar nunca o fluxo de água azul, procurando estratégias de manejo que não apenas mantenha esse fluxo

equilibrado, mas também que procure aumentar a oferta de água à jusante.

Essas informações têm, sem dúvida, um caráter prático de valor inquestionável, no sentido de nos alertar que, no final das contas, o controle dos possíveis impactos hidrológicos depende da aplicação de uma estratégia sustentável de manejo que leve em conta as interações verificadas em trabalhos experimentais.

Levando em conta a microbacia, a estratégia sustentável de manejo deve sempre buscar o equilíbrio entre os fluxos de “água verde” e “água azul”, na busca da hidrossolidariedade.



INCORPORANDO O OBJETIVO DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA NAS PRÁTICAS DE MANEJO

Como discutido no presente trabalho, a relação entre a silvicultura e a água é um tema polêmico e recorrente, que vem merecendo a preocupação por parte de todos: de quem planta, de quem maneja, dos pesquisadores, dos técnicos, dos ambientalistas e da sociedade em geral.

O que parece claro, atualmente, principalmente em função do volume acumulado de informações e de resultados de pesquisas realizadas sobre o assunto no mundo todo, é que se trata de uma polêmica que envolve inúmeros outros aspectos, que não somente o de se saber se as plantações florestais secam ou não o solo. Na realidade, trata-se de um problema ambiental, cuja solução, ou administração, deve passar sim pelo crivo da experimentação científica, mas deve necessariamente levar em conta toda a complexidade envolvida nos problemas ambientais, incluindo as incertezas inerentes nas relações entre o uso dos recursos naturais e os impactos ambientais, os aspectos sociais e culturais envolvidos na transformação da paisagem e na expansão da área de florestas plantadas, no planejamento adequado desta expansão, principalmente em termos de salvaguardar os remanescentes da vegetação natural, as áreas hidrologicamente sensíveis das microbacias, a biodiversidade estrutural e funcional ao longo da paisagem, a saúde do solo e a quantidade e qualidade da água.

O que essa polêmica reivindica, na realidade, não é a necessidade de se fazer mais pesquisas para demonstrar que o consumo de água pelas plantações florestais não difere muito, ou quase nada, do consumo de florestas naturais. Essa informação já existe, embora não tenha aplacado a inquietude. O que a polêmica reivindica é a necessidade de uma mudança do enfoque nos estudos das relações entre a silvicultura e a água. Conforme mostrado na Figura 8, o consumo de água (fluxo de água verde) é apenas parte de um problema maior: o que realmente está acontecendo com a nossa água azul? Avançar em direção ao estudo deste problema, por exemplo, seria dobrar a questão do consumo de água em dois aspectos: o do QUANTO e o do COMO. Quanto é o consumo de água pelas plantações florestais? Já vimos que a resposta para

A conservação da água é um problema ambiental complexo, que engloba inclusive os aspectos sociais e culturais da transformação da paisagem.

esta pergunta já existe – que não difere muito do consumo de florestas naturais – mas não é satisfatória. Agora, quando tentamos achar a resposta para o COMO, então a pergunta poderia ser formulada assim: “esse consumo de água pelas plantações florestais está dentro das possibilidades do meio?” Quer dizer, existe água para atender esse consumo e ainda garantir as demais demandas desse precioso líquido? Em outras palavras, existe água para atender ao incremento do fluxo de água verde e ainda manter o fluxo de água azul? Então aí avançamos, não apenas no sentido de incluir os aspectos sociais e culturais envolvidos na demanda de água mas também os aspectos ecológicos, ao se levar em conta inclusive a necessidade de água para atender aos processos naturais, a chamada demanda ambiental de água. Quando um riacho seca, não é apenas o fluxo de água azul que desaparece, mas toda uma série de processos naturais e serviços ambientais, que não sabemos se voltam a existir ou não.

O trabalho de FALKENMARK & FOLKE (2002) aponta para um ótimo termo para definir qual é essa mudança de enfoque necessária nas relações entre a silvicultura e a água: hidrossolidariedade. Não há nada de errado em se fazer plantações florestais, nem tampouco no fato de que elas necessitam de bastante água. O que devemos verificar, todavia, é se esse consumo de água para atender a produção florestal está sendo hidrossolidário com as outras demandas de água. As duas outras expressões lançadas por esses autores representam conceitos muito instrutivos para o melhor entendimento desta questão, que são os conceitos de “água verde” e “água





O planejamento do manejo de plantações florestais deve prover que a demanda de água necessária para o crescimento florestal não elimine o fluxo de “água azul”, que é o fluxo que atende as demais demandas por água, inclusive a do homem.

água azul”, conforme ilustrado na Figura 8. Essa figura mostra claramente, em primeiro lugar, a microbacia hidrográfica como a escala natural para a avaliação adequada das relações entre a silvicultura e a água. E, como mostra a figura, na microbacia as chuvas constituem o processo natural de entrada de água para o atendimento das demandas da sociedade. Por outro lado, a água que chega pelas chuvas pode ter dois destinos: o fluxo de “água verde”, representando todas as perdas por evaporação e pela transpiração vegetal, e o fluxo de “água azul”, representando a água superficial. Os autores até definem, neste sentido, que a expressão “manejo de microbacias hidrográficas”, no final das contas, significa o manejo das chuvas, não no sentido de controle deste processo natural, evidentemente, mas sim no controle de como manejamos essa entrada natural de água na microbacia. Podemos, por exemplo, direcioná-la apenas para o fluxo de água verde, pelo aumento do consumo de água pelas

plantações florestais, em detrimento da água azul. Ou, por outro lado, podemos planejar o manejo de forma que a demanda da água verde (que atende ao crescimento e à produção florestal) não elimine o fluxo de água azul (que atende a todas as demais demandas de água, inclusive a do homem). Esse é o grande desafio da sustentabilidade hidrológica do manejo de plantações florestais.

Não está aí uma magnífica explicação para o aparente paradoxo da polêmica em torno do consumo de água pelas plantações florestais? Continuar a fazer pesquisa para apenas determinar quanto é o consumo de água pelo eucalipto, ou pelas plantações florestais, significa se preocupar apenas com a “água verde”. Mas, como já comentado, isso é apenas

parte do problema. É necessário, também, levar em conta a água azul, ou seja, é imperativo determinar também os impactos sobre a “água azul”, pois é dela que a sociedade e o próprio meio ambiente dependem. É por isso que a polêmica não acaba, apesar do acúmulo de resultados experimentais. O indicador mais adequado, portanto, é o balanço hídrico da microbacia hidrográfica, e não apenas a evapotranspiração.

No fundo, essa preocupação está embutida no conceito do manejo florestal sustentável, principalmente após a reunião da UNCED, no Rio de Janeiro, em 1992, conceito este que se caracteriza por alguns aspectos muito importantes para o equacionamento desta polêmica: a) trata-se de um metaconceito, ou seja, envolve necessariamente uma mudança de enfoque, de paradigma; b) como conceito, parece algo inútil, nebuloso e desprovido de praticidade; c) deve ser necessariamente avaliado em todas as suas dimensões: econômica, ecológica, social, cultural, política etc.; d) deve também necessariamente envolver diferentes escalas de avaliação; e) deve, finalmente, ser considerado não como um critério, ou um conjunto de critérios que definam o que vem a ser manejo sustentável, mas sim como uma meta, um alvo. Esse alvo, por sua vez, não é um alvo fixo mas móvel, no sentido de que o conceito de sustentabilidade é também dinâmico, pois ele necessariamente reflete o conhecimento que hoje se dispõe a respeito do funcionamento dos sistemas biológicos. O interessante, porém, é que, analisado sob esse prisma, o conceito acaba se tornando absolutamente cristalino, pois aponta uma direção a seguir, ou seja, aponta uma meta, um objetivo. Pode-se dizer então que o manejo florestal sustentável será sempre um eterno aprendizado, uma busca, um processo de melhoria contínua das práticas de manejo, tanto no sentido de aumentar a produtividade florestal – que é afinal o objetivo maior das plantações florestais de larga escala –, mas principalmente no sentido de garantir, concomitantemente, a permanência de valores da paisagem, que são fundamen-

tais para a conservação da água e de outros componentes do meio ambiente. Enfim, o manejo florestal, visto sob esse novo prisma de sustentabilidade, tornou-se complexo, o que requer que devemos aprender a viver com alterações inevitáveis que o manejo causa e evitar que estas alterações conduzam à degradação da microbacia.

Conseqüentemente, uma peça-chave da busca do manejo florestal sustentável é o monitoramento, que deve ser entendido aqui como processo de obtenção de informações sobre os resultados das ações de manejo sobre o meio ambiente, a fim de possibilitar as correções necessárias no plano de manejo, visando à sua contínua melhoria. Em outras palavras, o monitoramento tem que ser entendido como parte integrante do próprio manejo florestal sustentável, como ferramenta para a melhoria contínua das práticas de manejo, assim como para avaliar se as práticas de manejo estão, gradativamente e no longo prazo, degradando o solo, alterando o ciclo de nutrientes e, portanto, o potencial produtivo do solo, ou ainda degradando o funcionamento hidrológico das microbacias hidrográficas. Entretanto, há ainda outro aspecto, que resulta da própria diversidade natural da paisagem, em termos de clima, solo, geologia, geomorfologia, vegetação etc. Em cada região, todas essas manifestações e as especificidades locais vão ser diferentes, o que implica reconhecer que nunca haverá um receituário que seja de aplicação universal.

Um princípio basilar embutido no conceito de manejo florestal sustentável, levando em conta a preocupação para com a conservação do solo e da água, é a necessidade de se considerar a microbacia hidrográfica como base física para o plano de manejo, visando à implementação de práticas sustentáveis de manejo. Tais práticas, nesse sentido, devem necessariamente considerar a integração, as inter-relações e os efeitos das práticas de manejo sobre o solo, em termos da manutenção de seu potencial produtivo, e a água, tanto em termos de quantidade, qualidade, regime

de vazão, como em termos da manutenção da qualidade do ecossistema aquático, ou seja, a água azul. Esse objetivo de incorporar os valores da água e do solo no plano de manejo depende do estabelecimento de critérios para a proteção dos serviços ambientais na escala das microbacias hidrográficas. Esses serviços ambientais classificam-se, como resumido por FALKENMARK & FOLKE (2002) em: a) físicos: proteção da superfície e da infiltração

do solo. Parecem simples, mas são, na realidade, cruciais para a conservação da água; b) químicos: processos de denitrificação, produção de oxigênio, absorção de CO₂ etc.; c) biológicos: dispersão de sementes, polinização, controle biológico de pragas e doenças etc. Esses serviços ambientais são fundamentais para a permanência de processos e de condições que garantem a estabilidade e a qualidade da água azul.



Walter de Paula Lima

A proteção da superfície do solo é um fator físico chave para a manutenção dos serviços ambientais que conservam a água, como demonstra esta imagem eloqüente de um simples raminho sendo capaz de proteger o solo contra a erosão hídrica.



Walter de Paula Lima

Uma prática comum, mas que deve ser abolida, é o carreador que margeia a Área de Preservação Permanente (à direita da foto). Além de representar um fator negativo para a conservação da APP, pois não se conserva um ecossistema pela sua separação física do entorno, frequentemente é também fonte de assoreamento do riacho.

Aliado a esses critérios de proteção dos serviços ambientais, o plano deve, também, estabelecer estratégia de proteção de elementos e de espaços da paisagem que são importantes para a manutenção da resiliência das microbacias, entendida aqui como sua capacidade de absorver perturbações sem perder a estabilidade, tais como: biodiversidade, áreas

ripárias, integridade do ecossistema ripário. E esses elementos e espaços da paisagem não servem apenas ao propósito estético e ético, mas principalmente ao propósito funcional. Ou seja, sua perda compromete a própria funcionalidade da microbacia e da paisagem (FALKENMARK & FOLKE, 2002).

Outro princípio importante, que deriva naturalmente quando o plano de manejo florestal tem como base a microbacia hidrográfica, é a questão das diferentes escalas da sustentabilidade hidrológica, conforme ilustrado na Figura 9. Como esquematizado nessa figura, as operações de manejo florestal ocorrem, normalmente, na Unidade de Manejo Florestal. Um bom manejador florestal procura colocar todo o seu conhecimento e sua competência profissional no estabelecimento de uma “silvicultura Nota 10” em cada unidade de manejo, tanto visando ao aumento da produtividade florestal quanto a diminuir impactos ambientais. Isso faz parte da busca do manejo

sustentável. Todavia, conforme mostra a figura, impactos ambientais podem estar ocorrendo nas outras escalas, e quem vai levar a culpa é a “silvicultura Nota 10”. Portanto, essa mudança de enfoque passa, também, pela necessidade de visão sistêmica do manejo, evoluindo de uma “visão de túnel”, que só foca o talhão, para uma “visão de radar”, mais abrangente, mais sistêmica, que analisa e leva em conta os fatores da escala meso, que dizem respeito principalmente à conservação da estabilidade das microbacias, assim como a escala maior, que informa sobre as potencialidades e as limitações naturais do meio, principalmente em termos da disponibilidade natural de água.

ESCALAS DA SUSTENTABILIDADE

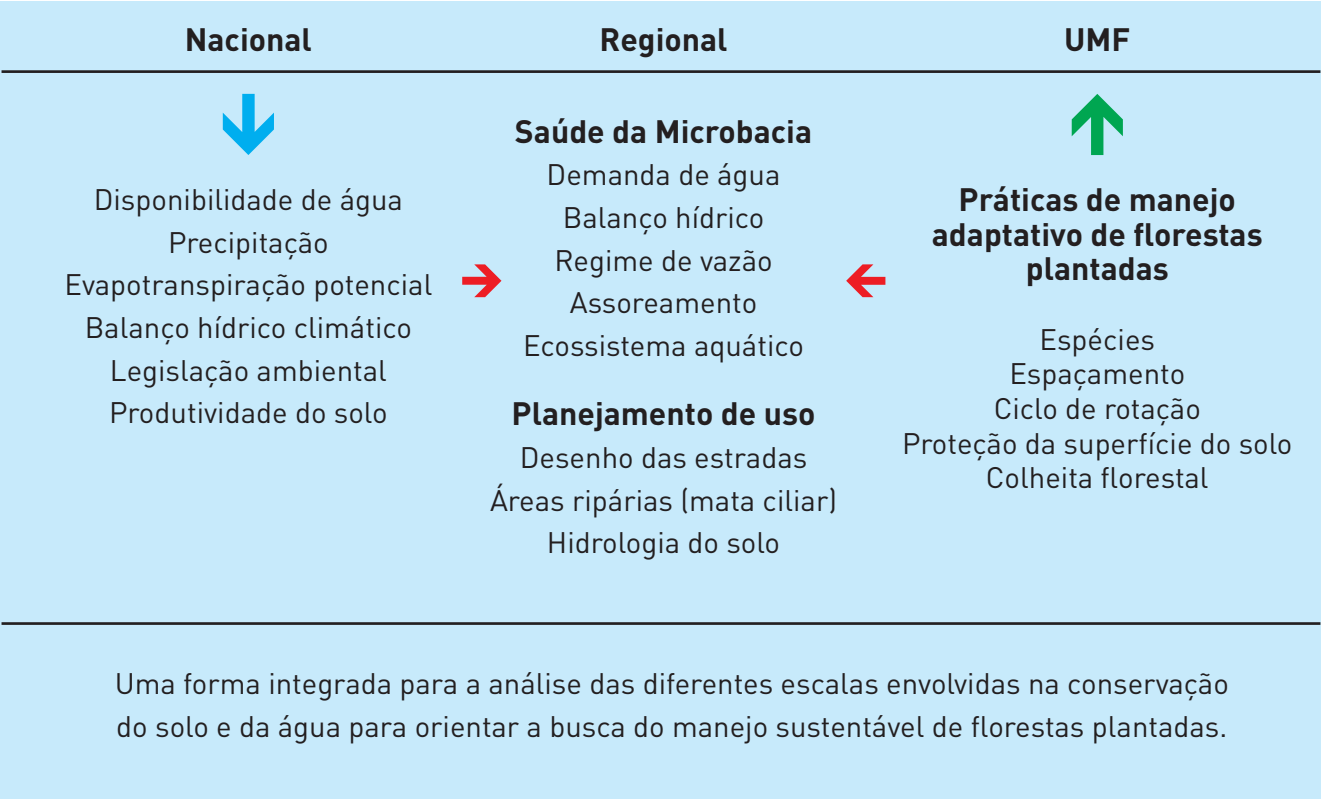


Figura 9: Esquema ilustrativo das diferentes escalas da sustentabilidade hidrológica. A implementação das práticas de manejo na unidade de manejo florestal representa a escala das ações antrópicas visando à produção florestal. Essas ações podem, eventualmente, impactar os recursos hídricos. No entanto, como mostra a figura, existem também as imposições naturais e legais que sinalizam as limitações do meio, principalmente em termos da disponibilidade climática natural da água. A escala do meio, por sua vez, é a escala das microbacias, cujas condições, por um lado, são o reflexo das mesmas imposições climáticas naturais. Por outro lado, elas também são o reflexo das alterações da paisagem causadas pelo homem.

CALDER (2007), em seu trabalho intitulado “Fazendo com que os benefícios da floresta suplantem os custos do maior consumo de água”, usou o conceito de “água verde” e “água azul” criado por FALKENMARK & FOLKE (2002), e resume muito bem a necessidade de se analisar consistentemente a escala macro de disponibilidade natural de água, conforme mostrado na Figura 10.

$P > E = \text{“+água verde”}; Q_s > Q_m = \text{“+água azul”}$ $Q_s = \text{fluxo superficial}; Q_m = \text{vazão mínima permitida}$	
$P < E, Q_s > Q_m$ Verde: reduzir área com floresta plantada Azul: melhoria das condições de conservação do solo e de estruturas de retenção de água beneficia apenas localmente, às expensas de usuários a jusante	$P > E, Q_s > Q_m$ Verde: > área com florestas plantadas; > área com irrigação Azul: benefícios ainda maiores com medidas de melhoria da conservação do solo e de estruturas de retenção de água
$P < E, Q_s < Q_m$ Verde: restrições para a formação de florestas plantadas e irrigação Azul: Poucos benefícios com medidas adicionais de conservação do solo e estruturas de retenção de água	$P > E, Q_s < Q_m$ Verde: Ok para florestas plantadas; Ok para irrigação Azul: nenhum ganho adicional com medidas de melhoria das condições de conservação do solo e de estruturas de retenção de água

Figura 10: Quadrantes sugeridos por CALDER (2007) para a análise consistente das disponibilidades e limitações naturais de água, que identificam quatro condições para estas limitações e potencialidades hídricas do meio, em função da relação entre a precipitação e a evapotranspiração, assim como entre o fluxo superficial (vazão média) e a vazão mínima permitida. Dependendo da interação dessas duas relações, a região pode ser mais ou menos restritiva para o desenvolvimento florestal ou para qualquer atividade que demanda muita água.

Com o intuito de imprimir um caráter essencialmente aplicado a esse conceito de monitoramento nas diferentes escalas da sustentabilidade hidrológica, a Tabela 2 procura exemplificar algumas relações já reconhecidas entre as práticas de manejo e impactos sobre a água, relações estas baseadas em resultados e informações disponíveis na literatura, principalmente em função de algumas características básicas de um bom indicador, em especial no que diz respeito a: custo, entendimento fácil por técnicos e leigos, transparência, relação de causa e efeito com as práticas de manejo.

O critério que leva em conta a relação de causa e efeito entre as práticas de manejo florestal e a água deve ser realçado. Primeiro, conforme já afirmado, não se deve esperar que as atividades de manejo florestal possam afetar todos os parâmetros químicos, físicos e biológicos da qualidade da água. Desta forma, não faz sentido monitorá-los todos. Mais importante ainda é entender que o objetivo do monitoramento, pela mesma razão, não é necessariamente saber se a qualidade da água está sendo alterada pelas práticas de manejo. Ao contrário, o monitoramento, como ferramenta para a melhoria contínua do manejo, baseia-se no fato de que algumas práticas de manejo podem resultar em alterações de alguns parâmetros, os quais, neste sentido, funcionam então como indicadores, não da qualidade da água mas da qualidade das práticas de manejo. E essa conotação tem significado prático muito importante, pois funciona como ferramenta para a melhoria contínua das práticas de manejo (manejo adaptativo). Por outro lado, deve-se levar em conta, evidentemente, que o eventual aumento na concentração de sedimentos, nutrientes e resíduos orgânicos nos riachos que drenam a unidade de manejo florestal pode comprometer a qualidade da água à jusante, e essa responsabilidade social também faz parte da busca do manejo sustentável.

Os indicadores para o monitoramento, listados na Tabela 2, não devem ser confundidos como garantia de manejo sustentável, já que manejo sustentável é apenas um conceito. Todavia, eles podem contribuir para a garantia da preservação da qualidade ambiental, levando em conta os fatores ambientais considerados. E essa qualidade ambiental é um dos pilares do conceito de manejo sustentável. Da mesma forma, a coluna “Manejo Adaptativo” desta tabela não deve ser entendida como receituário de práticas de bom manejo, mas apenas como critérios conceituais, baseado nos quais é possível identificar medidas mitigadoras, visando à diminuição ou à eliminação dos impactos potenciais listados. Evidentemente que esses critérios devem, por natureza, ser materializados em ações de manejo que levem em conta as especificidades de cada local.

Tabela 2 - Relação de causa e efeito entre o manejo de florestas plantadas e os possíveis impactos hidrológicos, levando em conta as diferentes escalas, ou níveis de planejamento, nas quais esta relação pode se manifestar, com os respectivos indicadores de monitoramento e critérios conceituais de manejo adaptativo visando à minimização destes impactos.

Impactos sobre a água	Causas prováveis	Indicadores para o monitoramento	Manejo adaptativo
Disponibilidade de água	Desmatamento / Reflorestamento	Balanço Hídrico regional	• Análise das condições do meio físico; • Espaçamento; • Fisiologia dos clones; • Desenhos dos talhões e taxa de ocupação das fazendas
Atributos da paisagem e biodiversidade	Grandes extensões de florestas plantadas	Zoneamento ecológico	
Degradação da microbacia hidrográfica	Destruição dos ecossistemas ripários	Condições das áreas ripárias	• Agregar resiliência ao ecossistema ripário: APP x Áreas ripárias; Minimizar travessias de cursos d'água; Eliminar carregadores de contorno da APP; Distância mínima das estradas em relação aos canais; Sistemas de plantio conservacionistas; Colheita de baixo impacto; Desenho da malha viária.
	Estradas inadequadas	Desenho do sistema viário	
	Compactação do solo	Infiltração	
	Erosão	Práticas de conservação dos solos	
Balanço hídrico da microbacia e regime de vazão	Plantações florestais	Vazão e precipitação e nível do lençol freático	• Densidade de plantio por microbacia; • Período de rotação; • Época e métodos de fertilização; • Silvicultura de precisão; • Cultivo mínimo; • Taxa de corte raso por microbacia; • Ciclagem de nutrientes. • Biodiversidade; • Compactação do solo; • Sistemas agroflorestais; • Queimadas.
Eutrofização	Fertilização, erosão, ausência de mata ciliar	Concentração de N e P na água dos riachos	
Assoreamento dos cursos d'água	Erosão e sedimentação	Turbidez, sedimentos em suspensão	
Perda de nutrientes	Erosão e corte raso da floresta	Condutividade elétrica, biogeoquímica da microbacia: N, P, K, Ca e Mg	
Material orgânico	Decomposição de resíduos vegetais nos cursos d'água	Oxigênio dissolvido, cor da água	

A coluna “Manejo Adaptativo” da Tabela 2 pode ser entendida como uma sugestão de como levar em conta a microbacia (isto é, a manutenção da saúde das microbacias hidrográficas influenciadas pelo manejo florestal) no plano de manejo. Algumas das medidas ali citadas já foram oportunamente comentadas neste documento. A Figura 3, por exemplo, que mostra a relação do consumo de água com a idade da plantação, sugere que trabalhar com a questão da idade de rotação pode ser uma linha consistente de pesquisa, visando a alcançar a hidrossolidariedade, já que a colheita em idades mais avançadas, dentro de critérios economicamente sustentáveis, pode contribuir para o retorno de melhores condições de disponibilidade de água azul nas microbacias.

Outra medida listada diz respeito à densidade do plantio. Conforme mostrado na Figura 11, produzida no trabalho de WHITEHEAD & KELLIHER (1991), a menor densidade de árvores remanescentes após um desbaste em uma plantação florestal de *Pinus radiata* foi suficiente para proporcionar um aumento de 200 mm de água da chuva, que efetivamente fica disponível para recarregar o solo. Isso sinaliza que o controle do espaçamento pode ser uma medida de manejo que pode ser utilizada tanto para resolver momentaneamente algum conflito estabelecido quanto em estratégias mais adequadas, quando as limitações naturais de água assim o exigir.

VARIAÇÃO DOS COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO EM PLANTAÇÃO DE PINUS RADIATA COM 11 ANOS DE IDADE, NA NOVA ZELÂNDIA, DE FORMA COMPARATIVA ANTES E DEPOIS DA REALIZAÇÃO DE DESBASTE (WHITEHEAD & KELLIHER, 1991)

Componente do balanço hídrico	Antes	Depois
Precipitação (P)	1623 mm (100%)	1623 mm (100%)
Transpiração (Et)	636 mm (39%)	410 mm (25%)
Interceptação (Ei)	268 mm (17%)	195 mm (12%)
Evaporação direta do solo (Eo)	93 mm (6%)	191 mm (12%)
Precipitação efetiva (PE)	626 mm (38%)	827 mm (51%)
Balanço hídrico: $PE = (P - Et - Ei - Eo) \Delta t$		
	Antes do desbaste 754 árvores/ha H = 17m IAF = 15.5	Depois do desbaste 334 árvores/ha H = 21m IAF = 9.0 Cobertura copa = 46%

Figura 11: Possibilidades da inserção do controle do espaçamento como estratégia hidrossolidária de manejo das plantações florestais em condições de possíveis conflitos pelo uso da água (WHITEHEAD & KELLIHER, 1991).

Conforme pode ser depreendido, “considerar a microbacia no plano de manejo” implica muito mais do que apenas confeccionar um mapa da área com a identificação de suas microbacias, ou ainda tentar transformar o talhão em microbacia. Mas, por outro lado, não se trata, tampouco, de tarefa por demais complexa, pelo contrário. Se alguma complexidade existe, esta fica por conta apenas da dificuldade humana de embutir essas variáveis ambientais nos modelos econômicos convencionais de tomada de decisões no manejo florestal. Entretanto, essa

dificuldade terá que ser resolvida, mais cedo ou mais tarde. Como afirmado por NARASIMHAN (2008), talvez a constatação mais importante que resultou do acúmulo do conhecimento sobre o funcionamento da biosfera e dos sistemas biológicos é que a Terra é finita e sua capacidade de manter a vida é crucialmente dependente da delicada inter-relação entre os sistemas biológicos. Absorver essa constatação e desenvolver estratégias sustentáveis de manejo dos recursos naturais e de conservação dos recursos hídricos é questão de sobrevivência – e não apenas um gasto a mais que se permite nas decisões, visando a eliminar as pegadas ou os rastros hidrológicos das práticas de manejo.

Para a efetiva conservação dos recursos hídricos, os proprietários rurais precisam ter acesso às informações que possibilitem a implantação de atividades sustentáveis em seus imóveis.

Miriam Prochnow



CONCLUSÃO



Edilaine Dick

A relação entre a floresta e a água é complexa, não possibilitando o estabelecimento de uma teoria geral. Cabe a nós adotarmos medidas de manejo que garantam a permanência dos serviços ambientais.

O presente trabalho procurou fazer uma análise crítica da relação entre a silvicultura e a água, levando em conta o que a ciência já esclareceu, assim como as incoerências embutidas nesta polêmica e também os ensinamentos que as informações disponíveis oferecem para a melhoria das práticas de manejo visando à conservação da água.

Do ponto de vista das informações científicas disponíveis, há evidências de que na escala de microbacias o corte da floresta aumenta e o reflorestamento diminui o deflúvio anual. Os resultados se mostram altamente variáveis, em função de que esses efeitos decorrem da interação de outros fatores, principalmente do regime de chuvas e das condições do solo. Ou seja, a relação entre a floresta e a água é complexa, o que não possibilita o estabelecimento de uma teoria geral.

Com relação aos aspectos hidrológicos das plantações florestais, parece claro que a questão do consumo de água é apenas parte de um problema maior, devendo ser analisado, não apenas em relação à quantidade desse consumo como também em relação a como esse consumo se adequa à disponibilidade natural de água na região. Por outro lado, para o alcance da conservação da água, as plantações florestais em si são, também, apenas parte do problema. Um enfoque mais sistêmico aponta para o estabelecimento de estratégias sustentáveis de manejo que estejam em sintonia com a preservação dos serviços ambientais.

Entender os efeitos hidrológicos das mudanças de uso da terra e das práticas de manejo florestal é parte da busca do manejo florestal sustentável. Neste sentido, a microbacia pos-

Para a manutenção dos serviços ambientais é preciso que o enfoque do manejo de florestas plantadas mude de “manejo de talhão”, para “manejo do ecossistema”, o qual incorpora definitivamente a conservação da água nos planos de manejo.

Jean François



Conclusão

sibilita uma abordagem sistêmica do problema, evidenciando a necessidade de se analisar a distribuição da água que entra naturalmente pelas chuvas, tanto em fluxos de água verde, representando as perdas por evapotranspiração, quanto em fluxos de água azul, representando a preocupação para com a perpetuação da vazão dos riachos.

Aplicar esse conhecimento representa uma mudança de enfoque de manejo do talhão para manejo do ecossistema, consistindo, desta maneira, numa inovação estratégica que incorpora definitivamente a conservação da água no plano de manejo, realçando a importância da manutenção da estabilidade hidrológica das microbacias, assim como a necessidade de se analisar os possíveis impactos hidrológicos em todas as escalas da sustentabilidade.

A conservação do meio ambiente é uma responsabilidade de toda a sociedade. Todos os setores precisam efetivamente contribuir para com o verdadeiro desenvolvimento sustentável.



A sociedade, por sua vez, precisa entender que a crise da água parece que veio para ficar, não no sentido de que a água vai acabar um dia, mas sim no fato de que possivelmente já se atingiu o limiar de conflitos. Essa crise de forma alguma decorreu apenas da expansão das plantações florestais, mas sim de inúmeras outras alterações da paisagem causadas pelo homem. Sua solução não depende apenas da ciência, mas do envolvimento de toda a sociedade, no sentido de que é necessário, inclusive, que ocorra uma mudança cultural, no sentido de evoluirmos de uma democracia apenas de direitos para uma democracia também de responsabilidades.

Dogmas, ideologia e disputas insólitas não fazem parte da solução, sendo apenas responsáveis pela falsa noção de que as plantações florestais são necessariamente maléficas para os recursos hídri-

cos e pela perpetuação do folclore em torno do eucalipto. Podem, também, contribuir para medidas que frequentemente atacam os sintomas e não as causas da degradação dos recursos hídricos.

É possível e viável integrar, de forma sustentável, as florestas nativas, com as florestas plantadas e a produção agrícola.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREASSIAN, Nvart. **Water and forests: from historical controversy to scientific debate.** 2004. Journal of Hydrology, 291: 1-27.

BOSCH, J.M. & HEWLETT, J.D. **A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration.** 1982. Journal of Hydrology, 55: 3-23.

BROWN, A.E.; ZHANG, L.; MCMAHON, T.A.; WESTERN, A.W.; VERTESSY, R.A. **A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation.** 2005. Journal of Hydrology, 310: 28-61.

BROWN, A.E.; PODGER, G.M.; DAVIDSON, A.J.; DOWLING, T.I.; ZHANG, L. **Predicting the impact of plantation forestry on water users at local and regional scales. An example for the Murrumbidgee River Basin, Australia.** 2007. Forest Ecology and Management, 251: 82-93.

CALDER, Ian R. **Forests and water: ensuring forest benefits outweigh water costs.** 2007. Forest Ecology and Management, 251: 110-120.

CÂMARA, C.D. & LIMA, W.P. **Corte raso de uma plantação de Eucalyptus saligna de 50 anos: impactos sobre o balanço hídrico e a qualidade da água em uma microbacia experimental.** 1999. Scientia Forestalis, 56: 41-58.

FALKENMANRK, M. & FOLKE, C. **The ethics of socio-hydrological catchment management: towards hydrosolidarity.** 2002. Hydrology & Earth System Sciences, 6 (1): 1-9.

FARLEY, K.A.; JOBBAGY, E.G.; JACKSON, R.B. **Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy.** 2005. Global Change Biology, 11: 1565-1576.

HIBBERT, A.R. **Forest treatment effects on water yield.** In: Sopper & Lull (Ed.). International Symposium on Forest Hydrology. 1967. Pergamon Press: 527-543.

JACKSON, R.B.; JOBBAGY, E.G.; AVISSAR, R.; ROY, S.B.; BARRET, D.J.; COOK, C.W.; FARLEY, D.A.; MAITRE, D.C.; MURRAY, B.C. **Trading water for carbon with biological carbon sequestration.** 2005. Science, 310: 1944-1947.

KUCZERA, George. **Prediction of water yield reductions following a bushfire in ash-mixed species eucalypt forest.** 1987. Journal of Hydrology, 94: 215-236.

LANGFORD, K.J. **Changes in yield of water following a bushfire in a forest of Eucalyptus regnans.** 1976. Journal of Hydrology, 29: 87-114.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B.; LIBARDI, P.L.; SOUZA FILHO, A.P. **Comparative evapotranspiration of eucalyptus, pine and cerrado vegetation measured by the soil water balance method.** 1990. IPEF International, 1: 5-11.

LIMA, Walter de P. **O eucalipto seca o solo?** 2004. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 29: 13-17.

..... **Planted forests and water impacts: cross-scale analysis through hydrological indicators.** 2005. The International Forestry Review, 7: 758-764.

..... **Efeitos hidrológicos do manejo de florestas plantadas.** In: Lima e Zakia (Ed.). As Florestas Plantadas e a Água: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. 2006. RiMa Editora e CNPq: 9-28.

LIMA, W.P. & FONTANA, C.R. **Microbacias Hidrográficas.** 2008. Relatório Anual do IPEF: 13- 17.

NARASIMHAN, T.N. **Water, law, science.** 2008. Journal of Hydrology, 349: 125-138.

SWANK, W.T. & MINER, N.H. **Conversion of hardwood-covered watersheds to White Pine reduces water yield.** 1968. Water Resources Research, 4: 947-954.

UNITED NATIONS. **Forest and Agriculture Organization (FAO) Global Forest Resources Assessment.** FAO Forestry Paper 147. Rome(.): 2005.

VANCLAY, Jerry K. **Managing water use from forest plantations.** 2009. Forest Ecology and Management, 257: 385-389.

VAN DIJK, I.J.M. & KEENAN, R.J. **Planted forests and water in perspective.** 2007. Forest Ecology and Management, 251: 1-9.

VERTESSY, R.A.; WATSON, F.G.R.; O'SULLIVAN, S.K. **Factors determining relations between stand age and catchment water balance in mountain ash forests.** 2001. Forest Ecology and Management, 143: 13-26.

WAGNER, W.; GAWEL, J.; FURUMAI, H.; SOUZA, M.P.; TEIXEIRA, D.; RIOS, L.; OHGAKI, S.; ZEHENDER, J.B.; HEMOND, H.F. **Sustainable watershed management: an international multi-watershed case study.** 2002. Ambio, 31: 2-13.

WHITEHEAD, D. & BEADLE, C.L. **Physiological regulation of productivity and water use in Eucalyptus: a review.** 2004. Forest Ecology and Management, 193: 113-140.

WHITEHEAD, D. & KELLIHER, F.M. **A canopy water balance model for a Pinus radiata stand before and after thinning.** 1991. Agricultural and Forest Meteorology, 55: 109-126.

ZALEWSKI, Maciej. **Ecohydrology – the scientific background to use ecosystem properties as management tools toward sustainability of water resources.** 2000. Ecological Engineering, 16: 1-8.

ZHANG, L.; DAWES, W.R.; WALKER, G.R. **Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale.** 2001. Water Resources Research, 37: 701-708.





O DIÁLOGO FLORESTAL

O Diálogo Florestal é uma iniciativa independente que facilita a interação entre representantes de empresas do setor de base florestal e de organizações ambientalistas. Estabelecido no Brasil em 2005, tem o objetivo de construir visão e agendas comuns entre esses setores, de modo a promover ações efetivas associadas à produção florestal, ampliar a escala dos esforços de conservação e restauração do meio ambiente, gerando benefícios para os participantes do Diálogo e para a sociedade em geral.

Criado com enfoque sobre o bioma Mata Atlântica, um dos mais biodiversos e ameaçados do planeta, a iniciativa incorporou mais recentemente em sua área de atuação regiões dos biomas Pampa e Cerrado.

Tem como temas prioritários:

- Fomento florestal, como vetor de desenvolvimento e conservação ambiental.
- Ordenamento territorial, como oportunidade de pactuar o uso e a ocupação do solo na escala de paisagem.
- A relação entre florestas plantadas, água e biodiversidade.
- Áreas protegidas particulares, como fator fundamental na conservação.

Atualmente, o Diálogo Florestal tem como metas: manter e consolidar um espaço de diálogo pró-ativo entre ambientalistas e empresas do setor florestal; gerar resultados concretos, em campo e em larga escala, para a conservação dos recursos naturais; contribuir para a melhoria da qualidade de vida humana, a partir do aprimoramento das relações com os recursos naturais; e propor e influenciar a adoção de políticas públicas que favoreçam a proteção e a sustentabilidade dos recursos naturais.

O Diálogo Florestal conta com um Fórum Nacional, um Conselho de Coordenação, uma Secretaria Executiva e sete Fóruns Regionais.

A secretaria executiva do Diálogo está baseada em Brasília (DF), sob a supervisão do IBio, sediado no Rio de Janeiro.

Integrantes do Fórum Nacional do Diálogo Florestal

Celulose Nipo-Brasileira - Cenibra • Fibria • Klabin • Masisa • Norske Skog Pisa • Rigesa Celulose Papel e Embalagens • Stora Enso • Suzano Papel e Celulose • Veracel Celulose • Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal - LERF • Embrapa Florestas • Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF • Associação Brasileira de Celulose e Papel - Bracelpa • Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS • Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais - SBEF.

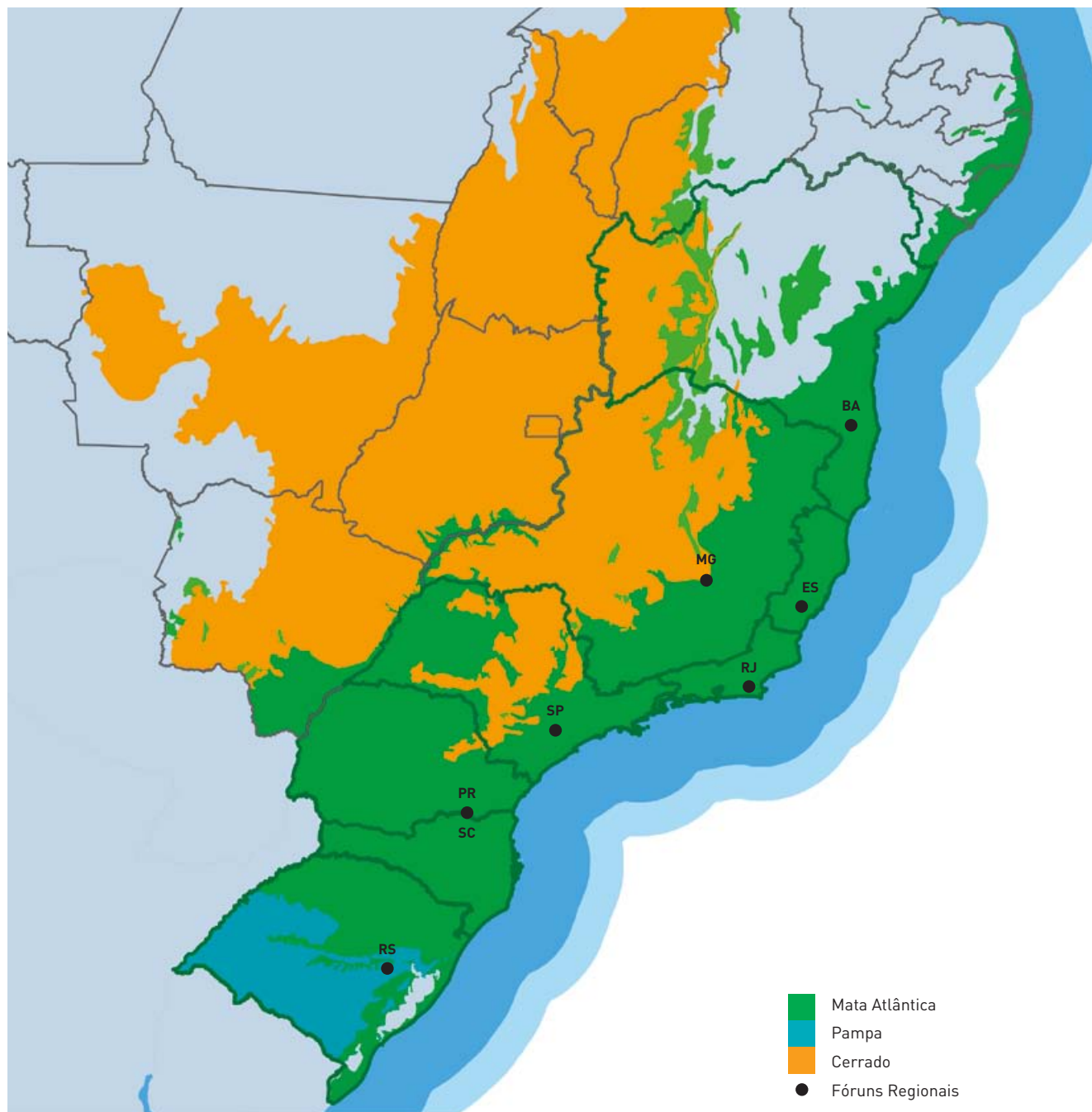
Associação Mineira de Defesa do Ambiente - Amda • Associação em Defesa do Rio Paraná, Afluentes e Mata Ciliar - Apoená • Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida - Apremavi • CI-Brasil • Instituto Ecoar para a Cidadania • Associação Flora Brasil • Instituto Floresta Viva • Fundação Biodiversitas • Fundação SOS Mata Atlântica • Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola - Imaflores • Instituto BioAtlântica - IBio • Instituto Ecofuturo • Instituto de Pesquisas Ecológicas - Ipê • Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica - Ipema • Rede de ONGs da Mata Atlântica - RMA • Reserva da Biosfera da Mata Atlântica - RBMA • Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental - SPVS • The Nature Conservancy - TNC • WWF-Brasil.

Conselho de Coordenação

• Cenibra • Fibria • Rigesa • Suzano • Veracel • Apremavi • CI-Brasil • Biodiversitas, • IBio • TNC

Contato

secretariaexecutiva@dialogoflorestal.org.br



OS FÓRUMS REGIONAIS

Cada fórum regional tem uma pauta específica de discussão, levando em conta as peculiaridades e necessidades locais.

FÓRUM FLORESTAL DO SUL E EXTREMO SUL DA BAHIA

FORUMBA@DIALOGOFLORESTAL.ORG.BR

Existe desde 2005. Desenvolveu diretrizes para os programas de fomento florestal das empresas participantes. Assumidas, posteriormente, também pelo Fórum Nacional, as diretrizes estão servindo como referência para os outros fóruns. O cumprimento dessas diretrizes pelos fomentados e pelas empresas que atuam na região está sendo objeto de uma auditoria independente, prevista para ser concluída em 2010. O fórum prioriza também outros dois temas: ordenamento territorial e monitoramento independente de impactos sociambientais da silvicultura. Recentemente, dois importantes acordos foram conseguidos através do trabalho do fórum: um, entre os pescadores da Resex Corumbau e a Veracel, sobre a rota das barcas, e o outro, entre as comunidades e as empresas, sobre a distância de afastamento dos plantios florestais de núcleos urbanos.

FÓRUM FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL

FORUMRS@DIALOGOFLORESTAL.ORG.BR

Estabelecido em 2007, tem como principal desafio discutir a expansão da silvicultura sobre o bioma Pampa, de acordo com regras e zoneamento que respeitem a legislação e favoreçam a conservação da biodiversidade. Tem como tema prioritário a questão da relação entre água e florestas plantadas. Também tem dedicado parte de sua pauta para a discussão sobre a criação de unidades de conservação no Pampa.

FÓRUM FLORESTAL DE SÃO PAULO

FORUMSP@DIALOGOFLORESTAL.ORG.BR

Em funcionamento desde 2008, foram definidos como temas prioritários: planejamento da paisagem, gestão socioambiental e parcerias florestais. O GT de Planejamento da Paisagem está consolidando a análise de áreas prioritárias para a implantação de ações ambientais e sociais conjuntas.

FÓRUM FLORESTAL DO ESPÍRITO SANTO

FORUMES@DIALOGOFLORESTAL.ORG.BR

Teve sua primeira reunião em setembro de 2008, quando se definiu que um dos temas principais para a discussão no estado são as ações de fomento florestal pelas empresas. O fórum iniciará um diagnóstico sobre plantios florestais em duas comunidades do município de Santa Teresa. Além disso, está discutindo a formação de corredores no norte do estado.

FÓRUM FLORESTAL MINEIRO

FORUMMG@DIALOGOFLORESTAL.ORG.BR

O Fórum Florestal Mineiro foi criado em 2008 e seu objetivo é promover a articulação entre ongs ambientalistas e empresas que tenham como meta eliminar o uso de carvão vegetal nativo, adotem ações para proteção e preservação da biodiversidade e seus plantios tenham ou são feitos sob a mesma perspectiva. O resultado esperado é que as plantações florestais sejam aliadas na proteção da biodiversidade.

FÓRUM FLORESTAL FLUMINEENSE

FORUMRJ@DIALOGOFLORESTAL.ORG.BR

Em funcionamento desde 2008, foi criado em antecipação à iminente expansão da silvicultura no estado do Rio de Janeiro. Tem sido um fórum privilegiado para a troca de informações entre a iniciativa privada, o setor público, a academia e a sociedade civil. Entre seus resultados, já se encontra o decreto estadual que regulamenta a silvicultura em propriedades pequenas e médias no estado. O fórum trabalha agora para apoiar o governo estadual no estabelecimento de um programa de adequação ambiental de propriedades rurais.

FÓRUM FLORESTAL DO PARANÁ E SANTA CATARINA

FORUMPRSC@DIALOGOFLORESTAL.ORG.BR

Existe desde 2008. Tem dois grupos de trabalho (GT) estabelecidos. O GT Projeto Piloto tem enfoque no ordenamento territorial e o GT Fomento Florestal prioriza a adoção dos critérios de fomento sustentável por parte das empresas. O fórum já selecionou uma área geográfica onde será realizado um projeto piloto de planejamento de paisagens e está discutindo ações efetivas a serem implantadas na região.



ISBN 978-85-60840-03-8



9 788560 840038

WWW.DIALOGOFLORESTAL.ORG.BR

Esta publicação foi impressa em papel certificado pelo FSC