

Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

Projeto:

Avaliação de referencial técnico e elaboração de termo de referência para atualização do “Plano Diretor para recomposição florestal visando à produção de água nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí”.

CONTRATANTE
Fundação Agência das Bacias PCJ

Piracicaba
2013



Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais
Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 530
13400-970 - Piracicaba, SP - Brasil
Tel.: (19) 2105-8600 - Fax: (19) 2105-8666
E-mail: ipef@ipef.br
Home Page: www.ipef.br



SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABELAS	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO TEMÁTICA DA BIBLIOGRAFIA TÉCNICA E CIENTÍFICA DE INTERESSE	7
2.1. Hidrologia Florestal	7
2.2. Ecologia da Paisagem no Manejo de Bacias Hidrográficas e Serviços Ambientais Ecosistêmicos na Conservação dos Recursos Hídricos	26
2.3. Restauração de Áreas Degradadas para Conservação dos Recursos Hídricos	37
2.4. Modelos de Simulação Hidrológica para Manejo de Bacias Hidrográficas (quantitativa e/ou qualitativa)	43
2.5. Políticas Públicas Envolvendo Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA)	48
2.6. Caracterização Florística nas Bacias PCJ	50
3. CONSIDERAÇÕES SOBRE O PLANO DIRETOR DE RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL VISANDO A PRODUÇÃO DE ÁGUA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ	54
3.1. Base Conceitual	54
3.2. Metodologia	56
3.3. Resultados	59
3.4. Considerações Finais	59
4. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO PLANO DE BACIAS	61
4.1. Análise global	61
4.2. Informações relevantes para o Plano Diretor de Recomposição Florestal	64
5. LEVANTAMENTO DAS AÇÕES REALIZADAS NO ÂMBITO DO PLANO DIRETOR FLORESTAL	66
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICES	89
APÊNDICE A – Informações complementares dos projetos financiados pelo FEHIDRO no PDC 4 do plano de bacias PCJ	90
APÊNDICE B – Descrição técnica de alguns dos projetos financiados pelo FEHIDRO no PDC 4 do plano de bacias PCJ	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração da questão das diferentes escalas da sustentabilidade ambiental e da importância da microbacia hidrográfica como escala sistêmica de aferição tanto de sua integridade, resultado da interação evolutiva do clima com a geologia, assim como de sua resiliência ou saúde ambiental, que pode ser afetada pela ações inadequadas de manejo (LIMA, 2010).....	20
Figura 2. Serviços ecossistêmicos beneficiados pela cobertura florestal (I = infiltração; S= proteção do solo; R=proteção ripária) e processos hidrológicos influenciados (F = regulação de fluxo; D = produção de água; Q = qualidade da água).....	32
Figura 3. Exemplo ilustrativo de diferentes configurações espaciais dos componentes da paisagem em relação à rede de drenagem em uma bacia hidrográfica.....	33
Figura 4. Comparação do potencial de serviços ecossistêmicos (I = infiltração, S = proteção do solo, R = proteção ripária, F = regulação de fluxo; D = produção de água; Q = qualidade da água) oferecidos por diferentes coberturas florestais sob manejo (MB = muito baixo, B = baixo, M = médio, A = alto e MA = muito alto).	35
Figura 5. Distribuição dos repasses dos projetos relacionados ao PDC 4 por PCD.	70
Figura 6. Distribuição dos repasses dos projetos relacionados ao PDC 4 por tipo de projeto.	70
Figura 7. Distribuição dos repasses dos projetos relacionados ao PDC 4 por situação de projeto.	71
Figura 8. Repasses dos projetos relacionados ao PDC 4 por tipo e situação de projeto.....	71
Figura 9. Distribuição dos repasses dos projetos relacionados ao PDC 4 por tipo e situação de projeto.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Amostra de trabalhos científicos contemplando levantamentos florísticos realizados em municípios da bacia do PCJ.....	51
Tabela 2. Resumo das informações dos projetos financiados pelo FEHIDRO no PDC 4 do plano de bacias PCJ.....	67

1. INTRODUÇÃO

O conteúdo desse relatório contempla aquele exigido para o Relatório Parcial 1 do projeto de Avaliação de referencial técnico e elaboração de termo de referência para atualização do “Plano Diretor para recomposição florestal visando à produção de água nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá”.

Dessa maneira, serão apresentadas as Atividades 5.1 e 5.2 descritas em detalhes nos itens 6.1 e 6.2 do Anexo I do Ato Convocatório n. 03/2013 da Fundação Agência das Bacias PCJ, e organizadas da seguinte forma:

- Capítulo 2 (Revisão temática da bibliografia técnica e científica de interesse) - elaborado para atender a atividade de mesmo nome (item 6.2 do termo de referência);
- Capítulo 3 (Considerações sobre o Plano Diretor de Recomposição florestal) - elaborado para atender a atividade “Análise da Metodologia do Plano Diretor Florestal PCJ” (item 6.1.3 do termo de referência);
- Capítulo 4 (Considerações a respeito do Plano de Bacias) - elaborado para atender a atividade “Comparativo com os dados do Plano das Bacias PCJ 2010 a 2020” (item 6.1.2 do termo de referência);
- Capítulo 5 (Levantamento das ações realizadas no âmbito do Plano Diretor Florestal) - elaborado para atender a atividade “Levantamento de Projetos Executados” (item 6.1.1 do termo de referência).

Em seguida a entrega desse relatório será realizado um workshop no âmbito do Comitê PCJ, com o objetivo de expor os trabalhos relativos às atividades 5.1. e 5.2. do Termo de Referência e coleta de subsídios para as fases posteriores.

2. REVISÃO TEMÁTICA DA BIBLIOGRAFIA TÉCNICA E CIENTÍFICA DE INTERESSE

2.1. Hidrologia Florestal

2.1.1. Introdução

As discussões sobre a relação entre a floresta e o ciclo hidrológico, incluindo aqui a influência sobre o escoamento dos rios e riachos, a proteção de mananciais, o eventual efeito sobre as chuvas e, enfim, seu papel na regulação climática, são bastante antigas, controversas, recorrentes e ainda não totalmente resolvidas.

Por exemplo, o possível efeito das florestas sobre as chuvas, forte componente do folclore criado em torno das interações entre a floresta e a água (ANDRÉASSIAN, 2004), embora tenha sido objeto de algumas tentativas de verificação experimental no passado, desde há muito tempo foi descartado pela ciência, conforme colocado por Hewlett (1967), quando relator da sessão “Floresta e Precipitação” do Simpósio Internacional de Hidrologia Florestal realizado nos Estados Unidos em 1965:

“Os participantes, aparentemente, concordam com as conclusões de Penman (1963), de que na ausência de dados científicos convincentes devemos considerar que a mera presença da floresta em um dado local não afeta necessariamente a ocorrência de chuvas nessa área.”

Trabalhos recentes, todavia, vem acumulando evidências suficientes para mostrar que a histórica suposição popular de que as florestas atraem as chuvas foi, aparentemente, desprezada muito cedo pela ciência (VAN DIJK; KEENAN, 2007).

Outro aspecto histórico muito interessante, nesse sentido, reside na semelhança entre o raciocínio leigo da antiguidade com o enfoque de estudos modernos sobre estas relações. Em 1801, por exemplo, o livro “Harmonia Hidrovegetal”, de autoria de Rauch, 1801 (Apud ANDRÉASSIAN, 2004) descreve que “a floresta pode ser considerada como sifão localizado entre as nuvens e a superfície terrestre, atraindo as chuvas sobre elas para alimentar as nascentes e o escoamento dos riachos”. Evidentemente, devido às dificuldades inerentes de poder ser comprovada experimentalmente, esta afirmação faria sempre parte da credence popular. Todavia, evidências baseadas não na comprovação experimental desta possível atração, mas sim na análise indireta de mecanismos físicos da dinâmica da atmosfera,

mostram que as florestas naturais podem sim ser responsáveis por um processo de bombeamento biótico da umidade atmosférica, ou seja, de atração das chuvas (MAKARIEVA; GORSHKOV, 2007).

Estas evidências, por sua vez, ademais de sua importância inerente para o avanço do conhecimento, assim como para a solução da polêmica histórica, podem, também, resolver outro paradoxo histórico nas relações entre a floresta e a água. É um fato conhecido de que a floresta é a superfície de maior evaporação, maior do que todos os demais tipos de vegetação e também maior do que a evaporação de uma superfície líquida. Na escala terrestre de uma bacia hidrográfica, a equação do balanço hídrico pode se resumir a: $P = E + Q$; onde: P = precipitação; E = evaporação e, Q = escoamento gravitacional.

Ora, se a floresta apresenta alta evaporação, então o que se deveria esperar é que o escoamento gravitacional (Q) deveria ser menor, pelo simples fato de satisfazer esta equação do balanço hídrico. Mas o que se observa, na realidade, é exatamente o contrário, ou seja, áreas com florestas apresentam, também, alto escoamento gravitacional (vazão de riachos e rios) (NEARY et al., 2009; CREED et al., 2011). Isto mostra que as florestas desempenham também outras funções importantes, além da maior evaporação, no controle da fase terrestre do ciclo da água, capazes de, no conjunto, fazer com que haja sempre água em abundância para atender a alta evaporação, o alto armazenamento de água no solo e o alto escoamento gravitacional.

Por esta mesma razão, desenvolveu-se, no passado, a crença de que as florestas aumentam a vazão dos rios, que desencadeou controvérsia ainda maior, dando margem à formação de grupos defensores desta crença, assim como grupos opositores, cada um procurando encontrar argumentos para justificar sua posição, mas nenhum deles com evidências e provas suficientes. Bernardin de Saint Pierre, em seu livro *Estudos da Natureza*, publicado entre 1784 e 1788, propôs o reflorestamento das terras altas da França a fim de resgatar rios e riachos que secaram em consequência do desmatamento. Por outro lado, Belgrand, um famoso engenheiro civil Frances, afirmava que “a floresta diminui, ao invés de aumentar, a vazão dos rios” (ANDRÉASSIAN, 2004).

Este debate data de mais de dois séculos atrás, mas não deixa de ser interessante observar que ele ainda perdura nos dias atuais, em que pese o acúmulo de resultados experimentais de estudos que se iniciaram por volta de 1900 e que deram início ao

estabelecimento da ciência denominada Hidrologia Florestal, como ramo da Hidrologia que se preocupa com as relações entre a floresta e a água. Mais do que apenas produzir o embasamento científico para o esclarecimento do mito entre a floresta e a água, a Hidrologia Florestal, na realidade, desenvolveu ferramentas poderosas para o manejo racional dos recursos naturais. Todavia, o que se observa é que o tema ainda é polêmico no mundo todo, principalmente no que diz respeito ao estabelecimento de políticas públicas de conservação da água e de incentivo ao uso sustentável dos recursos naturais.

Nesse sentido, 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, como se somente isto bastasse. Na realidade, essa percepção 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 as enchentes e mantêm a qualidade da água é questionável e deve dar lugar às evidências acumuladas da experimentação científica, que mostram que se trata, na realidade, de uma relação muito mais complexa, cujos resultados esperados vão depender da interação de vários fatores e não apenas da presença ou ausência da floresta.

E há, também, outro aspecto interessante desta controvertida relação entre a floresta e a água, que diz respeito às plantações florestais, ou florestas plantadas. Desde seu advento, mas principalmente devido à expansão atual das áreas com plantações florestais, no mundo todo, resultado do crescimento de sua importância econômica, a percepção generalizada é de que estas florestas plantadas, ao contrário das florestas naturais, seriam prejudiciais, e mesmo antagônicas, aos recursos hídricos. E os argumentos contidos neste mito são mais ou menos uma repetição do debate histórico sobre a relação entre a floresta e a água, só que ao contrário, a começar pelo estigma da palavra “eucalipto”, tais como: plantações florestais “consomem muita água”, “secam o solo”, “suas raízes furam o lençol freático”, “inibem a formação de nuvens”, “desestabilizam o ciclo hidrológico”, etc. Da mesma forma, a opinião generalizada de que as plantações florestais, em todas as circunstâncias e em qualquer situação, são sempre prejudiciais aos recursos hídricos não passa pelo escrutínio da experimentação científica. É preciso analisar todo o contexto, já que os possíveis efeitos serão sempre decorrência de interações entre vários fatores, e não apenas resultado da

presença ou ausência de plantações florestais. No caso da percepção de se estabelecer plantios florestais para a recuperação de áreas degradadas, por exemplo, em algumas situações os resultados são realmente muito promissores, inclusive no que diz respeito ao retorno de serviços ambientais.

Todavia, dependendo da extensão da degradação, ou em situações onde o solo já perdeu sua resiliência, ou capacidade de auto-renovação, os resultados serão nulos. Por outro lado, no caso de plantações florestais em larga escala visando ao abastecimento industrial, a pressão da sociedade é frequentemente enfrentada por aqueles que são responsáveis pelo seu manejo, com a alegação de que as florestas plantadas, em toda e qualquer circunstância e em qualquer situação, são benéficas para o meio ambiente, como se a mera existência destas plantações já fosse, por si só, 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 maximizar a produtividade, os benefícios ambientais dependerão, crucialmente, do plano de manejo, em termos de garantir a interação dos plantios florestais com os demais elementos da paisagem, visando contribuir para a manutenção da biodiversidade, assim como com a proteção de áreas hidrologicamente sensíveis, que são fundamentais para a manutenção de serviços ambientais.

Assim, esta perspectiva histórica nos mostra que a relação entre a floresta e o ciclo hidrológico é um tema antigo, polêmico, carregado de juízo de valor, recorrente e ainda não totalmente resolvido, a despeito de se contar, atualmente, com enorme volume de evidências experimentais acumuladas. Por exemplo, a questão das mudanças climáticas é um dos problemas ambientais globais da atualidade, cujo enfrentamento está sendo baseado em diversas medidas, entre as quais o sequestro de carbono visando frear o aumento da concentração de CO₂ atmosférico. E dentro de ações que supostamente contribuem para o sequestro de carbono está o reflorestamento. Todavia, esta medida pode causar, também, impactos sobre a disponibilidade de água se não for devidamente planejada (JACKSON et al., 2005).

2.1.2 Evidências Experimentais

Por volta do ano de 1900 pesquisadores da Suíça conseguiram estabelecer uma modalidade experimental consistente para a obtenção de evidências experimentais sobre a relação entre a floresta e a água, com a instalação de um par de microbacias experimentais na região de Bernese Emmental daquele país (McCULLOCH; ROBINSON, 1993). O princípio experimental envolvido é, na realidade, relativamente simples: duas microbacias adjacentes foram selecionadas de tal maneira a garantir similaridade em termos de tamanho (área), morfologia, geologia e clima. Quanto ao uso da terra, neste experimento original uma delas estava inteiramente com floresta, enquanto que a outra tinha 69% de pastagem e 31% de floresta. O comportamento hidrológico de uma microbacia hidrográfica, em termos do balanço hídrico e do regime de vazão, é função de fatores tais como clima, geologia, geomorfologia, área e uso da terra. Assim, a comparação dos componentes do balanço hídrico entre as duas microbacias pareadas, supostamente similar em todos esses fatores, menos o uso da terra, permitiria atribuir a diferença de balanço hídrico entre elas ao fator uso da terra, no caso, entre uma bacia totalmente florestada e a que continha pastagem. A validação estatística desta comparação é obtida pelo estabelecimento de um período pré-tratamento, referido como calibragem, visando a estabelecer um modelo de predição do comportamento de uma delas com base nos resultados obtidos na outra.

De acordo com Andréassian (2004), na realidade os primeiros trabalhos em microbacias experimentais foram realizados na França, por volta de 1860. De qualquer maneira, a despeito da disputa em torno da primazia deste método experimental, parece haver consenso de que o trabalho pioneiro nesta modalidade experimental foi o par de microbacias referidas como Whagon Whell Gap, localizadas nas montanhas do Colorado, Estados Unidos, cujos resultados foram publicados por Bates e Henry (1928). E a partir desta publicação, a metodologia ganhou aceitação generalizada e diversos outros trabalhos similares foram estabelecidos no mundo, tendo permitido o acúmulo de informações valiosas para o entendimento das relações entre a floresta e o ciclo da água.

Muito do que se conhece hoje a respeito da relação entre a floresta e a água, ou sobre os impactos ambientais das atividades de manejo florestal, resultou do acúmulo destes estudos, como, por exemplo, os efeitos do desmatamento e do reflorestamento sobre o balanço hídrico na escala da microbacia, sobre a erosão e sedimentação dos cursos d'água,

os efeitos da adubação florestal sobre a qualidade da água, os efeitos do preparo do solo sobre as perdas por erosão, etc.

Com o devido tempo, as pesquisas em microbacias experimentais proporcionaram o estabelecimento dos chamados princípios hidrológicos, os quais são essenciais para a correta interpretação dos efeitos das práticas de manejo, assim como o entendimento do funcionamento hidrológico das microbacias, como, por exemplo, os mecanismos de geração do escoamento direto nas microbacias (o aumento repentino da vazão nas microbacias provocado pelas chuvas), por sua vez importante para o conhecimento que temos hoje sobre o ecossistema ripário.

Com base em resultados obtidos em mais de 90 microbacias experimentais em várias partes do mundo, pode-se afirmar que o desmatamento diminui a evapotranspiração, o que resulta em uma quantidade maior de água disponível no solo e na vazão dos riachos. Por outro lado, o reflorestamento diminui a vazão na escala da microbacia. Muito importante, todavia, é o fato de que estes resultados variam de lugar para lugar e são, às vezes, imprevisíveis (BOSCH; HEWLETT, 1982; BROWN et al., 2005). Ou seja, estes efeitos não ocorrem em todas as situações e com a mesma intensidade.

Calder (2007) sintetizou o conjunto de resultados disponíveis obtidos desde os trabalhos pioneiros iniciados em 1900, de acordo com o que ele chamou de princípios estabelecidos ao longo do desenvolvimento da Hidrologia Florestal, a saber:

- a) A evapotranspiração de florestas é, em geral, maior do que a de vegetação de menor porte e de culturas agrícolas não irrigadas;
- b) A qualidade da água que emana de microbacias cobertas com floresta é geralmente boa. Todavia, práticas não sustentáveis de manejo florestal podem causar erosão, perdas de sedimentos e de nutrientes, contribuindo para gerar impactos a jusante, assim como para a degradação hidrológica dos solos e, eventualmente, da própria microbacia;
- c) Na escala de microbacias, a cobertura florestal pode mitigar os efeitos de enchentes. Todavia, isso geralmente não ocorre na escala de bacias hidrográficas de maior porte;
- d) Ainda não foi possível evidenciar efeitos benéficos da floresta sobre a vazão mínima, mesmo que se possa admitir, em tese, que a maior taxa de infiltração proporcionada pela floresta seja suficiente para contrabalancear o maior consumo de água, resultando em maior recarga do aquífero, o que contribuiria para manter a vazão mínima.

Uma característica hidrológica que distingue uma microbacia é a sua sensibilidade a chuvas de alta intensidade, que resulta no aumento imediato da vazão causado pelo escoamento direto provocado pelas chuvas (hidrograma). Paralelamente a esta elevação da vazão durante e após uma chuva, ocorre também alteração na composição química da água. Em geral, o pH, a alcalinidade e a concentração de alguns nutrientes como cálcio, magnésio e sódio tendem a diminuir ao longo da fase de ascensão do hidrograma, enquanto que a concentração do carbono orgânico, do potássio, do ferro e do alumínio tende a aumentar na fase de ascensão do hidrograma. Estas alterações têm a ver com a dinâmica das áreas ripárias da microbacia, que normalmente se expandem com o prolongamento das chuvas, e que desempenham papel crucial no processo de geração do escoamento direto nas microbacias. As alterações de curto prazo, desta maneira, são governadas por processos hidrológicos de superfície na escala das microbacias, incluindo as mudanças da cobertura vegetal. Já as variações de médio e longo prazo são governadas predominantemente por alterações gradativas que ocorrem nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Desta forma, a metodologia acabou também sendo reconhecida como muito adequada para fornecer informações cruciais para o manejo racional dos recursos naturais (LIKENS, 1985; McCULLOCH; ROBINSON, 1993; MOLDAN; CERNY, 1994; SWANK; JOHNSON, 1994). E esta constatação leva em conta conceitos hidrológicos atuais, que afinal acabaram sendo reconhecidos gradativamente com o acúmulo de resultados destes trabalhos experimentais.

2.1.3. Implicações destes conhecimentos para o Plano de Bacias do PCJ

2.1.3.1. O Conceito de Bacias Hidrográficas de “Produção” de Água

O abastecimento de água para a crescente população mundial é ‘um dos problemas ambientais mais importantes que a humanidade vai ter que enfrentar. Atualmente mais da metade da população mundial vive nas cidades e esta proporção tende a crescer paralelamente ao crescimento da população mundial. E desta população urbana, estima-se que cerca de um bilhão de pessoas vivem sem o fornecimento de água de boa qualidade (DUDLEY; STOLTON, 2003).

Por outro lado, esta demanda de água para abastecimento da população representa menos de um décimo do consumo total de água, em que pese, evidentemente, o aspecto crítico e vital desta demanda. Em geral, o maior consumo de água para atender a sobrevivência da humanidade é para a irrigação, principalmente onde a agricultura é feita em condições de déficit hídrico ou em regiões semi-áridas, assim como nos campos inundados para a produção de arroz.

Conforme explicado anteriormente, na natureza a floresta e a água guardam estreita relação. Embora este relacionamento ainda não seja completamente compreendido em algumas situações, desde o começo do século passado era comum a afirmação de que a floresta é benéfica para os recursos hídricos em geral, o que pode, por exemplo, ser observado no trabalho de Zon (1927), com base, já naquela época, da revisão de mais de 1100 trabalhos publicados sobre o tema.

Mais especificamente, pode-se afirmar que a floresta desempenha importante papel na hidrologia de uma bacia hidrográfica, não apenas pelo papel regulador das transferências de água entre os vários compartimentos do sistema, através dos processos de interceptação e de evapotranspiração, mas também por fornecer a matéria orgânica que protege e melhora as condições hidrológicas do solo. Os solos florestais, devido à camada orgânica que se acumula sobre a superfície (serapilheira), assim como a fauna associada a estas condições de alto conteúdo de matéria orgânica, possuem condições que são vitais para a hidrologia das microbacias, assim como ao ecossistema aquático, resultando nas normalmente boas condições de qualidade da água dos riachos (NEARY et al, 2009).

Em que pese tratar-se de tema polêmico, e a despeito das dificuldades de se estabelecer teorias generalizadas sobre estas relações, parece claro que a melhor fonte de água doce de boa qualidade para o abastecimento humano são os ecossistemas florestais (DUDLEY; STOLTON, 2003; NEARY et al., 2009) e pelo menos o aspecto utilitário desta relação foi, desde cedo, reconhecido e implementado em muitos países, através do estabelecimento das chamadas “bacias hidrográficas municipais”, ou seja, os mananciais de abastecimento de água da população das cidades, que incluem não apenas a represa de onde os órgãos municipais retiram a água para o abastecimento, mas inclui principalmente toda a sua bacia hidrográfica de contribuição, manejada de forma integrada, assim garantindo a preservação de sua cobertura florestal para o só propósito de produção de água.

No mundo todo, cerca de um terço das grandes cidades (46 de um total de 105 grandes cidades) conseguem ainda manter seus mananciais de abastecimento público devidamente protegidos com cobertura florestal. Um exemplo marcante destes mananciais de abastecimento público é o da cidade de Melbourne, na Austrália, que a despeito de pressão natural, vem conseguindo manter a bacia hidrográfica municipal, que engloba uma área de cerca de 120.000 hectares inteiramente protegida com floresta natural de *Eucalyptus regnans*, sob regime de manejo visando a produção de água, e se orgulha, assim, de abastecer os habitantes de Melbourne com a água considerada de melhor qualidade do mundo, sem nenhum gasto de tratamento convencional (MMBW, 1980; DUDLEY; STOLTON, 2003).

Outros exemplos localizam-se nos Estados Unidos. A cidade de São Francisco é abastecida com água de uma bacia hidrográfica protegida localizada no Parque Nacional de Yosemite. Já a cidade de Seattle, no Estado de Washington, capta água da bacia hidrográfica Cedar River, com área de 36.650 hectares, sendo que 64% desta área pertence ao próprio município, que é manejada na forma de reserva ecológica. Todavia, a floresta da área restante, que é de terceiros, é manejada de forma sustentável mediante um acordo com o poder público municipal. A água deste manancial também é distribuída aos 1,2 milhões de habitantes da cidade de Seattle sem nenhum tratamento, nem mesmo filtração (DUDLEY; STOLTON, 2003).

E há também o famoso exemplo do manancial da cidade de Nova York, a bacia hidrográfica referida como Catskill/Delaware, fama esta derivada não apenas do desafio que é manter o abastecimento de água desta megalópoli, mas também pelo discernimento dos técnicos envolvidos em seu manejo. Esta bacia hidrográfica municipal da cidade de Nova York localiza-se a cerca de 160 km e fornece 90% da água que abastece a população. Possui uma área de cerca de 2500 km², dos quais 75% são cobertos com floresta. Mas apenas 10% desta área é de domínio do município, sendo portanto a maior parte propriedades de terceiros. Existem, por exemplo, cerca de 400 fazendas de pecuária, assim como muitas outras áreas de agricultura, que sem dúvida constituem fontes potenciais de contaminação biológica e química da água. Em função disto, em 1989 a Agência de Proteção Ambiental americana (EPA) impôs uma condicionante maior ao órgão responsável pelo abastecimento de água da cidade, que promoveu, então, estudos visando resolver o problema, tendo chegado a duas alternativas: a) construir nova unidade de estação de tratamento da água, a

um custo estimado entre 6 e 8 bilhões de dólares, mais custo anual de manutenção estimado entre 300 e 500 milhões de dólares; b) estabelecer um amplo programa de manejo de bacias hidrográficas envolvendo todos os atores sociais da bacia, a um custo estimado de 1 a 1,5 bilhões de dólares ao longo de 10 anos. Esta segunda alternativa foi a escolhida e a fonte de seu financiamento foi a aprovação, pela população de Nova York, de um aumento em sua conta de água. De comum acordo com os donos das propriedades rurais da bacia hidrográfica, este financiamento foi aplicado em programas de subsídios, ou de pagamento de serviços ambientais, para todos aqueles que concordassem em melhorar as práticas de manejo e restaurar as matas ciliares.

No nosso país infelizmente há poucos mananciais ainda inteiramente protegidos, destacando-se a do Parque Estadual da Cantareira e a Reserva Estadual de Morro Grande, que fazem parte do sistema de abastecimento de água da grande São Paulo. O valor econômico destes mananciais protegidos por florestas naturais é, em geral, subestimado, ou mesmo não reconhecido, nem pela população e tampouco pelo poder público. O atual Aeroporto Internacional de Guarulhos, em São Paulo, por pouco não foi construído justamente na área do manancial da Reserva Estadual de Morro Grande. Sem dúvida, esta dificuldade de entendimento do valor sócio-econômico e ambiental de mananciais protegidos por florestas naturais faz parte das frequentes crises de abastecimento de água, que só tenderão a aumentar com o aumento da população e com o desmatamento.

2.1.3.2. Uma contribuição para a Gestão dos Recursos Hídricos no Âmbito do PCJ

O Plano de Bacias do PCJ oferece, em seus capítulos finais, inúmeras proposições para nortear o manejo da bacia hidrográfica como um todo, de forma bastante abrangente e consistente. Uma destas propostas está relacionada com o disciplinamento do uso do solo na área da grande bacia hidrográfica. Ou seja, deixa claro, nesse sentido, que a questão da conservação da água vai muito além do que apenas recompor a cobertura florestal.

O avanço da ciência Hidrologia Florestal, resultado do acúmulo de resultados produzidos em microbacias experimentais proporcionou, também, o melhor conhecimento do funcionamento hidrológico de microbacias, assim como sua importância para o manejo adequado dos recursos naturais. Por exemplo, a definição do que vem a ser uma bacia

hidrográfica é bastante simples e pode ser encontrada em inúmeros textos de hidrologia e geografia: área delimitada pelo divisor topográfico e que apresenta um sistema de drenagem bem definido. Mas, então, pode-se perguntar: o que isso tem a ver com a água e com o meio ambiente? Portanto, melhor do que apenas definir, talvez seja muito mais interessante discorrer conceitualmente sobre o papel das bacias hidrográficas no desenvolvimento sustentável.

Por exemplo, falar da bacia hidrográfica significa, basicamente, falar da água na natureza. Parece uma conceituação simplista, ou mesmo nebulosa, do que vem a ser uma bacia hidrográfica, mas na realidade esta afirmação contém a essência mesmo do conceito, da origem e do seu funcionamento. As bacias hidrográficas foram formadas, na evolução do tempo geológico, pela interação das chuvas com a superfície, no sentido de desenvolver condições para o armazenamento e a drenagem da água das chuvas ao longo da paisagem. Assim, cada bacia hidrográfica é única, pois é o resultado da interação do clima e da geológica ao longo do processo evolutivo de formação da paisagem.

A bacia hidrográfica, nesse sentido, constitui a manifestação bem definida de um sistema natural aberto e pode ser vista, assim, como a unidade ecossistêmica da paisagem, porque nela ocorre a integração dos ciclos naturais de energia, de nutrientes e, principalmente, da água. Desta forma, ela pode ser vista como uma condição muito singular e conveniente da definição espacial do ecossistema, dentro da qual é possível estudar e principalmente medir os efeitos e as interações entre o uso da terra e a quantidade e a qualidade da água (FALKENMARK; FOLKE, 2002; TETZLAFF et al., 2007).

Assim, o que esta conceituação procura evidenciar também, é que não se pode falar da água sem levar em conta a bacia hidrográfica. As características peculiares do recurso natural água tornam a 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 na bacia hidrográfica de onde ela emana. Portanto, de nada adianta querer restaurar um rio, um riacho, ou um ribeirão se as medidas não levarem em conta tudo que ocorre em sua bacia hidrográfica. Pela mesma razão, de nada adianta apenas restaurar as matas ciliares, se o manejo do solo continuar inadequado e não sustentável.

Existem as grandes bacias hidrográficas dos rios, como é justamente o caso da grande bacia do PCJ, e as infinitas bacias de menor tamanho, as bacias dos ribeirões, assim como as chamadas microbacias dos riachos e córregos. Em termos da eficácia das medidas de restauração ambiental e revitalização dos rios, ela decresce das microbacias para as macrobacias. Ou seja, o foco de um programa de revitalização ambiental de um rio tem que estar voltado para as microbacias que o formam. Da mesma maneira, a eficácia das medidas de conservação de uma dada microbacia hidrográfica decresce da mata ciliar para a proteção da superfície mesma do solo. Em outras palavras, a restauração da mata ciliar nas microbacias é uma medida necessária, mas não suficiente para o alcance do objetivo de conservação da água. É preciso também estabelecer medidas que conservam o aparentemente mais insignificante, mas na realidade o mais importante de todos os processos hidrológicos de funcionamento das microbacias que é a infiltração de água. Quando o solo se compacta, a infiltração da água diminui, afetando assim a recarga da água subterrânea, que alimenta a vazão durante a estação seca do ano.

E é na escala das microbacias hidrográficas que 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 etc. Estas 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. 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. E, neste sentido, 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 desta 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, mas inclui principalmente as cabeceiras de drenagem dos riachos, assim como outras partes da microbacia, às vezes situadas até mesmo na meia encosta, cuja característica principal é a permanência de condições saturadas de água na maior parte do tempo. É por isso que estas 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, ou seja, 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 estas características naturais, elas se tornam vulneráveis a perturbações, que de outra forma seriam normalmente absorvidas. É por isso que se diz que a água é o reflexo daquilo que fazemos com a bacia hidrográfica (LIMA, 2010).

A escala maior do rio, da macrobacia hidrográfica, é, portanto, o resultado final de tudo o que ocorre em escalas menores. E esta questão de escalas é muito importante. Os processos que determinam a sustentabilidade operam em várias escalas e é, portanto, fundamental que a conservação da água e do meio ambiente seja equacionada em todas as escalas. Caso contrário, o resultado obtido será, sem dúvida alguma, incompleto. E a microbacia hidrográfica, nesse sentido, representa uma das escalas mais importantes para o alcance da conservação ambiental, conforme ilustrado na Figura 1.

ESCALA MACRO Clima, paisagem, país	ESCALA MESO Microbacia hidrográfica	ESCALA MICRO Ações de manejo
<ul style="list-style-type: none"> • Chuvas • Balanço hídrico climático • Geologia • Legislação ambiental • Desenvolvimento sustentável 	<ul style="list-style-type: none"> • Integridade, • Resiliência e • Saúde ambiental das microbacias 	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas de manejo • Atividades de uso da terra • Alteração da paisagem • Impermeabilização da superfície • Compactação do solo

Figura 1. Ilustração da questão das diferentes escalas da sustentabilidade ambiental e da importância da microbacia hidrográfica como escala sistêmica de aferição tanto de sua integridade, resultado da interação evolutiva do clima com a geologia, assim como de sua resiliência ou saúde ambiental, que pode ser afetada pela ações inadequadas de manejo (LIMA, 2010).

O esquema apresentado na Figura 6 mostra que a integridade do ecossistema bacia hidrográfica é o resultado dos processos evolutivos da paisagem ao longo do tempo geológico. A água que emana de bacias hidrográficas mantidas em sua integridade, como sabemos, é de boa qualidade. Por outro lado, as ações impensadas do homem na paisagem podem degradar esta condição de integridade, podendo inclusive causar a degradação irreversível das bacias hidrográficas. O que importa então, é que essas ações sejam planejadas de forma sustentável, a fim de evitar essa degradação. E os resultados da pesquisa mostram que isso é perfeitamente possível.

A integridade ecossistêmica das microbacias em suas condições naturais, evidentemente fica comprometida pela necessidade de alteração da paisagem, porque senão não haveria como produzir alimentos nem o desenvolvimento da civilização. Mas a saúde ambiental das microbacias, essa sim é possível e desejável. A saúde ambiental das microbacias deve ser entendida como uma condição viável, um estado sustentável, de equilíbrio dinâmico, que seja compatível com a necessidade de uso dos recursos naturais para a produção de bens demandados pela sociedade. Implica, desta forma, na possibilidade de ocorrer mudanças em sua condição original, desde que seja garantida a sua sustentabilidade. Esta é a essência do chamado “manejo integrado de microbacias hidrográficas”.

A Figura 6 ilustra, também, a incoerência, tão em alta nos tempos atuais, do conflito entre os assim chamados “ambientalistas” e “ruralistas”. Quando a Legislação Ambiental estabelece suas normas, como é o caso, por exemplo, da proteção das Áreas de Preservação Permanente, o que ela busca, enquanto imposições legais que operam na escala macro, é manter a estabilidade hidrológica, a saúde ambiental e os serviços ambientais proporcionados por essa condição. Mas aparentemente do lado de cá, ou seja, na escala micro, as pessoas acham que com isso elas vão “perder áreas produtivas”, ou vão pagar por um crime que não cometeram. Ou seja, trata-se de uma disputa insólita, que não leva a nada. Tampouco resolve afirmar que os “ambientalistas” são financiados por países ricos, que querem produzir e deixar a missão de proteção ambiental apenas para o Brasil. Assim, essa conceituação de bacias hidrográficas acaba também facilitando o entendimento das nossas dificuldades de encontrar o caminho da sustentabilidade.

2.1.4. Entendendo Melhor a Relação entre Plantações Florestais e a Água

As florestas plantadas sempre estiveram na mira de discussões acaloradas em vários países do mundo, relacionadas com seus possíveis efeitos sobre os recursos hídricos, principalmente no que diz respeito ao elevado consumo de água. Tais discussões, longe de terminar, atingiram presentemente uma dimensão nova e muito significativa. 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 de cerca de 3 milhões de hectares por ano (STAPE et al., 2004). 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 no mundo todo (ZALEWSKI, 2000; WAGNER et al., 2002). Desta forma, desde que a floresta e a água são inseparáveis, estas evidências estão cada vez mais exigindo que o manejo das florestas plantadas deva incorporar a análise dos impactos hidrológicos potenciais de forma mais sistêmica.

As relações entre as florestas plantadas e a água vêm sendo estudados em vários países, através de diferentes modalidades e enfoques de pesquisa, tanto no nível da árvore isolada, quanto do talhão e também na escala de microbacias experimentais. Tais trabalhos incluem, por exemplo, o estudo de aspectos fisiológicos do consumo de água (WHITEHEAD;

KELLIHER, 1991; ROBERTS et al., 1992; CALDER et al., 1992; SOARES et al., 1997; REIS et al., 1997; MIELKE et al., 1999; ALMEIDA; SOARES, 2003; LIMA et al, 2003; LANE et al., 2004; ALMEIDA et al., 2007), o balanço hídrico de microbacias hidrográficas (SWANK; MINER, 1968; LESCH; SCOTT, 1997; SCOTT; LESCH, 1997; FAHEY; JACKSON, 1997; CÂMARA; LIMA, 1999; VITAL et al., 1999; SHARDA et al., 1998; OKI, 2002; ZHOU et al., 2002; SIKKA et al., 2003; LANE et al., 2004), o balanço hídrico do solo (LIMA et al, 1990; HARDING et al., 1992; HUBER et al., 1998); água subterrânea (RODRIGUEZ-SUAREZ et al., 2011) e os impactos hidrológicos das práticas de manejo florestal (LIMA, 1990; DIAS Jr., et al., 1999; STOTT et al., 2001; DIAS Jr. et al., 2003; PENNINGTON; LAFFAN, 2004; FERNANDEZ et al., 2004; CALDER, 2007; DYE; VERSFELD, 2007). Por outro lado, a literatura especializada conta também com alguns trabalhos de revisão sobre o tema, como os de Hibbert (1967), Bosch e Hewlett (1982), Calder (1992), Lima (1993), Andreassian (2004), Whitehead e Beadle (2004), Brown et al., (2005), Farley et al., (2005), Van Dijk e Keenan, (2007), Vanclay, (2009).

Em termos dos aspectos fisiológicos do consumo de água pelo eucalipto, por exemplo, talvez um dos pontos mais polêmicos destas discussões, o excelente trabalho de revisão publicado por Whitehead e Beadle (2004) analisa praticamente todos os aspectos que devem ser levados em conta para a análise objetiva do consumo de água, em termos de taxas de transpiração, dinâmica dos estômatos, índice de área foliar, eficiência de uso da água, perdas por interceptação e balanço hídrico. Uma das principais conclusões é a de que o eucalipto não consome mais água por unidade de biomassa produzida do que qualquer outra espécie vegetal.

Todavia, a despeito destas recentes evidências, as campanhas contra o eucalipto e as dúvidas a respeito de seu impacto sobre a umidade do solo continuam muito comuns tanto no Brasil quanto em outros países (ACIAR, 1992; CAMINO; BUDOWSKI, 1998; COSSALTER; PYE-SMITH, 2003). Não há dúvida de que esta situação paradoxal está indicando a necessidade de se avaliar estas relações entre florestas plantadas e a água de uma forma diferente, pois pode muito bem ser o caso de que estas reclamações populares e estas campanhas contra o eucalipto não dizem respeito somente à questão de quanta água ele consome, mas sim de que maneira o manejo das florestas plantadas está usando a água disponível e como fica a qualidade da água como consequência das práticas de manejo. Em

outras palavras, a questão fundamental a ser abordada na relação florestas plantadas e A água deve envolver sim o consumo da água, mas deve, com certeza, incluir muitas outras considerações tais como a qualidade da água, a sedimentação, a qualidade do ecossistema aquático, a hidrologia da microbacia, a permanência dos fluxos de base, o controle dos picos de vazão, assim como o princípio fundamental de equidade ao acesso à água (NAMBIAR; BROWN, 1997; LIMA, 2004). Esta nova percepção da sociedade para com o uso racional dos recursos naturais, sem dúvida, está claramente implícita no conceito multidimensional do manejo florestal sustentável (NAMBIAR, 1999; GAYOSO et al., 2001; NARDELLI; GRIFFITH, 2003; WANG, 2004).

Todavia, como parte mesmo desta polêmica, existe também a percepção de que as florestas plantadas em larga escala para o abastecimento industrial não devem fazer parte deste conceito de manejo florestal sustentável, com o argumento de que são, na realidade, cultura de árvores, caracterizada pela homogeneidade e pelo objetivo primário de produção de madeira, semelhante ao sistema convencional de produção agrícola (SAA; VAGLIO, 1997). Este argumento, além de não contribuir em nada para o equacionamento da dimensão ambiental, já que a agricultura, causa impactos hidrológicos significativos, tampouco encontra respaldo no conhecimento contemporâneo dos sistemas biológicos. De fato, como bem argumenta Perry (1998), a estratégia de manejo visando a produção de madeira e a estratégia de manejo florestal sustentável não são antagônicas. Muito pelo contrário, a manutenção da produtividade florestal ao longo do tempo depende crucialmente de sua integração com a manutenção dos aspectos ecológicos e hidrológicos ao longo da paisagem.

Assim, um aspecto importante para o entendimento das relações entre as florestas plantadas e a água é a questão da escala do uso da terra. Em outras palavras, a busca do manejo florestal sustentável das florestas plantadas tem que considerar sua característica inerente de múltiplas dimensões e de múltiplas escalas. Esta estratégia incorpora a noção da microbacia hidrográfica, como unidade sistêmica da paisagem e como escala natural dos processos hidrológicos envolvidos no balanço hídrico, na qualidade da água, no regime de vazão e na saúde do ecossistema aquático. Ela possibilita, também, uma visão mais abrangente das relações entre o uso da terra, seja para a produção florestal, a produção agrícola, a abertura de estradas, a urbanização, enfim, toda e qualquer alteração antrópica da paisagem, e a conservação dos recursos hídricos. E quem sabe, assim, a sociedade acabará

percebendo que o problema da diminuição da água e da deterioração de sua qualidade, não está apenas nas florestas plantadas, mas numa infinidade de outras ações antrópicas e de práticas inadequadas de manejo (LIMA, 2004).

O clássico trabalho de revisão de Hibbert (1967) já afirmava claramente que o desmatamento aumenta a produção de água nas microbacias, assim como o reflorestamento diminui esta produção de água. Mas este autor foi também muito cuidadoso em sua revisão, alertando para o fato de que a análise dos inúmeros resultados disponíveis mostrava claramente que estes efeitos eram altamente variáveis de lugar para lugar e, em alguns casos, imprevisíveis.

Assim, levando em conta os trabalhos de revisão mais recentes, que incluíram um número maior de resultados e de condições experimentais, o que se tem que entender é que existe, de fato, a possibilidade de que as florestas plantadas e o manejo florestal podem influenciar a quantidade de água na escala da microbacia. Como afirmado por Versfeld (1996), parece ser uma política sensata ter em conta que não se precisa mais de outras pesquisas para provar que as florestas consomem água, ou que as florestas plantadas têm um consumo da mesma ordem de grandeza das florestas naturais. O que se deve agora é direcionar os esforços para a busca de soluções para os conflitos que decorrem tanto do aumento da demanda pela água, quanto do reconhecimento, pela sociedade, de outros usuários deste recurso natural escasso que antes não eram levados em conta, como é, por exemplo, a questão da vazão ecológica e da qualidade do ecossistema aquático.

Com relação à variabilidade dos resultados, Andreassian (2004) esclarece a respeito de alguns dos pré-requisitos para a ocorrência de impactos significativos da floresta sobre a quantidade de água na microbacia. Um destes requisitos seria o solo, principalmente em termos de sua profundidade. Em solos rasos, as diferenças no consumo de água entre a floresta e uma vegetação de menor porte, como as gramíneas, seriam restritas apenas à diferença nas perdas por interceptação entre as duas coberturas vegetais. O outro requisito são as condições climáticas, principalmente em termos do regime de chuvas. Quando a distribuição das chuvas ao longo do ano possibilita que a evapotranspiração ocorra sempre à taxa potencial, então as condições de rugosidade aerodinâmica do dossel florestal podem aumentar o consumo de água, principalmente em decorrência da maior quantidade de energia advectiva disponível, comparativamente a uma vegetação de menor porte.

Na Austrália, na bacia hidrográfica que abastece a cidade de Melbourne, um incêndio florestal queimou enormes áreas da floresta natural de *Eucalyptus regnans*. A germinação do banco de sementes foi vigorosa após este episódio, permitindo uma regeneração de elevada quantidade de mudas por hectare. Este crescimento vigoroso, o qual pode ser entendido como similar à substituição da floresta natural por plantação mencionado anteriormente, foi também acompanhado de uma redução significativa (300 a 400 mm) na produção anual de água nas microbacias experimentais instaladas na área. Vários trabalhos foram publicados a respeito dessa transformação. Kuczera (1987), por exemplo, acompanhando os dados do monitoramento ao longo do crescimento da nova floresta, apresentou uma hipótese a respeito da variação do consumo de água à medida que a floresta regenerada em alta densidade avança em idade. Portanto, existe na fase de crescimento rápido da floresta regenerada uma sensível redução na produção de água na microbacia, a qual provavelmente atinge o máximo à idade de 15 anos, tendendo a diminuir com a maturação da floresta. Ou seja, em idades mais avançadas, as plantações florestais começam a apresentar comportamento hidrológico similar ao de florestas naturais.

Estas relações entre as plantações florestais e a água vêm, também, sendo estudadas no nosso país há muito tempo. Por exemplo, os possíveis impactos hidrológicos são decorrências não da existência das plantações florestais em si, mas sim como resultado de complexas interações com o clima e o solo (LIMA et al., 2010). Muito mais importante, trabalhos experimentais mostram, também, que é perfeitamente possível exercer controle dessas interações, visando eliminar ou diminuir eventuais impactos, por ações sustentáveis de manejo (FERRAZ et al., 2012; LIMA et al., 2012).

Com relação aos possíveis impactos hidrológicos sobre a qualidade da água, a literatura mostra também vários trabalhos a respeito, principalmente em termos das atividades mais intensivas do manejo florestal, como é o caso da colheita, por exemplo. Estes trabalhos mostram que estas atividades podem causar aumentos significativos na concentração de sedimentos em suspensão no riacho, assim como perdas de solo e de nutrientes, o que pode ser prejudicial tanto à qualidade da água quanto à qualidade do ecossistema aquático (STOTT et al., 2001; SIKKA et al., 2003; DIAS Jr. et al., 2003; FERNANDEZ et al., 2004; PENNINGTON; LAFFAN, 2004).

Também conforme já comentado, este possível impacto das florestas plantadas sobre a quantidade de água nas microbacias pode ser mais ou menos severo, dependendo das condições hidrológicas regionais prevaletentes, assim como na disponibilidade natural de água, em termos do balanço entre a precipitação média e a demanda evapotranspirativa de água (LIMA et al., 2010).

Todavia, a despeito destas evidências, a necessidade de sua incorporação em políticas de manejo integrado das microbacias ainda não se encontra totalmente consolidado, tanto no Brasil como em outros países da América Latina. E as consequências aparecem reiteradas vezes, na forma de pressões ambientalistas, de dúvidas e reclamações de proprietários rurais e mesmo de artigos e opiniões na imprensa, sempre reiterando a noção falsa de que as florestas plantadas são necessariamente incompatíveis com a conservação ambiental e com a manutenção dos recursos hídricos. Integrar, portanto, os objetivos de manutenção e conservação da água no plano de manejo das florestas plantadas, em termos da hidrologia da microbacia, balanço hídrico, qualidade da água, regime de vazão (fluxo de base e pico de vazão) e qualidade do ecossistema aquático parece ser a resposta mais adequada a estas inquietudes (TWERY; HORNBECK, 2001).

2.2. Ecologia da Paisagem no Manejo de Bacias Hidrográficas e Serviços Ambientais Ecossistêmicos na Conservação dos Recursos Hídricos

2.2.1. Ecologia da paisagem

A paisagem é uma extensa área formada por um aglomerado de ecossistemas, ou mosaico de áreas distintas (manchas) que se interagem funcionalmente (TURNER, 1989). Entende-se por mancha uma unidade espacial, representando uma área contígua, espacialmente definida, que tenha características espaciais e não-espaciais distintas da sua vizinhança. A definição é ampla e dinâmica, e varia dependendo das escalas temporal e espacial, de acordo com o fenômeno de interesse (WIENS, 1976).

Com o avanço tecnológico, as paisagens naturais foram substituídas por áreas urbanas e rurais. As alterações em áreas naturais têm sido muito drásticas desde a revolução industrial, causando problemas ecológicos, os quais podem ser avaliados pelas alterações na estrutura e função da paisagem, as quais são objetos de estudo da Ecologia da Paisagem.

A Ecologia da Paisagem enfoca três características da paisagem: a estrutura, relação espacial entre os distintos ecossistemas presentes; a função, interações entre os elementos espaciais; e, a mudança, alteração na estrutura e função do mosaico ecológico ao longo do tempo (FORMAN; GODRON, 1986). A origem do termo “Ecologia da Paisagem” teve suas raízes na região centro-leste européia, onde geógrafos começaram a ver a paisagem não somente pelo seu componente estético (como os paisagistas), mas como a entidade espacial e visual do espaço humano. A concepção de Ecologia da Paisagem nos Estados Unidos da América foi inicialmente influenciada por cientistas naturais, preocupados com a relação do padrão de distribuição de plantas e animais (biogeografia) com o meio físico e antrópico (NAVEH; LIEBERMAN, 1993). Mais tarde, engenheiros florestais, agrônomos e arquitetos, preocupados com o planejamento do uso da terra, se interessaram pela Ecologia da Paisagem. O conceito “manejo de paisagem” surgiu da aplicação dos conceitos da Ecologia da Paisagem ao manejo de ecossistemas naturais.

A paisagem pode ser descrita pela sua estrutura, a qual refere-se ao arranjo espacial relativo de seus elementos e as conexões entre eles. Ela representa tanto características espaciais (arranjo geográfico, por exemplo) e não espaciais (composição, por exemplo) de seus elementos (TURNER, 1989).

Para a aplicação prática dos conceitos da Ecologia da Paisagem deve-se considerar que, como uma proposta holística e integrada de manejar recursos, o manejo dessas paisagens envolve decisões baseadas em complexas interações de fatores bióticos e abióticos (LACHOWSKI, 1994). As facilidades que o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas oferecem para processamento e análise de dados espaciais tornam essas técnicas fundamentais para o diagnóstico, a análise e a modelagem da paisagem (LUCIER, 1994). Os avanços recentes dessas técnicas têm tornado possível o processamento de dados para grandes áreas e, por isso, elas têm sido amplamente utilizadas em estudos de paisagens florestais (SACHS et al., 1998).

A heterogeneidade espaço-temporal dos ecossistemas influencia os processos ecológicos. Os fluxos de nutrientes e sedimentos, por exemplo, são processos mais evidentes influenciados pela paisagem. Rios e córregos expressam acima de tudo a variância local e a heterogeneidade da paisagem em que estão inseridos (WIENS, 2000). O conhecimento da relação da influência dos ecossistemas terrestres nos ecossistemas aquáticos é crucial no

manejo dos sistemas aquáticos (LIKENS; BORMANN, 1974). A relação paisagem-água tem ganhado importância ultimamente, fazendo com que a heterogeneidade presente em torno dos rios seja vista como “paisagem ribeirinha” e que os conceitos da ecologia da paisagem sejam aplicados aos ecossistemas aquáticos (WIENS, 2002).

Nesta mesma linha, a preocupação com os fatores bióticos que afetam os processos hidrológicos resultou no surgimento do termo “Ecohidrologia”, que pode ser definido como o estudo das interrelações funcionais entre a hidrologia e biota na escala de microbacia (ZALEWSKI, 2000). Considerando-se que o componente biótico de maior interferência hidrológica é a vegetação, o manejo ecohidrológico da paisagem pode ser entendido como o manejo da vegetação considerando as suas inter-relações hidrológicas, na escala de microbacia hidrográfica. Em outras palavras, este manejo se preocupa em entender como o tipo de vegetação, condição, posicionamento e suas interações com o meio físico podem interferir nos processos hidrológicos tanto no ambiente terrestre (paisagem) como no ambiente aquático (riachos, por exemplo).

O componente vegetal de maior influência hidrológica é o do extrato arbóreo, sendo que sua expressão é maximizada no contexto de floresta, a qual passa a ser o componente biótico da paisagem de maior importância para a conservação dos processos hidrológicos na microbacia. Para descrever o papel da floresta nos processos hidrológicos, é necessário entender os serviços que a mesma pode oferecer em termos hidrológicos, os quais fazem parte do conjunto de seus serviços ecossistêmicos.

2.2.2. Serviços ecossistêmicos da floresta x paisagem

O termo “serviço ecossistêmico” é mais atual e substitui o termo “serviço ambiental” ainda amplamente utilizado como referência às funções ecológicas desempenhadas pelos ecossistemas. Ele pode ser definido como a capacidade que a natureza tem de fornecer benefícios para a qualidade de vida e saúde humana. Os serviços ecossistêmicos são classificados em 4 categorias: produção, regulação, suporte e culturais. Eles incluem produção de alimentos, combustíveis, fibras, regulação do clima, controle de pragas, benefícios espirituais, entre outros (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003). As florestas oferecem serviços nas 4 categorias, sendo que os que são mais relevantes para o ciclo hidrológico são os de suporte e regulação.

A floresta exerce um importante papel na proteção dos mananciais, sendo responsável pela manutenção de diferentes serviços ecossistêmicos essenciais para manutenção da quantidade, qualidade e regulação da água em riachos. Para o manejo da floresta é necessário entender os seus diferentes serviços ecossistêmicos que estão associados a sua posição na paisagem (Figura 2).

Por exemplo, a floresta contribui para o processo de infiltração da água no solo (I), já que a cobertura florestal intercepta a água da chuva, diminui sua velocidade, mantém a umidade do solo, permitindo que o processo de infiltração ocorra de forma lenta. Este processo é particularmente mais importante em partes altas do terreno com solos mais profundos, pois permite maior armazenamento de água no solo. Estas áreas são protegidas pelo Código Florestal Brasileiro que estabelece que sejam preservadas áreas localizadas em topos de morros, enquadradas na categoria de Áreas de Preservação Permanente (APP).

No entanto, a efetividade deste serviço dependerá das condições do ambiente florestal como estrutura da floresta, altura das copas, sub-bosque, matéria orgânica do solo, interferência antrópica (no caso de vegetação nativa) ou tipo de manejo (no caso de plantios florestais). Portanto, a simples presença da floresta não garante a infiltração da água no solo já que florestas degradadas podem não apresentar todas as condições citadas anteriormente, fazendo com que seja reduzida a efetividade do serviço ecossistêmico. Também, fica claro que o plantio de áreas com espécies arbóreas (incluindo essências nativas com técnicas adequadas) não resulta imediatamente na prestação de serviço, o qual tende a ser mais efetivo gradualmente com o desenvolvimento da floresta até sua maturação e estabelecimento de novo equilíbrio, podendo inclusive não atingir o mesmo nível oferecido por florestas naturais sem distúrbios antrópicos.

A proteção do solo (S) é particularmente importante em áreas mais declivosas, onde a força da gravidade dificulta o processo de infiltração, direcionando a água para o escoamento superficial, o qual causa impactos de diversas ordens, com destaque para os processos erosivos. A cobertura florestal então exerce função de proteção do solo, reduzindo o escoamento superficial e beneficiando a infiltração mesmo nestas áreas. Da mesma forma como citado anteriormente, a função de proteção do solo dependerá das características da floresta e suas condições de conservação.

Embora outras coberturas vegetais possam desempenhar a função de proteção do solo, a floresta nativa (madura) é a cobertura mais indicada por suas características de interceptação, sub-bosque, serapilheira, raízes e baixa intervenção humana, as quais são contribuem pelas menores taxas de erosão observadas, e conseqüentemente, menor produção de sedimentos que causam assoreamento e alterações diversas nos ecossistemas aquáticos (rios e lagos). As áreas de alta declividade são inclusive protegidas pelo Código Florestal Brasileiro que obriga a manutenção de vegetação nativa em áreas com declividade igual ou superior a 45 graus. Em virtude da dificuldade de utilização destas áreas para agricultura pela declividade, solos normalmente rasos e pedregosos, além de baixa fertilidade, estas áreas apresentam vocação natural para a cobertura florestal.

É importante observar que durante eventos extremos de chuva, em algumas situações, mesmo a proteção oferecida pelas florestas naturais não é suficiente para conter deslizamentos em áreas declivosas e enchentes nas áreas mais baixas, os quais são ocorrências naturais que fazem parte da hidrologia local e da dinâmica florestal nestas áreas. O volume de água destes eventos num curto período de tempo, as características geológicas, solos rasos e a alta declividade são elementos que tornam inevitáveis tais ocorrências (FAO, 2005). Mesmo assim, deve-se ressaltar que a floresta nativa é a cobertura mais indicada e distúrbios como desmatamento, ocupações e modificações em sua estrutura aumentam a probabilidade de catástrofes desta natureza.

Outra importante função diz respeito a proteção ripária (R) oferecida pela vegetação florestal. Esta proteção envolve aspectos físicos relacionados ao sombreamento do canal, criação de microclima adequado para manutenção da temperatura da água, entre outros. Mas a floresta nativa é responsável também por importantes interações com o ecossistema aquático incluindo a entrada de material vegetal, fornecimento de alimento e estruturação do habitat aquático (NAIMAN et al., 2005). Este papel da floresta, somente pode ser exercido de maneira apropriada se a mesma contiver a estrutura e composição de espécies nativas da região, motivo pelo qual não é recomendado o uso de florestas exóticas na zona ripária.

No Brasil, as áreas ripárias são protegidas pelo Código florestal que estabelece diferentes larguras de faixas de proteção (APP), em função da largura do canal considerado. Segundo a referida Lei, as APPs tem função de proteção dos corpos d'água e também devem funcionar como corredores ecológicos. O estabelecimento da largura ideal de proteção que

garanta os serviços ecossistêmicos citados é motivo de discussão técnica e política atual em torno das alterações do Novo Código Florestal Brasileiro. Discussões a parte, dois fatos importantes devem ser considerados em planejamento ambiental: estas áreas abrigam áreas hidrologicamente sensíveis e a faixa que garante a efetividade dos serviços ecossistêmicos é variável, o que explica a dificuldade técnica de estabelecimento de uma regra geral válida para todo o país.

As áreas hidrologicamente sensíveis (AHS) ou áreas variáveis de afluência (AVA) são áreas da paisagem, geralmente situadas em torno de corpos d'água, mas também existentes em encostas, que recebem grande fluxo de água de áreas à montante e que por suas características físicas como topografia plana, solo raso, baixa condutividade hidráulica do solo entre outras, apresenta frequência maior de saturação do que outras áreas (HEWLETT; HIBBERT, 1967). A intensidade e frequência de saturação dependem das condições citadas e também do regime de chuvas a que estão submetidas, sendo que sua condição de saturação é frequente no período chuvoso, mas no período seco depende da ocorrência de chuvas. Estas áreas são consideradas sensíveis do ponto de vista do manejo, já que sua condição de saturação aumenta o risco de impactos físicos causados por máquinas e manejo do solo, e químicos já que poluentes são conduzidos diretamente para o corpo d'água por escoamento direto (AGNEW et al., 2006).

Estas áreas apresentam funções específicas, ou serviços ecossistêmicos importantes que são potencializados pela proteção florestal, podendo-se dizer que esta associação entre a biota e o meio abiótico formam um ecossistema intermediário (ou ecótono), também conhecido como ecossistema ripário que apresenta características diferenciadas. Dentre as funções hidrológicas deste ecossistema pode-se citar a retenção de nutrientes e sedimentos provenientes da encosta melhorando a qualidade da água (Q), a regulação do fluxo de água no canal (F) pela atenuação dos fluxos superficiais e sub-superficiais e alimentação do fluxo base após o término do evento de chuva, contribuindo para a produção de água (D).

Embora estas áreas apresentem características importantes para a proteção do corpo hídrico, é um equívoco atribuir-se a elas toda a responsabilidade de “filtrar” ou corrigir o manejo inadequado do solo nas áreas à montante da microbacia. Ou seja, a existência destas áreas não exime a responsabilidade de um bom manejo do solo e práticas adequadas agrícolas nas demais áreas.

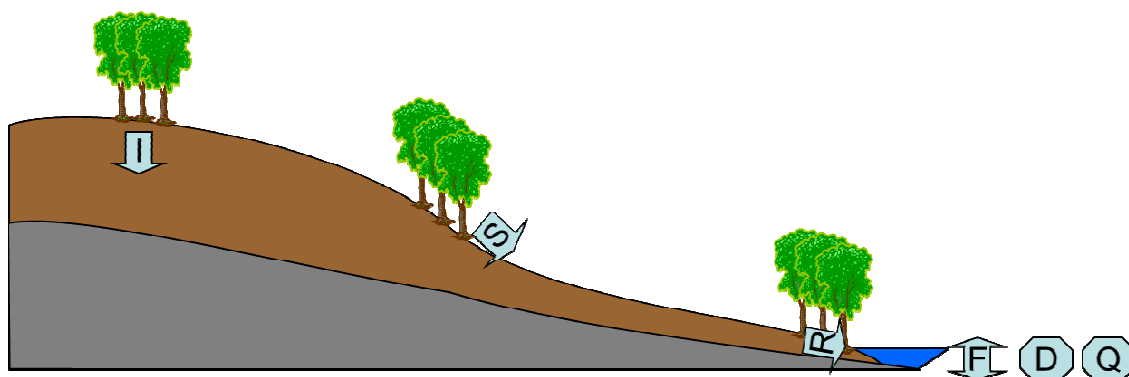


Figura 2. Serviços ecossistêmicos beneficiados pela cobertura florestal (I = infiltração; S= proteção do solo; R=proteção ripária) e processos hidrológicos influenciados (F = regulação de fluxo; D = produção de água; Q = qualidade da água)

Como já foi demonstrado anteriormente, a posição da vegetação na paisagem é determinante para diferentes serviços ecossistêmicos. Os processos de infiltração e escoamento superficial dependem, portanto da capacidade da vegetação em facilitar ou dificultar estes processos, principalmente em eventos de chuva, estabelecendo uma relação chuva-vazão que é característica da interação do meio abiótico e biótico na microbacia. Vários modelos vêm sendo utilizados para predição desta relação e estes são particularmente importantes no dimensionamento de estruturas hidráulicas como canais, pontes e tubulações. No entanto, a maior parte dos modelos é baseada em equações empíricas que consideram a proporção de cada uso do solo na área de contribuição (ou bacia) à montante da posição da estrutura no terreno. Esta abordagem simplificada que considera somente a proporção de floresta e não sua posição pode não ser adequada para uma avaliação correta da função hidrológica da cobertura florestal, embora seja útil para o dimensionamento de estruturas.

Para ilustrar o efeito da posição da floresta em relação à rede de drenagem, na Figura 3 são exemplificadas duas bacias compostas por pastagem e floresta. Supondo que as bacias tenham as mesmas características físicas, composição e disposições distintas de seus componentes, provavelmente os serviços ecossistêmicos prestados pelas florestas nas bacias são diferentes nos dois casos. Enquanto que na bacia A, o componente floresta poderá garantir maior proteção à região das cabeceiras, na bacia B a maior proteção estará diretamente ligada ao canal principal. Portanto, é possível que a mesma quantidade de

floresta em uma bacia hidrográfica esteja desempenhando diferentes serviços ecossistêmicos, de acordo com sua posição da paisagem.

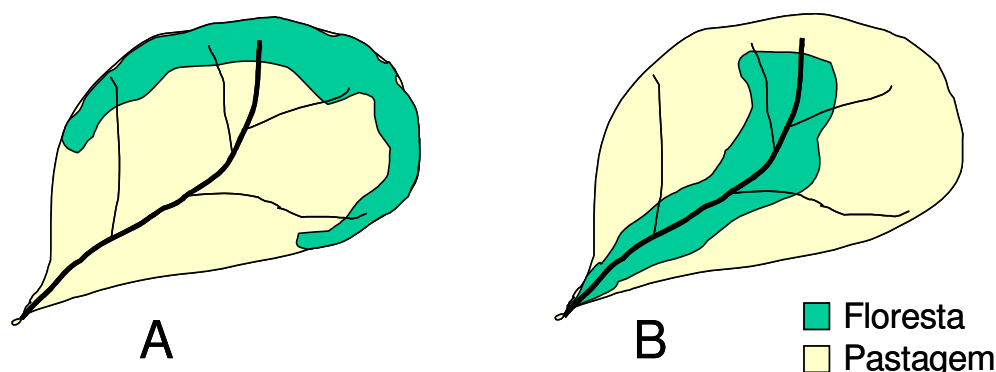


Figura 3. Exemplo ilustrativo de diferentes configurações espaciais dos componentes da paisagem em relação à rede de drenagem em uma bacia hidrográfica

Para todos os serviços ecossistêmicos citados anteriormente, fica claro que o desempenho da floresta depende de suas condições estruturais e de manejo. Desse modo, em ecossistemas antropizados como os agroecossistemas que dominam a paisagem brasileira (excluindo-se a Amazônia), a crescente demanda por tais serviços vem levando a ações de restauração e uso de plantios florestais como forma de recuperar serviços ecossistêmicos prejudicados pela ação antrópica.

As ações de restauração são benéficas e devem ser conduzidas em áreas antropizadas buscando melhorar suas condições ambientais, no entanto, é preciso entender claramente em que condições a floresta poderá contribuir para serviços ecossistêmicos, evitando-se assim falsas expectativas sobre seu desempenho. Na Figura 4 são apresentados os potenciais teóricos de desempenho de diferentes coberturas florestais em relação aos principais serviços ecossistêmicos citados, relacionados às funções hidrológicas.

Nota-se que a floresta nativa madura e sem interferência antrópica apresenta os potenciais máximos de desempenho em todas os serviços ecossistêmicos considerados. A presença de floresta fragmentada, ocupando porções da paisagem apresenta potencial reduzido de exercer funções hidrológicas, dependendo de sua proporção na bacia bem como de seu posicionamento, conforme já foi comentado anteriormente.

Florestas nativas em estágios iniciais (plantios ou processos de regeneração) têm também o seu potencial de oferecimento de serviços ecossistêmicos bastante reduzidos, por ainda não apresentarem as características importantes como copa, estrutura, sub-bosque, serapilheira, solos, etc. Na medida em que a floresta se desenvolve, o potencial de serviços aumenta, sendo que alguns serviços poderão atingir o nível de desempenho similar à da floresta madura em diferentes tempos. Por exemplo, é possível que a proteção do solo ocorra com o fechamento das copas das árvores, no entanto, o potencial de infiltração dependerá da matéria orgânica e ação das raízes na melhoria das condições do solo florestal.

É importante também destacar o papel das florestas plantadas no oferecimento de serviços ecossistêmicos relacionados aos processos hidrológicos. Excluindo-se as funções das florestas ripárias e de corredores ecológicos, os plantios florestais podem oferecer serviços ecossistêmicos, dependendo da espécie, rotação e sistema de manejo. O desempenho destas áreas manejadas quando comparadas às áreas nativas é normalmente inferior, mas assim mesmo a cobertura florestal oferecida por estes ecossistemas apresenta melhor desempenho em funções hidrológicas do que outras coberturas agrícolas.

As florestas plantadas de rápido crescimento como *Eucalyptus*, normalmente são manejadas em curtas rotações (6-7 anos) oferecendo a partir do fechamento das copas (2-3 anos) serviços de interceptação e proteção do solo, não tão eficientes quanto à vegetação nativa mas com vantagens em relação às coberturas de menor porte. Os serviços de produção de água e regulação do regime de vazão, geralmente apresentam baixo desempenho neste tipo de floresta em função da grande demanda de água ocorrida nas rotações curtas, reduzindo o deflúvio na microbacia e alterando o regime de vazão em função da demanda de água e interferências causadas pela retirada da floresta a cada rotação (Lima, 2010).

O desempenho dos plantios florestais nestes serviços dependerá da espécie e tipo de manejo empregado, da disponibilidade hídrica regional e das características físicas locais, sendo que manejo mais intensivos normalmente reduzem o potencial de funções hidrológicas. Em função disto, o manejo de longa duração de florestas plantadas, como menor intervenção e possibilidade de maturação do ambiente florestal, apresentam melhor desempenho em todas as funções hidrológicas, inclusive na produção de água e regulação do regime de vazão dos riachos.

O aumento da cobertura florestal nativa na paisagem, aumenta o potencial de oferecimento de serviços ecossistêmicos, independentemente da cobertura dominante (matriz). Desse modo, plantios florestais entremeados à áreas de vegetação nativa, conseguem obter melhores desempenhos em todas os serviços ecossistêmicos, pois a floresta nativa complementa as funções desempenhadas pelos plantios florestais, melhorando a performance deste ecossistema também na proteção ripária (quando a vegetação nativa ocupa as áreas ripárias), produção de água e regulação do regime de vazão (pela menor demanda de água, maior potencial de armazenamento, e maior efeito tampão nas áreas ripárias).






Cobertura florestal	Serviços ecossistêmicos					
	I	S	R	D	F	Q
Nativa madura 	MA	MA	MA	MA	MA	MA
Nativa (Inicial/Interm) 	B-M	B-M	MB-B	B	B	B
Plantio florestal (rápido crescimento) 	M-A	M-A	MB	B-M	M	A
Plantio florestal (crescimento lento) 	A	M-A	MB	M-A	A	A
Plantio florestal + floresta nativa 	A	A	M-A	B-M	A	A

Figura 4. Comparação do potencial de serviços ecossistêmicos (I = infiltração, S = proteção do solo, R = proteção ripária, F = regulação de fluxo; D = produção de água; Q = qualidade da água) oferecidos por diferentes coberturas florestais sob manejo (MB = muito baixo, B = baixo, M = médio, A = alto e MA = muito alto).

O manejo da paisagem visando a conservação da água deve estar baseado no planejamento do uso da terra com a preocupação de garantir a melhor ocupação de áreas específicas importantes para os processos de infiltração, proteção do solo e interação com o ambiente aquático. A floresta nativa (madura) reconhecidamente exerce um papel importante para a garantir tais processos, sendo a melhor opção para tais áreas. No entanto, florestas

em diferentes estágios de conservação, desenvolvimento ou mesmo plantios florestais podem não desempenhar integralmente os serviços ecossistêmicos. Neste caso, o manejo destas florestas deverá ter como objetivo a recuperação de funções hidrológicas.

Embora as florestas desempenhem papel fundamental nos processos hidrológicos, elas ocupam pequenas proporções da paisagem em áreas agrícolas. Neste caso, somente o bom manejo do solo e da área agrícola será capaz de fazer com que os benefícios gerados pelas áreas florestais não sejam suprimidos pelos impactos causados na área agrícola.

2.3. Restauração de Áreas Degradadas para Conservação dos Recursos Hídricos

2.3.1. Conceitos e fundamentos

A Restauração Ecológica refere-se, principalmente, à necessidade de recuperação de certas características, relacionadas principalmente à estrutura e funcionamento, de ecossistemas naturais em processo de degradação ou já degradados, sendo vista como uma ciência recente (ou como uma área da ciência), que surgiu em função dos desafios de se recuperar e/ou manter a capacidade dos ecossistemas em fornecer bens e serviços ao longo do tempo (OLIVEIRA, 2011).

Para Palmer (2006) a Teoria Ecológica apresenta conceitos, modelos preditivos e modelos matemáticos para explicar padrões e processos em sistemas ecológicos; a Ecologia da Restauração é o processo científico de desenvolver teorias para guiar a restauração e, por sua vez, a Restauração Ecológica é a prática de restaurar sistemas ecológicos degradados.

Para Higgs (2005) a Restauração Ecológica também consiste em um conjunto de práticas que compõem todo o campo da restauração, contudo, incluiria também a base científica da Ecologia da Restauração e todo um arcabouço político, tecnológico, econômico, social e cultural do envolvimento humano nesse campo.

Nas discussões atuais sobre a restauração ecológica nota-se uma série de colocações sobre a necessidade de um permanente “diálogo” entre a teoria e a prática (ou entre a ciência e a técnica) e a influência da sociedade (em termos culturais, econômicos, sociais, políticos, etc.) nas demandas, necessidades e desafios dessa área (OLIVEIRA, 2011).

O conceito de Restauração prevê a reprodução das condições naturais anteriores às modificações realizadas em uma determinada área, o que pode ser considerado um grande desafio dependendo das causas que geraram essas modificações, do tipo de uso dado à área em questão e, até mesmo, das limitações técnicas e financeiras. Por essa razão, o termo Restauração é pouco usual e o termo Recuperação tem sido empregado com mais frequência, pois muitos técnicos e acadêmicos têm reconhecido as dificuldades ainda existentes relacionadas aos conhecimentos e às técnicas necessárias à restauração (OLIVEIRA, 2011).

Não existe um conceito unificado e completamente aceito para o termo Restauração Ecológica, assim como ocorre em outras áreas, ciências ou linhas de pensamento. Contudo, a

partir da revisão de artigos e trabalhos nota-se uma clara sobreposição entre o que se entende por Reabilitação e Restauração de ecossistemas, ou seja, muitas definições dadas ao termo Reabilitação contêm os mesmos elementos e objetivos conferidos atualmente à Restauração Ecológica (OLIVEIRA, 2011).

A necessidade de restauração advém de um conjunto de fatores que causam grandes alterações que interrompem ou impossibilitam a dinâmica, o funcionamento e a sustentabilidade dos diferentes ecossistemas, gerando como desafio atual, o desenvolvimento de práticas e estratégias efetivas de restauração que auxiliem a reparação dos grandes danos ecológicos, em larga escala, que nos foram deixados no último milênio (OLIVEIRA, 2011). Vale ressaltar que pode haver um limite irreversível de degradação, a partir do qual a restauração não é mais possível.

A restauração efetiva requer uma ampla compreensão dos sistemas naturais degradados e dos sistemas-alvo, ou seja, aqueles pretendidos pela restauração; além das características particulares do sítio degradado e da auto-ecologia das espécies-alvo. Por essa razão, faz-se necessário um conhecimento empírico e diretamente aplicável a determinadas situações e locais específicos (HOBBS; HARRIS, 2001; BELYEA, 2004).

Para Aronson e Vallejo (2006) a restauração se torna efetiva quando existe coerência entre quatro componentes: (i) compreensão dos aspectos históricos, geográficos e ecológicos do processo de degradação; (ii) recursos técnicos e institucionais para reagir à transformação e degradação dos ecossistemas; (iii) recursos técnicos e institucionais de monitoramento; (iv) orçamentos factíveis com os objetivos ecológicos e econômicos para a reparação dos ecossistemas.

O componente mais importante de um projeto de restauração consiste na definição de seu objetivo, o qual deve ser o mais realista possível, pois define as expectativas, direciona os planos de ação e determina o tipo e a extensão do monitoramento que será realizado (EHRENFELD, 2000).

Para Whisenant (1999) objetivos realistas devem considerar a extensão da degradação, o potencial ecológico do local, o uso do solo pretendido e as restrições sócio-econômicas. Levando-se em consideração que os ecossistemas naturais são essencialmente dinâmicos (e não estáticos ou previsíveis), o processo de restauração, ao invés de definir uma determinada composição de espécies como objetivo final, deveria redirecionar os processos

fundamentais do ecossistema para uma trajetória diferenciada daquela definida pela degradação (OLIVEIRA, 2011).

Ao longo dos anos, o termo restauração foi comumente utilizado de uma forma equivocada, com o significado de “retorno ao estado original do ecossistema”, difundindo assim erroneamente que os objetivos da restauração seriam praticamente impossíveis de se alcançar (OLIVEIRA, 2011). Restaurar integralmente os ecossistemas, retornando-os às condições originais, vem a ser um objetivo praticamente impossível, devido as suas características dinâmicas e a quase total inexistência de registros históricos que possam descrever sua estrutura e função originais. Assim, o retorno ao estado de pré-intervenção humana, é um objetivo não realista e não factível, já que a estrutura dinâmica dos ecossistemas demonstra que suas características se alteram em escala espacial e temporal, ou seja, não há um estado final correto a se buscar (ENGEL; PARROTTA, 2003; HOBBS, 2007).

Por essa razão, algumas definições mais recentes do conceito de Restauração, apresentam uma tendência em se diminuir, gradativamente, a alusão à utilização do ecossistema original e suas características estruturais e funcionais, como alvo ou objetivo final da restauração. Da mesma forma, a utilização do conceito de Restauração como tentativa de se auxiliar a recuperação, ou buscar um estado mais próximo quanto possível do original, torna os objetivos mais factíveis e, ao mesmo tempo, permite considerações e definições específicas para diferentes ecossistemas, em diferentes condições (OLIVEIRA, 2011).

A cobertura vegetal original tem sido modificada ao longo de centenas de anos no Estado de São Paulo, resultando como consequência desse processo, paisagens altamente fragmentadas e com baixa conectividade entre esses fragmentos remanescentes, além de uma reduzida biodiversidade e altos riscos de extinção local de espécies (AIDE, 2000; KAGEYAMA et al., 2003).

Como tentativa de minimizar os danos causados pelos impactos inerentes à remoção da cobertura vegetal original e os processos de degradação advinda das ações humanas sobre os ecossistemas florestais tropicais, foram criadas áreas de conservação da biodiversidade, implantadas áreas florestais utilizando espécies exóticas para produção de madeira e outros produtos com o intuito de diminuir a pressão sobre os recursos madeiros

de áreas naturais, e foram adotadas ações de recuperação, reabilitação e restauração de áreas florestais degradadas (OLIVEIRA, 2011).

A restauração florestal atualmente se constitui em uma necessidade face ao amplo processo de fragmentação sofrido pelos ecossistemas e fisionomias florestais, pela necessidade de recuperação da capacidade desses ecossistemas em prestar ou fornecer uma ampla gama de serviços ambientais, e de reinserção do componente florestal na paisagem rural do país (OLIVEIRA, 2011).

As áreas prioritárias para a restauração devem primordialmente ser definidas levando-se em consideração as características peculiares de cada região. Por outro lado, alguns autores apontam de maneira geral, que nos trópicos deve ser dada uma especial atenção às seguintes áreas: habitats para espécies que apresentam populações reduzidas a níveis críticos; áreas ripárias; áreas degradadas dentro de reservas naturais ou bordas de remanescentes naturais; corredores conectando áreas florestais isoladas; áreas com risco de erosão e deslizamento; áreas tampão dentro e entre plantações florestais; áreas mineradas; áreas de ocorrência de espécies ameaçadas; e matrizes com uso agrícola permeadas por fragmentos florestais remanescentes (LAMB et al., 1997; LAMB; GILMOUR, 2003).

A restauração florestal no Brasil sempre esteve fortemente associada ao retorno ou à manutenção de serviços ambientais, embora este seja um termo recente. O principal motivador da restauração florestal, historicamente, vem sendo a proteção dos recursos hídricos, sendo que as primeiras experiências conhecidas de restauração no Brasil foram datadas no século XIX e já apresentavam este enfoque. Da mesma forma, as primeiras pesquisas em restauração florestal também foram realizadas devido à necessidade de manutenção de alguns serviços ambientais relacionados aos recursos hídricos (manutenção da qualidade e da quantidade de água) e atribuídos às matas ciliares; além de contenção de processos erosivos e de perda de solo, necessidade de cumprimento de passivos ambientais por grandes empresas e a ausência de tecnologia apropriada para que essa restauração fosse eficiente (OLIVEIRA, 2011).

Embora, como visto, um dos grandes objetivos da restauração florestal seja o retorno dos serviços ambientais associados principalmente aos recursos hídricos, são quase que inexistentes publicações científicas que evidentemente mensuram tais serviços em relação ao retorno do componente arbóreo à paisagem.

Oliveira (2011) realizou uma extensa revisão bibliográfica avaliando os parâmetros utilizados em mais de 40 trabalhos científicos para avaliar o sucesso da restauração florestal. De acordo com a autora, o método mais utilizado para avaliação dos plantios de restauração relaciona-se com o levantamento de parâmetros de crescimento (altura, diâmetro, biomassa, densidade, diâmetro e cobertura de copa, área basal, etc.), seguido por avaliações iniciais de taxas de sobrevivência e crescimento das mudas plantadas. Este fato demonstra que não é possível afirmar do ponto de vista científico que o crescimento por si só das espécies arbóreas reflita proporcionalmente em um retorno dos serviços ecossistêmicos esperados, devido principalmente à ausência de medições destes serviços.

Diante do acima exposto, reforça-se a necessidade de que os projetos de restauração levem em consideração que apenas a inserção do componente arbóreo na paisagem pode não ser suficiente para o retorno e/ou a manutenção dos serviços ecossistêmicos esperados. É necessário que o processo de restauração da paisagem seja planejado com o intuito de reaver a integridade ecológica do ecossistema, contudo, deve contemplar também o aumento do bem estar das populações humanas inseridas nessas paisagens degradadas ou desflorestadas (OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Mansourian (2005) essa restauração mais equilibrada do ponto de vista ecológico e social deve: i) ser implementada na escala de paisagem, ou seja, o planejamento da restauração contextualiza elementos sociais, econômicos e biológicos da paisagem; (ii) ser voltada à restauração de locais estratégicos como, por exemplo, habitats para determinadas espécies e locais para estabilização de solos; (iii) ter dimensões ecológicas e sócio-econômicas, ou seja, deve estimular o envolvimento e o engajamento das populações humanas na restauração; (iv) enfocar as causas de degradação e da perda de áreas florestais; (v) optar pela utilização de técnicas diversas para a restauração em diferentes situações levando-se em consideração às condições locais; (vi) enfatizar a qualidade, e não só a quantidade de florestas; (vii) buscar restaurar todo um conjunto de bens, serviços e processos ao invés de somente a cobertura florestal em si.

2.3.2. Aplicações dos conceitos e fundamentos na atualização do Plano Diretor Florestal PCJ

O Plano Diretor para Recomposição Florestal do PCJ visa a produção de água nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Como visto nos temas anteriores, o plantio de espécies arbóreas por si só não é capaz de garantir a produção de água em uma bacia ou microbacia hidrográfica, pois fatores como as práticas agrícolas adotadas, a drenagem urbana, a posição das florestas na paisagem e o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água afetam de forma mais determinante o que é chamado de produção de água, ou seja, a conservação, a manutenção ou o aumento dos recursos hídricos na escala abordada pelo Plano de Recomposição Florestal transcende as atividades relacionadas à restauração de áreas degradadas. Contudo, é necessário ressaltar que este fato não diminui a importância ambiental da inserção do componente arbóreo na área agrícola.

Um projeto robusto de restauração apresenta entre os objetivos a restituição dos valores da conservação em porções específicas da paisagem produtiva, preferencialmente através da integração da produção e da conservação; e a garantia de que os usos da terra dentro dessa paisagem não tenham impactos negativos ou adversos aos processos ecológicos ali existentes (OLIVEIRA, 2011).

Da mesma forma, faz-se necessário que tanto projetos de restauração quanto projetos de recomposição florestal levem em consideração, além das características físicas da paisagem (solo, relevo, topografia, etc.), as características sociais, econômicas e culturais (pólos industriais e urbanos, mananciais de abastecimento de água, áreas irrigadas, etc.), pois são esses os fatores que muitas vezes determinam a abundância ou a escassez de água de uma determinada região devido ao desequilíbrio entre oferta e demanda.

2.4. Modelos de Simulação Hidrológica para Manejo de Bacias Hidrográficas (quantitativa e/ou qualitativa)

2.4.1. Considerações iniciais

Este capítulo tem por objetivo apresentar conceitos iniciais sobre modelagem hidrológica e apresentar alguns modelos utilizados no Brasil. Para informações mais detalhadas sugere-se a leitura de Tucci (2005).

Primeiramente precisamos definir (ou lembrar) que um modelo é a representação de algum objeto ou sistema com o objetivo de entendê-lo e buscar respostas para diferentes entradas (TUCCI, 2005). O desenvolvimento de um grande número de modelos com diferentes prioridades de representação dos processos e dos objetivos a serem alcançados foi (ou é) motivado pela heterogeneidade física da bacia e dos processos envolvidos. A quantidade e a qualidade dos dados hidrológicos, além da dificuldade de formular matematicamente alguns processos e a simplificação do comportamento espacial de variáveis e fenômenos, são as limitações básicas dos modelos hidrológicos (TUCCI, 2005).

2.4.2. Tipos de modelos hidrológicos

Existem diversas propostas de classificação dos modelos hidrológicos, que as vezes se sobrepõem. A seguir estão apresentadas as de RIGHETTO (1998), TUCCI (1998), LINSLEY (1981):

- **Modelo Determinístico:** as equações utilizadas para descrever as fases do ciclo hidrológico não contêm componentes aleatórias, assim, para uma determinada situação inicial, o modelo sempre produzirá a mesma resposta final;
- **Modelo Estocástico ou Probabilístico:** as formulações utilizadas na descrição do fenômeno contêm variáveis aleatórias que seguem alguma distribuição probabilística;
- **Modelo com embasamento físico:** reproduz todos os processos físicos através de equações matemáticas. A característica marcante deste modelo é que os parâmetros e as constantes das equações podem ser medidos ou determinados a priori, não necessitando de calibração. Sua utilização é restrita em função da dificuldade na obtenção de todos os parâmetros necessários.

- Modelo Conceitual e Semiconceitual: está baseado no entendimento conceitual do ciclo hidrológico, com a utilização de funções empíricas para explicar alguns dos subprocessos envolvidos. Procura representar, de maneira simplificada, todos os processos físicos conhecidos do ciclo hidrológico.
- Modelo Empírico ou “Caixa Preta” (Black Box): os resultados são obtidos através de ajustes de funções matemáticas. Estas funções não têm a finalidade de explicar os processos envolvidos, são apenas representações de um ajuste estatístico.
- Modelo Contínuo: desenvolvido para simular longos períodos de tempo. Este tipo de modelo deve considerar algum tipo de acumulação de umidade no solo.
- Modelo de Evento: aquele que simula um evento individual, dadas as condições iniciais.
- Modelo Concentrado (lumped): considera os dados de entrada e os parâmetros representativos da bacia como valores médios, válidos para toda área de estudo.
- Modelo Distribuído: os dados de entrada e as características da bacia variam no espaço. Estas informações podem ser distribuídas em sub-bacias ou em malhas.
- Modelo Simplificado: utiliza algoritmos deliberadamente simplificados ou usa grandes incrementos de tempo, para minimizar o esforço computacional.

A escolha do melhor modelo deve ser baseada no objetivo do estudo, a disponibilidade de dados e as dimensões da bacia.

As vantagens relacionadas a utilização de modelos hidrológicos são: baixo custo; velocidade; informação completa; criação de cenários diversificados; e proposição de cenários ideais (PESSOA et al., 1997). A possibilidade de criação de cenários, isto é, a simulação de condições diversas, é bastante utilizada. Por meio dela é possível investigar cenários alternativos, muitos deles ainda não explorados em experimentos reais.

2.4.3. Estágio atual do desenvolvimento de modelos hidrológicos.

Avanços importantes vêm sendo obtidos nas últimas décadas no desenvolvimento de modelos hidrológicos em escala de BH para aplicações práticas e suporte a decisões (BRUTSAERT, 2005). Entre as características dos modelos mais avançados está a de incorporar a distribuição espacial de várias informações e condições de contorno, como topografia, vegetação, uso da terra, características do solo, chuva e evaporação, e produzir resultados detalhados como umidade do solo, fluxos subterrâneos e de superfície, distribuição vertical da água no solo, dentre outras (TROCH et al., 2003a). Entretanto, mesmo com estes avanços, o uso destes modelos depende da qualidade dos parâmetros do modelo e de sua calibração (BROOKS et al., 2007).

Um dos tipos de modelos hidrológicos é o baseado em processos físicos, ou seja, baseia-se na solução de equações de mecânica de fluídos com condições limites apropriadas (ABBOTT; REFSGAARD, 1996). Uma de suas vantagens é a de poder ser usado para reduzir a quantidade de parâmetros do modelo (LOAGUE; VAN DER KWAAK, 2004), o que é muito útil no caso de modelos que são distribuídos (BEVEN, 1993).

Os modelos baseados em processos físicos podem ser divididos em três categorias (BITTELLI et al., 2010): com simplificação do espaço; com simplificação do domínio; e os que substituem equações físicas com modelos semi-empíricos.

Na primeira categoria estão os modelos hidrológicos distribuídos que, por considerarem a variação espacial das características da bacia, são adequados para a simulação das relações físicas complexas de BH (JAYAKRISHNAN et al., 2005). Alguns exemplos de modelos hidrológicos distribuídos baseados em processos físicos são: Variable Infiltration Capacity (VIC-2L) (LIANG et al., 1994); Large Area Runoff Simulation Model (LARSIM) (BREMICKER, 1998 apud Collischonn, 2001); Modelo de Grandes Bacias (MGB) (COLLISCHONN, 2001); European Hydrological System (SHE) (BATHURST et al., 1995); e CRITERIA3D (BITTELLI et al., 2010).

Na segunda categoria estão os modelos que descrevem uma parte específica do ciclo hidrológico, como, por exemplo: (i) o escoamento subterrâneo (com ou sem zona não saturada): CODESA3D (GAMBOLATI et al., 1999); SUTRA (VOSS; PROVOST, 2002); MODFLOW (HARBAUGH et al., 2000); (ii) escoamento na superfície do solo e na calha do

curso d'água: Gottardi; Venutelli (1993); e DiGiammarco (1996); e (iii) Hidrologia de encosta: Hillslope-storage Boussinesq (HSB) (TROCH et al., 2003b).

Na terceira categoria estão modelos que incluem muitos processos atualmente considerados relevantes para o balanço hídrico, erosão do solo e transporte de contaminantes, mas, as equações físicas utilizadas são simplificadas e foram desenvolvidos e validados para limites específicos. Desta categoria são exemplos: TOPMODEL (BEVEN et al., 1995); Generalized Loading Function (GWLF) (HAITH; SHOEMAKER, 1987); THALES (GRAYSON et al., 1992), Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (ARNOLD et al., 1998); Water Erosion Prediction Project (WEPP) (FLANAGAN et al., 1995); e Soil Moisture Distribution Routing (SMDR) (GERARD-MARCHANT et al., 2006).

A escolha do modelo está muitas vezes associada à disponibilidade de dados, mas, ao mesmo tempo, o planejamento para aquisição de dados está cada vez mais relacionado à estrutura do modelo escolhido. Com isso, deve-se fazer uma análise crítica entre os modelos mais simplificados e mais complexos em relação aos dados necessários e aos resultados obtidos, na qual, simulações mais detalhadas tenderão aos modelos distribuídos e baseados em processos físicos (CHEN et al., 1994; Van Der KWAAK; LOAGUE, 2001; LOAGUE; Van Der KWAAK, 2004).

Com o surgimento de computadores pessoais com alta capacidade de processamento e baratos, vem ocorrendo a implantação (DOWNER; OGDEN, 2004b), em modelos hidrológicos distribuídos, de algoritmos da Equação de Richards (ER) (RICHARDS, 1931), permitindo, com isso, a simulação e o entendimento de funções físicas complexas (JAYAKRISHNAN et al., 2005): umidade no perfil do solo; infiltração; excesso de infiltração; evapotranspiração e a recarga do LF. Alguns exemplos de modelos com estas características são: Abbott et al., (1986); Dawes; Hatton, (1993); Refsgaard; Storm, (1995); Van DAM; Feddes, (2000); Downer; Ogden, (2004b).

Modelos hidrológicos distribuídos com a ER foram utilizados com sucesso para a modelagem do nível do LF (ALBERTO; KIANG, 2003; RANZINI, et al., 2004) e também para a modelagem hidrológica do escoamento subterrâneo (DOWNER; OGDEN, 2004a).

O modelo Gridded Surface Subsurface Hydrologic Analysis Model (GSSHA) (DOWNER, 2002) além de conter características da primeira e da terceira categorias, pois, além de ser baseado em processos físicos e ser distribuídos, pode simular diversos

processos com equações semi-empíricas, conta ainda com a utilização da ER em seu processo de cálculo, embora seja resolvida em apenas uma dimensão, ao contrário do modelo CRITERIA3D.

2.5. Políticas Públicas Envolvendo Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA)

Existem diversas definições para PSA (ZOLIN et al., 2011), entre elas destaca-se:

- “PSA são esquemas flexíveis, mecanismos diretos e promissores de compensação, onde os prestadores de serviços são pagos pelos utilizadores do serviço (FÓRUM REGIONAL, 2004);
- Um sistema de pagamento por serviços ambientais deve obedecer a cinco critérios: existência de um serviço ambiental bem definido; existência de pelo menos um vendedor de serviços ambientais; existência de pelo menos um comprador para o serviço oferecido; transações voluntárias entre ambos os vendedores/compradores, e por fim, os pagamentos estão condicionados a um contrato sobre os serviços ambientais que realmente podem ser fornecidos (WUNDER, 2005).

No caso de uma bacia hidrográfica, os cinco critérios podem ser entendidos da seguinte forma (ZOLIN et al., 2011): os serviços a serem fornecidos são, por exemplo, a redução da erosão, aumento da cobertura vegetal e a infiltração de água. Os vendedores do serviço são os produtores rurais (donos das áreas estratégicas para o provimento dos serviços ambientais), que utilizam práticas conservacionistas em suas propriedades e assim contribuem para a melhoria dos recursos hídricos e conservação dos solos. Os compradores são os que estão a jusante da bacia e se beneficiam do serviço; as transações podem ser realizadas através de contratos específicos, intermediados pelos responsáveis do sistema de PSA, e os pagamentos podem ser realizados de acordo com o estabelecimento e o cumprimento de metas.

No Brasil existem várias iniciativas de PSA, como por exemplo: ICMS Ecológico; Programa de Desenvolvimento Socio-ambiental de Produção Familiar Rural (Proambiente); Bolsa Floresta; e o Projeto OÁSIS.

Na bacia do PCJ destaca-se o PSA do projeto “Conservador das Águas” na sub-bacia do ribeirão das Posses no município de Extrema em MG, por ser o primeiro do Brasil a implantar o conceito de PSA para proteção das fontes hídricas do município que fornece água para o sistema Cantareira (ZOLIN et al., 2011), responsável pelo abastecimento de mais de 50% da Região Metropolitana de São Paulo.

Esse projeto tem os seguintes objetivos específicos:

- Aumentar a cobertura vegetal e implantar micro-corredores ecológicos;
- Reduzir a poluição decorrente dos processos erosivos e da falta de saneamento;
- Garantir a sustentabilidade socioambiental dos manejos e práticas implantadas, por meio dos serviços ambientais.

E tem as seguintes metas de implantação:

- Adoção de práticas conservacionistas de solo, com finalidade de abatimento efetivo da erosão e da sedimentação;
- Implantação de Sistemas de Saneamento Ambiental; abastecimento de água, tratamento de esgoto e coleta de lixo;
- Implantação e Manutenção das Áreas de Preservação Permanente;
- Implantação através de averbação em cartório da Reserva Legal.

Espera-se que as práticas adotadas tenham reflexos (Zolin et al, 2011):

- na quantidade e qualidade dos recursos hídricos;
- redução da erosão; e
- diminuição da sedimentação das sub-bacias.

2.6. Caracterização Florística nas Bacias PCJ

Um dos efeitos das ações humanas sobre paisagens florestais é o crescimento das áreas degradadas e, conseqüentemente, de paisagens fragmentadas com baixa conectividade entre os fragmentos florestais remanescentes, biodiversidade reduzida e risco de extinção local de espécies (KAGEYAMA, GANDARA, OLIVEIRA, 2003).

Na tentativa de minimizar os efeitos dos processos de fragmentação e de degradação é possível manejar a paisagem por meio da restauração ecológica de ecossistemas, também chamada de restauração florestal. Para tanto, a restauração deve considerar a grande diversidade de espécies naturalmente existentes nessas florestas, especialmente, quando o objetivo é tentar reconstruir nessas áreas ecossistemas com um mínimo de forma e funções semelhantes ao original (KAGEYAMA, GANDARA, OLIVEIRA, 2003). Da mesma forma, o conhecimento da composição florística e da estrutura da vegetação se faz necessária para a fundamentação de planos de manejo criteriosos voltados aos remanescentes florestais (GAMA et al., 2002).

A Fitossociologia é uma área da Ecologia Vegetal que possui como objetivos o estudo, a descrição e a compreensão da relação das espécies vegetais presentes em um determinado ambiente (RODRIGUES; GANDOLFI, 1998). Assim, os estudos fitossociológicos permitem compreender o papel de cada espécie dentro de uma comunidade vegetal e contribuem para avaliar a influência de fatores climáticos, de solo e ações antrópicas na comunidade em estudo (GROMBONE et al., 1990).

Ano após ano, estudos básicos sobre a estrutura e dinâmica das florestas, especialmente, as florestas tropicais, vêm avançando significativamente, assim como experimentos de restauração das áreas degradadas também vêm se tornando cada vez mais comuns (KAGEYAMA, GANDARA, OLIVEIRA, 2003).

Na região das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí localizam-se importantes instituições de ensino e pesquisa relacionadas com a área das Ciências Biológicas. Por essa razão, o volume de informações relacionado à caracterização florística das diversas formações vegetacionais encontradas na região é grande, e pode ser comprovado por meio de centenas de artigos, teses e dissertações envolvendo este assunto.

Como pode ser observado na Tabela 1, em uma rápida busca por referências bibliográficas relacionadas à caracterização florística, nos municípios que abrangem a bacia hidrográfica do PCJ, foram encontrados 24 trabalhos, os quais estão distribuídos em 26 municípios. Essa pequena amostra de trabalhos demonstra o quão avançado esses estudos se encontram e as informações que estão disponíveis para subsidiar programas de restauração florestal e manejo de remanescentes florestais.

Tabela 1. Amostra de trabalhos científicos contemplando levantamentos florísticos realizados em municípios da bacia do PCJ.

Município	Nº de Artigos	Título	Autores	Ano
Águas de São Pedro	2	A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno*	RICARDO, R.R.	1999
		Análise Espacial das Áreas verdes Urbanas da Estância de Águas de São Pedro - SP	JESUS, S.C.; BRAGA, R.	2005
Americana	1	Árvores e Palmeiras Do Jardim Botânico Municipal Prefeito Carrol Meneghel, AMERICANA (SP)	SOUZA, V.C.; NALON, C.F.; TONON, D.	2013
Analândia	1	Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbatai - SP*	VALENTE, R.O.A.	2001
Atibaia	2	Estrutura Fitossociológica da floresta semidecídua de altitude do parque municipal da gruta funda (Atibaia - Estado de São Paulo)	GROMBONE, et al.	1990
		Um Estudo de Caso dos Impactos Sobre A Biodiversidade do Ecossistema na Região Bragantina do Estado de São Paulo*	SILVA, D.T.L.	2010
Bom Jesus dos Perdões	1	Um Estudo de Caso dos Impactos Sobre A Biodiversidade do Ecossistema na Região Bragantina do Estado de São Paulo*	SILVA, D.T.L.	2010
Bragança Paulista	2	Avaliação dos remanescentes florestais do município de Bragança paulista-sp e áreas adjacentes: Base para o estabelecimento de corredores ecológicos	TEIXEIRA, L.; ANDRADE, M.R. M.	2012
		Um Estudo de Caso dos Impactos Sobre A Biodiversidade do Ecossistema na Região Bragantina do Estado de São Paulo*	SILVA, D.T.L.	2010
Campinas	4	Composição florística da Reserva Municipal de Santa Genebra, Campinas, SP	GUARANTINI, M.T.G. et al.	2008
		Estudo Florístico e fitossociológico de uma floresta no município de campinas, com ênfase nos componentes herbáceo e arbustivo	BERNACCI, L.C.	1992
		Estrutura populacional de Astronium graveolens Jacq. (Anacardiaceae) em uma Floresta Estacional Semidecidual no sudeste do Brasil	FRANCI, L.C.; MARTINS, F.R.	2010
		Flora arbustivo-arbórea do fragmento de Floresta Estacional Semidecidual do Ribeirão Cachoeira, Município de Campinas, SP	SANTOS, K.; KINOSHITA, L.S.	2002

Tabela 1. Amostra de trabalhos científicos contemplando levantamentos florísticos realizados em municípios da bacia do PCJ (continuação).

Município	Nº de Artigos	Título	Autores	Ano
Capivari	1	A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno*	RICARDO, R.R.	1999
Charqueada	2	A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno*	RICARDO, R.R.	1999
		Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí - SP*	VALENTE, R.O.A.	2001
Corumbataí	3	O licenciamento ambiental de portos de areia da bacia do rio Corumbataí como instrumento para a recuperação de áreas de preservação permanente	VIEIRA, E.H.A.	2005
		Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí - SP*	VALENTE, R.O.A.	2001
		A regeneração natural como indicadora de conservação, de sustentabilidade e como base do manejo adaptativo de fragmentos florestais remanescentes inseridos em diferentes matrizes agrícolas	MANGUEIRA, J.R.S.A.	2012
Cosmópolis	1	Composição florística, estrutura e quantificação do estoque de carbono em florestas restauradas com idades diferentes*	PREISKORN, G.M.; COUTO, H.TT.Z.	2011
		Análise temporal da heterogeneidade florística e estrutural em uma floresta ribeirinha	BERTANI, D.F.; RODRIGUES, R.R.	2001
Ipeúna	3	A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno*	RICARDO, R.R.	1999
		Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí - SP*	VALENTE, R.O.A.	2001
Iracemápolis	2	Composição florística, estrutura e quantificação do estoque de carbono em florestas restauradas com idades diferentes*	PREISKORN, G.M.; COUTO, H.TT.Z.	2011
		A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno*	RICARDO, R.R.	1999
Joanópolis	1	Um Estudo de Caso dos Impactos Sobre A Biodiversidade do Ecossistema na Região Bragantina do Estado de São Paulo*	SILVA, D.T.L.	2010
Limeira	1	A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno*	RICARDO, R.R.	1999
Mombuca	1	A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno*	RICARDO, R.R.	1999
Nazaré Paulista	1	Um Estudo de Caso dos Impactos Sobre A Biodiversidade do Ecossistema na Região Bragantina do Estado de São Paulo*	SILVA, D.T.L.	2010
Paulínia	1	Caracterização da vegetação remanescente visando a conservação e restauração florestal no município de Paulínia - SP	MIACHIR, J.I. et al.	2009
Piracaia	1	Um Estudo de Caso dos Impactos Sobre A Biodiversidade do Ecossistema na Região Bragantina do Estado de São Paulo*	SILVA, D.T.L.	2010

Tabela 1. Amostra de trabalhos científicos contemplando levantamentos florísticos realizados em municípios da bacia do PCJ (continuação).

Município	Nº de Artigos	Título	Autores	Ano
Piracicaba	9	Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP	RICARDO, R.R. et al.	2007
		Estudos fisionômicos-florísticos e fitossociológicos, em matas residuais secundárias no município de Piracicaba, SP	CATHARINO, E.L.M.	1989
		Levantamento florístico e fitossociológico dos canteiros do Parque da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"	GOLDENBERG, R.; RODRIGUES, R.R.; ESSOE, B.	1991
		A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno*	RICARDO, R.R.	1999
		Sistemas Agroflorestais Para a recuperação de Fragmentos Florestais	AMADOR, D.B.; VIANA, V.M.	1998
		Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbatai - SP*	VALENTE, R.O.A.	2001
		Evolução Urbana e da Cobertura Vegetal de Piracicaba (1940 - 2000)	SPAROVEK, G.	2004
Rio Claro	4	Estrutura e Dinâmica das Populações Arbóreas de um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual na Região de Piracicaba, SP	NASCIMENTO, H.E.M.; DIAS, A. S.	1999
		Estrutura e dinâmica de eco-unidades em um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba, SP	NASCIMENTO, H.E.M.; DIAS, A. S.	1999
		Caracterização florística e fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta paludosa no Município de Rio Claro (SP), Brasil	TEIXEIRA, A.P.; ASSIS, M.A.	2005
		Composição florística, estrutura e quantificação do estoque de carbono em florestas restauradas com idades diferentes*	PREISKORN, G.M.; COUTO, H.TT.Z.	2011
Rio das Pedras	1	A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno*	RICARDO, R.R.	1999
		Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbatai - SP*	VALENTE, R.O.A.	2001
Santa Barbara D'Oeste	2	A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno*	RICARDO, R.R.	1999
		Composição florística, estrutura e quantificação do estoque de carbono em florestas restauradas com idades diferentes*	PREISKORN, G.M.; COUTO, H.TT.Z.	2011
Santa Gertrudes	2	A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno*	RICARDO, R.R.	1999
		Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbatai - SP*	VALENTE, R.O.A.	2001
São Pedro	1	A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno*	RICARDO, R.R.	1999
Vargem	1	Um Estudo de Caso dos Impactos Sobre A Biodiversidade do Ecossistema na Região Bragantina do Estado de São Paulo*	SILVA, D.T.L.	2010

*Artigo abrangendo mais de um município

3. CONSIDERAÇÕES SOBRE O PLANO DIRETOR DE RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL VISANDO A PRODUÇÃO DE ÁGUA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ

O Plano Diretor de Recomposição Florestal (PDRF) trata-se do documento final resultante do contrato entre a Prefeitura da Estância de Atibaia e a PROESP Eng. Ltda, datado de 2003. O objetivo do PDRF foi estritamente relacionado com a recomposição florestal visando aumentar a eficiência hídrica das bacias hidrográficas com maior potencial de produzir água.

Na grande bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ) a água atinge níveis preocupantes na estação seca. Dessa forma, a ideia central do PDRF foi a de utilizar a recomposição florestal visando aumentar o tempo de residência da água no sistema. Para identificar onde alocar os plantios foi utilizada a abordagem multicritério/único objetivo, pela qual os seguintes critérios foram considerados importantes: i) cabeceiras; ii) proximidade de fragmentos florestais; iii) proximidade de estradas; iv) proximidades de núcleos urbanos; v) suscetibilidade à erosão; vi) geologia e geomorfologia.

A seguir, são listados os principais pontos avaliados no PDRF.

3.1. Base Conceitual

O Plano Diretor, de uma forma geral, está baseado em algumas premissas frágeis do ponto de vista das relações existentes entre as florestas e os recursos hídricos. A começar pelo objetivo explícito no título do PDRF "... recomposição florestal visando a produção de água...", o qual reflete a opinião pública generalizada de que as florestas naturais, em todas as circunstâncias e em qualquer situação, são sempre benéficas para os recursos hídricos. Essa opinião atualmente deve ser avaliada levando-se em consideração a 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, é possível notar certa inconsistência quando o PDRF procura explicar os procedimentos para a seleção das microbacias consideradas ideais para o alcance dos objetivos estabelecidos no mesmo. O documento descreve que tais microbacias devem apresentar as seguintes características:

- “- a precipitação pluvial pode ser considerada como uniformemente distribuída no espaço sobre toda a bacia;
- a precipitação pode ser considerada como uniformemente distribuída no tempo;
- a duração das tormentas geralmente excede o tempo de concentração das bacias;
- a geração da água e sedimentos se dá principalmente pelo escoamento nas vertentes;
- os processos de armazenamento e de fluxo concentrado na calha do curso d'água são pouco importantes.”

Uma releitura destas características pode revelar sua nebulosidade. No item 3.2., por outro lado, o PDRF descreve sobre a “Produção de Água em Microbacias Hidrográficas”, uma conceituação por demais importante para o entendimento dos objetivos do plano. Segundo consta, o termo “Produção de água” deve ser entendido como “o manejo da água precipitada com o intuito de reter a quantidade excedente e que escoaria pela bacia hidrográfica no período chuvoso, através de barramento ou de técnicas de conservação que induzem à infiltração de água da chuva no solo”. Ou seja, a aplicação de diferentes técnicas que visem aumentar o tempo de residência de água na bacia. Portanto, esta definição pelo menos elimina a noção imediata que se pode ter de que basta recompor a floresta nativa para aumentar a produção de água. E deste modo, esta definição não é condizente com o objetivo do PDRF.

Mas, por outro lado, a inconsistência da proposta continua a existir quando a mesma se apegue firmemente à ideia de que o aumento da proporção de cobertura florestal (no fundo é isso que se propõe para as microbacias selecionadas) resulta em uma maior infiltração de água das chuvas na estação chuvosa, e que este volume infiltrado ficaria armazenado na sub-superfície e, desta forma, diminuiria a duração da escassez da vazão na estação seca.

Na realidade, esta proposta contém pelo menos duas fragilidades: a) parte do pressuposto de que existem, na natureza, as chamadas microbacias “geneticamente” favoráveis à produção de água, que seriam aquelas com condições de substrato geológico e

relevos que favoreçam os processos de infiltração, ou seja, microbacias de províncias geológicas mais permeáveis. É claro que microbacias de províncias geológicas mais permeáveis infiltram mais a água e isto inclusive pode ser notado pela diferença de sua densidade de drenagem, comparativamente com microbacias de mesma área, mas de províncias geológicas mais impermeáveis. Mas a conclusão de que essa maior infiltração de água vai regularizar a vazão na estação seca não se justifica; b) na literatura de hidrologia florestal, 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. Por outro lado, mesmo que se aceite a ideia de que havendo mais infiltração, haverá, também, maior recarga do aquífero, seria preciso, também, levar em conta a possibilidade de que essa maior recarga vai, invariavelmente, alimentar a vazão mínima em outra bacia. Ou seja, pode ser que ela venha a fazer parte de fluxos regionais de água subterrânea, que às vezes voltam a descarregar superficialmente mas em outras regiões.

Além disso, há de se considerar que a cobertura florestal apresenta um consumo maior de água que demais coberturas, especialmente em sua fase de crescimento anterior à estabilização ecológica. Desse modo, durante 30 ou 35 anos de crescimento florestal, é possível que o saldo de água resultante do processo de evapotranspiração seja pequeno, conforme já demonstrado em outras regiões (Kuczera, 1987) e também em florestas plantadas no Brasil (Ferraz et al., 2012).

3.2. Metodologia

Abordagem de priorização - outro ponto que chama atenção na proposta reside no fato de que nas três microbacias pilotos selecionadas (a partir desta pressuposição de “geneticamente” produtoras de água), as quais totalizam 3.572 ha, a proposta de recomposição florestal envolve o plantio de mudas de espécies florestais nativas em apenas 363 ha, ou seja, praticamente apenas 10% da área total. Não existe embasamento técnico e científico que permita inferir que o aumento de 10% da cobertura florestal nessa escala da paisagem possa causar mudanças significativas na dinâmica hidrológica das microbacias. Da

mesma forma, esta pequena mudança na cobertura florestal não teria condições de melhorar a situação dos recursos hídricos em toda a bacia do PCJ.

A abordagem de priorização de microbacias só faz sentido quando os objetivos são muito específicos, como por exemplo, equilibrar a oferta e a demanda de água de um determinado município. No caso da bacia do PCJ, a priorização de microbacias pode melhorar a conservação dos recursos hídricos localmente, mas não resolve o problema de toda a bacia. Atualmente, esta questão vem sendo tratada por meio de um planejamento sistêmico, onde toda a bacia é contemplada sendo que localmente, cada microbacia apresentaria suas prioridades distintas.

Definição dos objetivos do reflorestamento - no PDRF os serviços hidrológicos da floresta são tratados de forma genérica, não considerando que os mesmos são diversificados em função do tipo e/ou qualidade da floresta e principalmente, em função da sua posição no relevo. Esta abordagem genérica considera que qualquer floresta e em qualquer posição exerceria a mesma função, ou seja, o aumento da produção de água, o que não é real.

De forma geral, o título do PDRF indica que o objetivo da recomposição florestal é o aumento da produção de água, a metodologia (a qual será discutida a seguir) considera diversos serviços como, por exemplo, corredores ecológicos e, no final, privilegia a redução de processos erosivos, sendo que na prática os diversos projetos de reflorestamento são destinados principalmente ao plantio de espécies arbóreas nas Áreas de Preservação Permanente (APP). Com base nisto, é necessário que na definição dos locais a serem recompostos seja levado em consideração o serviço ecossistêmico almejado e a escala da paisagem mais adequada.

Critérios de priorização - conforme já mencionado anteriormente, a abordagem de priorização poderia ser mais adequada. No entanto, mesmo considerando esta metodologia, pode-se observar incoerência em relação aos critérios utilizados na determinação das áreas prioritárias para a recomposição florestal, cujo procedimento, foi baseada na análise de multicritérios, com pesos proporcionados por especialistas nos seguintes fatores: proximidade de nascentes; proximidade de fragmentos florestais; proximidade de estradas; proximidade de núcleos urbanos; susceptibilidade à erosão; geomorfologia e topografia e geologia. A não

ser pelos critérios “proximidade de estradas” e “proximidade de núcleos urbanos”, pode-se compreender a escolha dos demais. Contudo, apesar de serem benéficos para a conservação da biodiversidade estes critérios não contribuem diretamente para o objetivo principal. Da mesma forma, o PDRF justifica o critério “proximidade de nascentes” baseando-se estritamente na metragem estabelecida pelo Código Florestal. A fragilidade da justificativa desse critério reside em se basear apenas na legislação, que estabelece um limite fixo para a proteção da cabeceiras de drenagem e das margens de riachos. A lei é boa pois impõe limites ao uso do solo, porém é absolutamente ineficaz na maioria das situações de campo. As áreas ripárias, que ocorrem justamente nas cabeceiras de drenagem e nas margens dos cursos d’água, não guardam, na natureza, nenhuma simetria e tamanho pré-fixado, mas guardam, como uma de suas características principais, enorme variabilidade espacial e temporal. E é justamente essa variabilidade espacial e temporal que deveria merecer a proteção vegetal, ou seja, são áreas de nítida vocação de proteção dos serviços ecossistêmicos.

Com relação à metodologia de multicritérios, sua aplicação pode ser questionável devido à subjetividade dos pesos adotados, os quais devem estar amplamente amparados por técnicas que procurem identificar aspectos de concordância entre os especialistas consultados.

Planejamento por microbacias - no PDRF o conceito de planejamento por microbacias foi utilizado inadequadamente. "Planejamento por microbacias" consiste em considerar a escala da microbacia para o planejamento, ou seja, deve-se planejar o uso do solo "dentro" de cada microbacia, garantindo que cada uma tenha um bom manejo e auxilie na conservação dos recursos hídricos. Desta forma, se todas as microbacias forem bem planejadas, em consequência, ter-se-á um bom resultado para a bacia toda. No PDRF o planejamento (priorização) é feito na escala da bacia do PCJ (escala macro), sendo que posteriormente os resultados são sumarizados para a escala de microbacia, o que é completamente diferente do conceito original.

3.3. Resultados

Os resultados são apresentados na escala da bacia do PCJ (macro), porém não foram identificadas prioridades e/ou problemas locais, o que torna o plano distante dos conflitos que devem existir devido ao desequilíbrio entre a oferta e a demanda dos recursos hídricos na escala das microbacias. Além disso, o entendimento do contexto local em termos de uso do solo, economia entre outros aspectos poderia facilitar o direcionamento mais prático das ações de recomposição florestal.

Conforme já mencionado os resultados privilegiam os aspectos físicos da bacia, identificando áreas susceptíveis à erosão. Desse modo, os resultados obtidos pelo PDRF poderão ser utilizados principalmente como fonte de dados secundários sobre risco de erosão, aspecto certamente importante para o planejamento da recomposição na bacia.

Quando o PDRF detalha os critérios considerados, as “áreas mais erodíveis” são escolhidas como prioritárias para a recomposição florestal, pois “grande parte das áreas preferenciais de recarga está situada em locais com agricultura e vegetação natural”. Assim, o PDRF conclui, que “se os agricultores adotarem práticas conservacionistas, como terraceamento, plantio direto, desenho e conservação de estradas, proteção das matas de topo de morro, de encostas e de nascentes, então os recursos hídricos serão muito possivelmente beneficiados”. Ou seja, o plano toca em um ponto de extrema importância, que é a necessidade da participação de todos os atores sociais da bacia na proposta de conservação da água e de melhoria da regularidade da vazão e da qualidade da água na bacia do PCJ, mas que infelizmente é sempre colocado em segundo plano.

3.4. Considerações Finais

O PDRF atualmente não atende as necessidades de planejamento da recomposição na bacia do PCJ, principalmente por apresentar algumas inconsistências entre a metodologia utilizada e o objetivo principal. No entanto, o plano foi realizado na época com o nível de conhecimento disponível e representa um grande avanço de exercício de planejamento, o que pode ser considerado como um pioneirismo do Comitê PCJ e deve ser reconhecido por isto.

No entanto, face às deficiências atuais, o PDRF precisa ser atualizado, considerando novos conceitos e métodos mais adequados para que possa efetivamente ser utilizado como instrumento de planejamento florestal da bacia.

4. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO PLANO DE BACIAS

4.1. Análise global

Trata-se de um trabalho abrangente, que inclusive contempla análise geral similar a um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) de toda a bacia do PCJ. O texto, em geral, é consistente e cuidadoso. O mapa dos mananciais existentes na bacia, por exemplo, deverá ser útil como um dos critérios para a elaboração do Termo de Referência. A divisão proposta da grande bacia do PCJ nas principais sub-bacias, também pode ser interessante para nortear a segunda fase do trabalho.

O item “Projeto de Proteção dos Mananciais do Consórcio PCJ” é muito pertinente e bem elaborado. Discute, por exemplo, que estudos e projetos de restauração da mata ciliar são realizados desde 1991, e que já se discutiu também a formatação de programas de incentivo financeiro aos proprietários rurais que protegem mananciais em suas propriedades. O projeto aborda ainda a importância das propriedades rurais para a conservação da água. Trata-se de uma parte de excelente qualidade do Plano de Bacia (PB), no sentido de que não está restrito apenas ao reflorestamento, ou à restauração florestal, visando melhorar o rendimento hídrico da bacia, mas toca, de forma consistente e contundente sobre a questão delicada do envolvimento de todos os proprietários rurais no programa, mais ou menos similar ao que ocorreu, ou ocorre, na bacia de abastecimento da cidade de Nova York (Catskill).

Um ponto muito forte e positivo do PB deve ser realçado quando afirma que “a análise crítica das informações e dos dados evidenciou que os principais problemas para o aumento da produção de água no PCJ são: ocupação de áreas de elevada erodibilidade; ocupação de áreas que deveriam estar preservadas (ripárias); sistemas de produção agrícola em áreas declivosas e de solos rasos; desconhecimento das peculiaridades do ciclo hidrológico e; nenhum incentivo aos produtores rurais”.

Estas colocações são muito consistentes e tocam realmente no âmago da questão. É ilusão pensar que a restauração/recomposição florestal vai, isoladamente, resultar em alguma melhoria no rendimento hídrico da bacia hidrográfica. Esta ação, sem dúvida, é necessária, principalmente em termos da restauração do ecossistema ripário, pois é esse conceito que

deve ser o alvo da restauração, para se conseguir a recuperação dos serviços ecossistêmicos, sendo a água o principal desses serviços.

Mas é preciso, também, ter muito claro que a meta de melhoria das condições de disponibilidade de água no PCJ deve incluir, obrigatoriamente, a reorganização e o disciplinamento do uso do solo, pois a ocupação desordenada de áreas hidrologicamente sensíveis, como cabeceiras de drenagem e áreas ripárias das microbacias, assim como o desmatamento e a desfiguração da paisagem, foram os principais fatores negativos da degradação hidrológica das microbacias e, no conjunto, da degradação dos recursos hídricos na grande bacia do PCJ.

A divisão da bacia em sub-bacias é bastante interessante para delimitar suas cabeceiras de drenagem, e defini-las como áreas críticas para a restauração dos serviços do ecossistema, na escala MACRO. Aliada a esta escala MACRO, deve-se também realçar a questão que chamada de escala MESO, ou seja, a escala mesmo das microbacias, cuja saúde hidrológica é fundamental para a conservação da água. E também a questão do envolvimento do manejo, ou seja, dos proprietários rurais (escala MICRO).

O mapa de zoneamento da bacia do PCJ parece ser muito interessante, pois divide a grande bacia em 37 zonas. A Zona 1, por exemplo, engloba a região das cabeceiras da grande bacia, envolvendo Camanducaia, Extrema, Vargem, etc. Na apreciação desta proposta de zoneamento, não ficou muito clara a proposta de se sugerir a recomposição florestal apenas nas APA's de cada zona.

O item PROPOSIÇÕES E METAS do PB diz respeito às ações que visam à garantia do suprimento hídrico, onde se pode encontrar outra afirmação muito importante para o contexto: "Do ponto de vista da sustentabilidade hídrica, dois dos principais desafios que se interpõem para a presente e para futuras gerações, sem dúvida incluem a manutenção dos ecossistemas naturais e do equilíbrio ecológico."

Não resta dúvida sobre a consistência desta conclusão, ainda que a mesma careça de um esclarecimento adicional em relação à questão da "manutenção dos ecossistemas naturais". Esta meta ideal contrasta com a pujança mesma, em termos de desenvolvimento, da bacia do PCJ, o que necessariamente consiste em pressão constante para com o uso dos recursos naturais e expansão das áreas de produção. Ou seja, trata-se de duplo desafio e para vencê-lo é preciso ter em conta que se não é possível a manutenção da integridade dos

ecossistemas naturais, todavia é sim possível manter pelo menos a sua saúde, ou seja, o equilíbrio ecológico necessário para a manutenção da resiliência dos ecossistemas. E o respeito para com a preservação das áreas hidrologicamente sensíveis das microbacias vai justamente nesta direção, no sentido de que garante a manutenção de sua estabilidade hidrológica, ainda que as demais partes de sua área, que são afinal áreas de produção, possam atender a demanda da sociedade.

Outros fatores que foram considerados como essenciais para a garantia do suprimento hídrico no PCJ são: modelagem para a gestão da redução de perdas de água; barragens; reúso da água e, melhoria da qualidade da água (tratamento de esgotos, etc.)

O item "MONTAGEM DO PROGRAMA DE AÇÕES E INVESTIMENTOS: CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZO" descreve programas como:

- Desenvolvimento de sistema de informações e de planejamento dos recursos hídricos
- Monitoramento da quantidade e qualidade dos recursos hídricos
- Monitoramento dos usos da água
- Estudo visando a proteção da qualidade das águas subterrâneas
- Identificação e monitoramento das fontes de poluição da água
- Articulação institucional com entidades relacionadas com os recursos hídricos
- Tratamento de efluentes
- Projetos de contenção da erosão e efeitos da extração mineral
- Controle das fontes de poluição difusa
- Uso racional dos recursos hídricos e disciplinamento do uso da água na agricultura irrigada.

Ou seja, trata-se de propostas muito pertinentes que demonstram a consistência do PB, enquanto ações implementadas no âmbito da grande bacia hidrográfica do PCJ.

Por outro lado, outro programa listado diz respeito à Proteção e conservação dos mananciais e este, sim, de âmbito na escala das microbacias formadoras da grande bacia, cujas ações envolvem:

- recomposição da vegetação ciliar, cobertura vegetal e disciplinamento do uso do solo
- implantação do programa de Pagamentos por Serviços Ambientais
- Elaboração de projetos de viveiros florestais visando à produção de mudas de espécies nativas

- incentivo à recomposição da vegetação ciliar e de topos de morros
- fomento ao disciplinamento do uso do solo rural e urbano.

Está aí outro aspecto muito relevante, que é a questão das cidades. Pode-se dizer que as cidades e os núcleos urbanos só perdem para a agricultura em termos de impactos aos recursos hídricos e é, assim, imperioso ter em conta esse aspecto e estabelecer propostas e programas de resgate da saúde e estabilidade hidrológica das microbacias urbanas.

Enfim, a análise do PB como um todo, e principalmente de seu Programa de Ações de curto, médio e longo prazo, mostra claramente que o PB encontra-se muito bem elaborado, bem embasado, do ponto de vista do conceito de Manejo de Bacias Hidrográficas, além de estar abrangente e coerente.

4.2. Informações relevantes para o Plano Diretor de Recomposição Florestal

O Plano de Bacias contempla diversas informações que poderão ser utilizadas no Plano Diretor como, por exemplo:

Base cartográfica: todos os mapas produzidos sobre o meio físico, uso antrópico, zoneamento, entre outros são de interesse para o PDRF e poderão ser utilizados diretamente ou mediante atualização.

- Pag. 175: Vegetação: informações sobre a vegetação nativa ocorrente na bacia estão bem documentadas e adicionando-se informações sobre levantamentos florísticos na bacia poderão ser utilizados no planejamento da recomposição.
- Pag. 182: Susceptibilidade à erosão: informações derivadas do 1o. Plano Diretor Florestal, são relevantes para a caracterização de 1 dos serviços esperados pelas florestas: proteção ao solo.
- Pág. 215: Mananciais de interesse: informação que pode auxiliar a direcionar a priorização de áreas em função de demandas já identificadas.
- Pág. 216: Áreas protegidas: informações relevantes para o direcionamento de instrumentos de gestão para proteção de áreas ou aplicação de restrições de uso visando a conservação da água.

- Pág. 270: Planos diretores municipais: informações que poderão ser atualizadas e complementadas por mapas digitais em que o planejamento da bacia se confronta com as políticas locais. Este cruzamento será muito relevante para a identificação de conflitos de interesse (local x bacia) e direcionamento de políticas públicas.
- Pág. 305: Demandas: Conforme já citado anteriormente, as demandas direcionam os objetivos da recomposição e por consequência, as estratégias a serem adotadas.
- Pág. 388: Zoneamento de áreas problema: levantamento inicial dos principais problemas locais. Deve ser aprofundado para o estabelecimento das prioridades locais.
- Pág.: 415: Atividades de mineração: áreas críticas que serão passíveis de restauração e que devem ser tratadas de modo específico em termos de estratégias de recomposição.
- Pág.: 776: Conclusões: as conclusões do PB trazem direcionamentos importantes para a definição dos objetivos do PDRF.

5. LEVANTAMENTO DAS AÇÕES REALIZADAS NO ÂMBITO DO PLANO DIRETOR FLORESTAL

A contratante disponibilizou a lista de ações executadas no âmbito das bacias PCJ em relação ao Plano de Duração Continuada (PDC) 04 do Plano de Bacias PCJ: Conservação e proteção dos corpos d'água. Esse PCD é dividido em 4 linhas de trabalho:

- 4.01 – Estudos de viabilidade e aperfeiçoamento da legislação de proteção dos mananciais atuais e futuros;
- 4.02 – Estudos para implementação da política estadual de proteção e recuperação dos mananciais, com base na Lei nº9866/97;
- 4.03- Ações de recomposição da vegetação ciliar e da cobertura vegetal e disciplinamento do uso do solo; e
- 4.04 – Parceria com municípios para proteção de mananciais locais de abastecimento urbano.

Esse PDC é o único que tem o potencial de contemplar ações relacionadas ao Plano Diretor Florestal. Todas as ações encontradas estão apresentadas de forma resumida na Tabela 2 e nas Figuras de 5 a 9 e de forma detalhada nos Apêndice 1 e 2. Apenas não há projetos contemplados na linha 4.04.

De modo a auxiliar na interpretação dos dados levantados, em função da descrição de cada projeto, foi realizada a seguinte classificação:

- Estudo;
- Levantamento de informações;
- Recuperação de Mata Ciliar;
- Educação Ambiental; e
- Pagamento por Serviços Ambientais,

Tabela 2. Resumo das informações dos projetos financiados pelo FEHIDRO no PDC 4 do plano de bacias PCJ.

Item	Classificação	Objeto	Bacias e Sub-Bacias Beneficiadas	PDC (*)	Sub-Programa (**)	Repassé (Licitado)	% Executado	Situação
1	Estudo	PROJETO DE ESTUDO PARA PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BOM JARDIM	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPCA	4.01	R\$ 290.000,00	90	Em execução
2	Levantamento de informações	APA DE CAMPINAS: SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIBEIRÃO DAS CABRAS. 1ª ETAPA	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPCA	4.01	R\$ 43.200,00	100	Concluído
3	Estudo	PLANO DE GESTÃO PARA REMEDIAÇÃO E PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO ATIBAIA / RESERVATÓRIO SALTO GRANDE	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPCA	4.01	R\$ 67.800,00	100	Concluído
4	Recuperação de Mata Ciliar	PRIMEIRA ETAPA DE IMPLANT.DO PROGRAMA MUNICÍPIO PRODUTOR DE ÁGUA	Sub-Bacia do Rio Camanducaia	4 - CPCA	4.03	R\$ 301.600,00	0	Cancelado
5	Recuperação de Mata Ciliar	REVEGETAÇÃO DE MATA CILIAR - CÓRREGO BORDA DA MATA	Sub-Bacia do Rio Jaguari	4 - CPCA	4.03	R\$ 50.499,50	100	Concluído
6	Estudo	ESTUDO E PROJETO DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BOM JESUS DOS PERDÕES	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPCA	4.01	R\$ 111.000,00	0	Cancelado
7	Estudo	PROJETO DE REFLORESTAMENTO CILIAR - FAZENDAS MARINGÁ DO ATIBAIA, SANTA ROSA E SÍTIO SANTO ANTONIO	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPCA	4.03	R\$ 51.111,22	100	Concluído
8	Recuperação de Mata Ciliar	REFLORESTAMENTO CILIAR PARA PROTEÇÃO AOS MANANCIAIS, NAS BAC. DOS RIOS PIRACICABA CAPIVARI E JUNDIAI	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPCA	4.03	R\$ 289.830,00	0	Concluído
9	Recuperação de Mata Ciliar	PROJETO DE RECUPERAÇÃO E PRESERVAÇÃO DE NASCENTES EM JOANÓPOLIS	Bacias PCJ	4 - CPCA	4.03	R\$ 102.512,80	100	Concluído
10	Recuperação de Mata Ciliar	RECOMPOSIÇÃO DE MATA CILIAR DO RIO CAPIVARI	Bacia do Rio Capivari	4 - CPCA	4.03	R\$ 278.380,00	54	Em execução
11	Estudo	PLANO DIRETOR DE RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL DAS BACIAS PCJ	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPCA	4.03	R\$ 196.169,00	100	Concluído

Tabela 2. Resumo das informações dos projetos financiados pelo FEHIDRO no PDC 4 do plano de bacias PCJ (cont.).

Item	Classificação	Objeto	Bacias e Sub-Bacias Beneficiadas	PDC (*)	Sub-Programa (**)	Repasse (Licitado)	% Executado	Situação
13	Estudo	DIAGNÓSTICO DO ASSOREAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORUMBATAÍ, DESDE A NASCENTE DO RIO PASSA CINCO ATÉ A SUA FOZ NO RIO PIRACICABA - ETAPA III	Bacias PCJ	4 - CPCA	4.01	R\$ 150.355,70	100	Concluído
14	Recuperação de Mata Ciliar	RECOMPOSIÇÃO DE MATA CILIAR - Córrego Bandeirantes	Sub-Bacia do Rio Corumbataí	4 - CPCA	4.03	R\$ 37.149,97	100	Concluído
15	Educação Ambiental	NOVO MODELO DE PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	Bacia do Rio Capivari	4 - CPCA	4.03	R\$ 68.093,32	0	Cancelado
16	Recuperação de Mata Ciliar	REFLORESTAMENTO CILIAR E DE NASCENTES NAS SUB-BACIAS DOS RIOS ATIBAIA E JAGUARI, VOLTADO À GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	Bacias PCJ	4 - CPCA	4.03	R\$ 143.500,00	90	Em execução
17	Recuperação de Mata Ciliar	PROTEÇÃO DE MANANCIAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO E IMPLANTAÇÃO DE ÁREA PILOTO DE MATA CILIAR	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPCA	4.01	R\$ 150.535,67	100	Concluído
18	Recuperação de Mata Ciliar	PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPCA	4.02	R\$ 550.000,00	15	Em execução
19	Pagamento de Serviços Ambientais	RESTAURAÇÃO DAS MATAS CILIARES DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO MONTE ALEGRE	Sub-Bacia do Rio Camanduçaia	4 - CPCA	4.03	R\$ 338.787,00	83	Em execução
20	Recuperação de Mata Ciliar	PROJETO DE RESTAURAÇÃO DA VEGETAÇÃO CILIAR NA MARGEM ESQUERDA DA REPRESA PARAISO	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPCA	4.03	R\$ 183.256,60	0	Cancelado
21	Levantamento de informações	DIAGNOSTICO SÓCIOAMBIENTAL DAS MICROBACIAS DE CONTRIBUIÇÃO DOS RESERVATÓRIOS ATIBAINHA E CACHOEIRA - SP	Bacias PCJ	4 - CPCA	4.01	R\$ 308.815,00	87	Em execução
22	Pagamento por Serviços Ambientais	PROJETO CONSERVADOR DAS ÁGUAS	Sub-Bacia do Rio Jaguari	4 - CPCA	4.03	R\$ 218.965,00	100	Concluído
23	Recuperação de Mata Ciliar	RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE 10 HECTARES EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA REPRESA DO RIO ATIBAINHA	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPCA	4.03	R\$ 246.499,00	0	Cancelado

Tabela 2. Resumo das informações dos projetos financiados pelo FEHIDRO no PDC 4 do plano de bacias PCJ (cont.).

Item	Classificação	Objeto	Bacias e Sub-Bacias Beneficiadas	PDC (*)	Sub-Programa (**)	Repasse (Licitado)	% Executado	Situação
25	Recuperação de Mata Ciliar	REFLORESTAMENTO CILIAR PARA PROTEÇÃO DOS MANANCIAIS	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPCA	4.03	R\$ 168.911,50	0	Cancelado
26	Estudo	NOVO MODELO DE PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	Sub-Bacia do Rio Jaguari	4 - CPCA	4.01	R\$ 68.083,88	100	Concluído
27	Recuperação de Mata Ciliar	LIMPEZA, CONTENÇÃO E RECOMPOSIÇÃO DE VEGETAÇÃO CILIAR NAS MARGENS DO RIO JUNDIAI	Bacias PCJ	4 - CPCA	4.03	R\$ 399.354,42	0	Cancelado
28	Recuperação de Mata Ciliar	REFLORESTAMENTO DA VEGETAÇÃO CILIAR DAS MARGENS DO Córrego Goiabal e Sítio Alto no Município de Analândia	Sub-Bacia do Rio Corumbataí	4 - CPCA	4.03	R\$ 169.556,03	0	Cancelado
29	Pagamento por Serviços Ambientais	CONSERVADOR DAS ÁGUAS: PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS NA SUB-BACIA DO RIO JAGUARI, DE ACORDO COM A LEI MUNICIPAL Nº 2100/2005	Sub-Bacia do Rio Jaguari	4 - CPCA	4.03	R\$1.195.000,00	40	Em execução
30	Recuperação de Mata Ciliar	ESTUDO PARA RESTAURAÇÃO DE MATAS CILIARES NA BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA - MUNICÍPIO DE DOIS Córregos	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPCA	4.03	R\$ 603.194,40	0	Cancelado
31	Levantamento de informações	MARCAÇÃO DE MATRIZES FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE PIRACAIA.	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPCA	4.03	R\$ 266.555,00	0	Cancelado
32	Recuperação de Mata Ciliar	REFLORESTAMENTO DA VEGETAÇÃO CILIAR DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DAS MARGENS DO Córrego do Cavaleiro da Fazenda São Francisco no Município de Analândia.	Sub-Bacia do Rio Corumbataí	4 - CPCA	4.03	R\$ 137.587,30	0	Cancelado
33	Levantamento de informações	MARCAÇÃO DE MATRIZES FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE PIRACAIA-SP	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPCA	4.03	R\$ 266.555,00	0	Em análise

(*) 4 - CPCA - Conservação e Proteção dos Corpos D'água.

(**) 4.01 - Estudos de viabilidade e aperfeiçoamentos da legislação de proteção dos mananciais atuais e futuros.

4.02 - Estudo para implantação da política estadual de proteção e recuperação dos mananciais, com base na lei nº 9.866/97.

4.03 - Ações de recomposição da vegetação ciliar e da cobertura vegetal e disciplinamento do uso do solo.

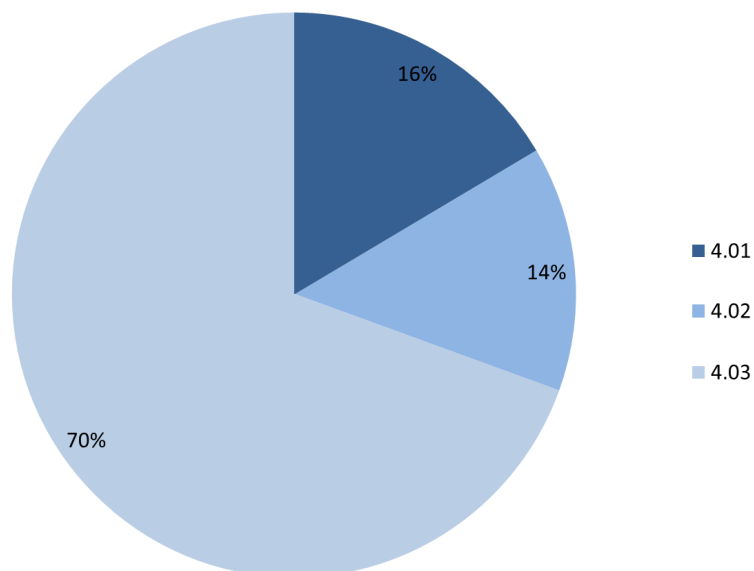


Figura 5. Distribuição dos repasses dos projetos relacionados ao PDC 4 por PCD.

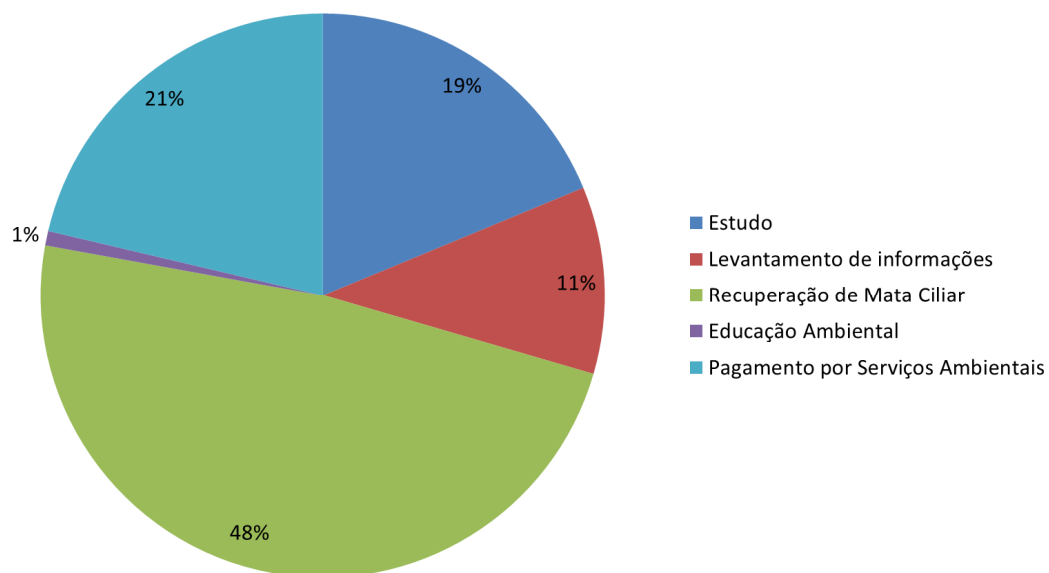


Figura 6. Distribuição dos repasses dos projetos relacionados ao PDC 4 por tipo de projeto.

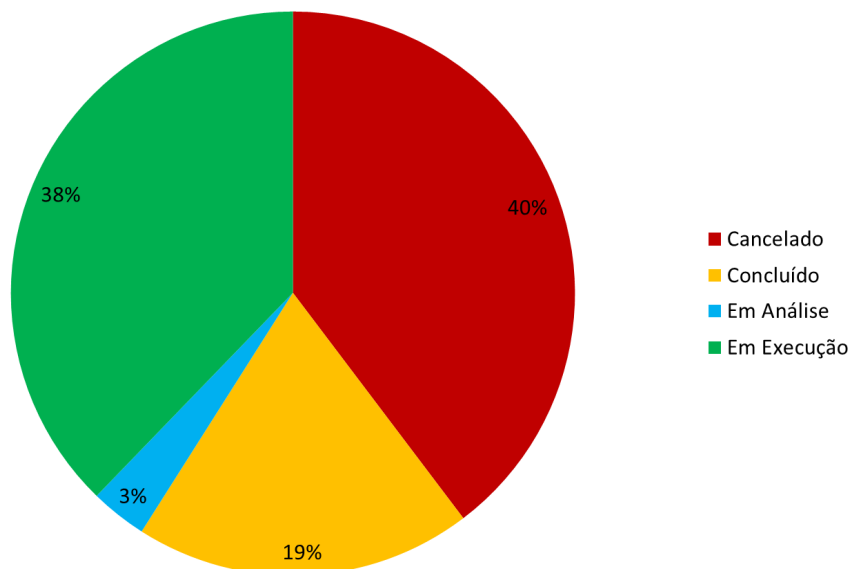


Figura 7. Distribuição dos repasses dos projetos relacionados ao PDC 4 por situação de projeto.

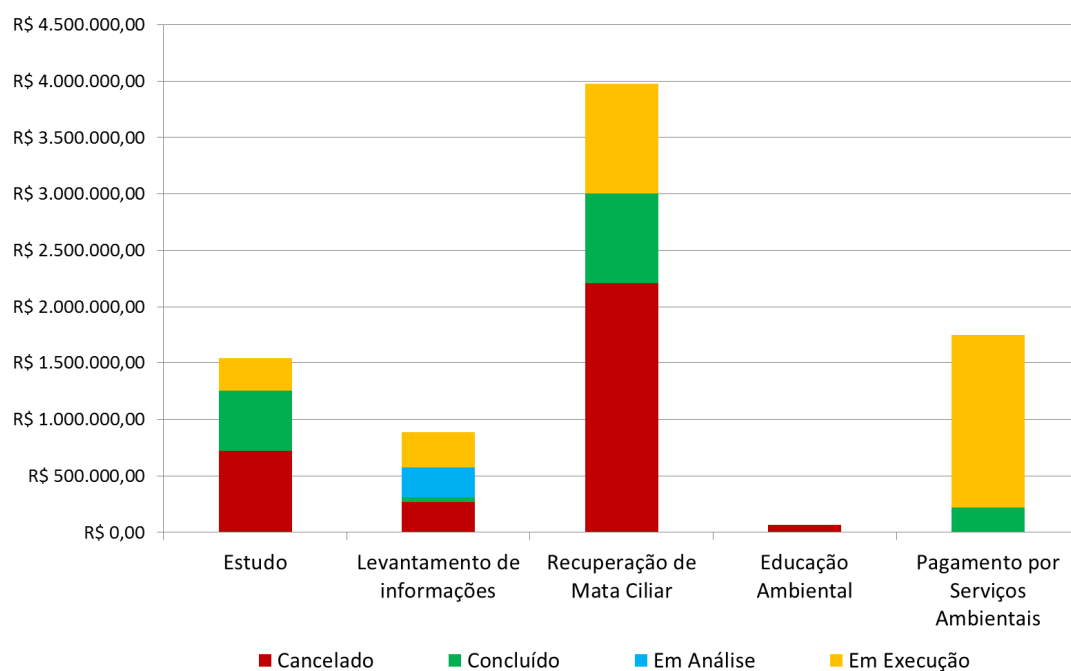


Figura 8. Repasses dos projetos relacionados ao PDC 4 por tipo e situação de projeto.

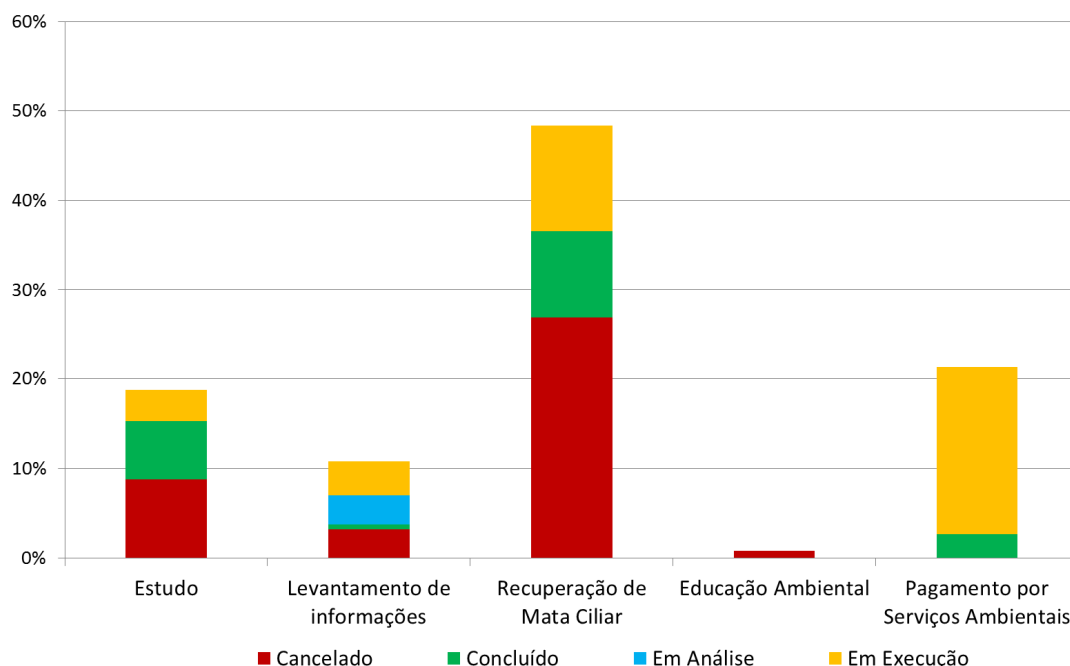


Figura 9. Distribuição dos repasses dos projetos relacionados ao PDC 4 por tipo e situação de projeto.

Observando as Figuras de 5 a 6 conclui-se que a predominância do repasse dos projetos levantados está nos relacionados a:

- PCD 4.03 (Ações de recomposição da vegetação ciliar e da cobertura vegetal e disciplinamento do uso do solo), com 70% dos repasses;
- Tipo Recuperação de Mata Ciliar, com 48% dos repasses; e
- Projetos Cancelados, com 40% dos repasses.

Com base nas informações das Figuras 8 e 9 é possível observar que, com exceção dos de Pagamento por Serviços Ambientais, em todos os tipos de projetos, há grande parte que foi cancelada.

Há que se comentar que nenhum dos projetos levantados tem em sua descrição, a recuperação de vegetação florestal em áreas indicadas pelo PDRF.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, M.; REFSGAARD, J.C. **Distributed hydrological modeling**. Heidelberg: Springer, 1996. 336 p.
- ACIAR, 1992. Eucalypts: curse or cure? Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra. 6p.
- AGNEW, L. J.; LYON, S.; GÉRARD-MARCHANT, P.; COLLINS, V. B.; LEMBO, A. J.; STEENHUIS, T. S.; WALTER, M. T. (2006). Identifying hydrologically sensitive areas: bridging the gap between science and application. **Journal of Environmental Management**, v. 78, p. 63–76, 2006.
- AIDE, T. M. et al. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: Implications for restoration ecology. **Restoration Ecology**, Boston, v. 8, n. 4, p. 328-338, Dec. 2000.
- ALMEIDA, A.C.; SOARES, J.V., 2003. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Revista Árvore**, 27 (2): 159-170.
- ALMEIDA, A.C.; SOARES, J.V.; LANDSBERG, J.J.; REZENDE, G.D., 2007. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. **Forest Ecology and Management**, 251: 10-21.
- AMADOR, D.B.; VIANA, V.M. Sistemas agroflorestais para Recuperação de Fragmentos Florestais. Série Técnica IPEF. ESALQ/USP. V.12, n.32, p.105-110. Dez. 1998.
- ANDRÉASSIAN, V., 2004. Water and forests: from historical controversy to scientific debate. **Journal of Hydrology**, 291: 1-27.
- ARNOLD, J.G.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R.S.; WILLIAMS, J.R. Large area hydrologic modeling and assessment. Part 1: Model development. **Journal of the American Water Resources Association**, Herndon, v. 34, n. 1, p. 73-89, 1998.
- ARONSON, J.; VALLEJO, R. Challenges for ecological restoration. In: VAN ANDEL, J.; ARONSON, J. **Restoration ecology**. London: Blackwell, 2006. p. 234-247.
- BATES, C.G.; HENRY, A.J., 1928. Forest and streamflow experiment at Wagon Wheel Gap, Colorado. **Monthly Weather Review**, Supplement 30: 1-79.

- BATHURST, J.C.; WICKS, J.M.; O'CONNEL, P.E. The SHE / SHESED basin scale water flow and sediment transport modelling system. In: SINGH, V.P. **Computer models of watershed hydrology**. Highlands Ranch: Water Resources Publications, 1995. p. 563-594.
- BELYEA, L. R. Beyond ecological filters: feedback networks in the assembly and restoration of community structure. In: TEMPERTON, V. M. et al. **Assembly rules and restoration ecology**: bridging the gap between theory and practice. Washington, DC: Society for Ecological Restoration; Island Press, 2004. p. 115-131.
- BERNACCI, L.C.; FILHO, LEITÃO FILHO, H.F. Estudo Florístico de uma floresta no município de Campinas, com ênfase nos componentes Herbáceo e Arbustivo. Dissertação de Mestrado. Unicamp. Campinas, 25 de Junho de 1992.
- BERTANI, D.F.; RODRIGUES, R.R.; BATISTA, J.L.F.; SHEPHERD, J.G. Análise temporal da heterogeneidade florística e estrutural em uma floresta ribeirinha. *Revista brasil. Bot.*, São Paulo, V.24, n.1, 2001.
- BEVEN, K. Prophecy reality and uncertainty in distributed hydrological modeling. **Advances in Water Resources**, Southampton, v. 16 p.41–51, 1993.
- BEVEN, K.J.; LAMB, R.; QUINN, P.; ROMANOWICZ, R.; FREER, J. TOPMODEL. In: SINGH, V.P. (Ed). **Computer models of watershed hydrology**. Highlands Ranch: Water Resources Publications, 1995. p. 627-668.
- BITTELLI, M.; TOMEI, F.; PISTOCCHI, A.; FLURY, M.; BOLL, J.; BROOKS, E.S.; ANTOLINI, G. Development and testing of a physically based, three-dimensional model of surface and subsurface hydrology. **Advances in Water Resources**, Southampton, v. 33, p. 106-122, 2010.
- BOSCH, J.M.; HEWLETT, J.D., 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, 55: 3-23.
- BROOKS, E.S.; BOLL, J.; McDANIEL, P.A. Distributed and integrated response of a GIS based hydrologic model in the eastern Palouse region, Idaho. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 21, p. 110–122, 2007.
- BROWN, A.E.; ZHANG, L.; McMAHON, T.; WESTERN, A.W.; VERTESSY, R.A., 2005. A review of paired catchment studies for determining change in water yield resulting from alterations in vegetation. **Journal of Hydrology**, 310: 28-61.

- BRUTSAERT, W. **Hydrology: An Introduction**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 605 p.
- CALDER, I.R., 1992. Water use of Eucalypts – a review. In: Calder, I.R., Hall, R.L., Adlard, P.G. (Eds.). **Growth and Water Use of Forest Plantations**. John-Wiley, Chichester: 167-179.
- CALDER, I.R., 2007. Forests and water: ensuring forest benefits outweigh water costs. **Forest Ecology and Management**, 251: 110-120.
- CALDER, I.R., Hall, R.L., Adlard, P.G., 1992. **Growth and Water Use of Forest Plantations**. John-Wiley, Chichester. 381p.
- CÂMARA, C.D.; LIMA, W.P., 1999. Corte raso de uma plantação de *Eucalyptus saligna* de 50 anos: impactos sobre o balanço hídrico e a qualidade da água em uma microbacia experimental. **Scientia Forestalis**, 56: 41-58.
- CAMINO, R.; BUDOWSKI, G., 1998. Impactos ambientales de las plantaciones forestales y medidas correctivas de carácter silvicultura. **Revista Forestal Centroamericana**, 22: 6-12
- CATHARINO, E.L.M.; LEITÃO FILHO, H.F. Estudo Fisionômico-Florísticos e fitossociológicos em matas residuais secundárias no município de Piracicaba, SP. Dissertação de Mestrado. Unicamp, Campinas - SP. 1989.
- CHEN, Z.Q.; GOVINDARAJU, R.S.; KAVVAS, M.L. Spatial averaging of unsaturated flow equations under infiltration conditions over areally heterogeneous soils. **Water Resources Research**, Washington, v. 30, p. 523–548, 1994.
- CIFOR. 2005. p.24. (occasional paper, 42).
- COLLISCHONN, W. **Simulação hidrológica de grandes bacias**. 2001. 270p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- COSSALTER, C.; PYE-SMITH, C., 2003. **Fast-Wood Forestry – Myths and Realities**. CIFOR, Jakarta. 50p.
- CREED, I.F.; SASS, G.Z.; BUTTLE, J.M.; JONES, J.A., 2011. Hydrological principles for sustainable management of forest ecosystems. **Hydrological Processes**, 25: 2152-2160.
- DAWES, W.R.; HATTON, T.J. **TOPOG IRM, 1, Model description**, Technical Memorandum. Canberra: CSIRO Division of Water Resources, 1993.

- DIAS Jr., M.S.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; SILVA, A.R.; FERREIRA, D.F., 1999. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural dos solos em sistemas florestais na região de Aracruz, ES. **Revista Árvore**, 23: 371-380.
- DIAS Jr., M.S.; LEITE, F.P.; WINTER, M.E.; PIRES, J.V.G., 2003. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com eucalipto na região de Peçanha, MG. **Revista Árvore**, 27: 343-349.
- DOWNER, C.W. **Identification and modeling of important stream flow producing processes in watersheds**. 2002. 1760 p. Thesis (PhD) - University of Connecticut, Storrs, 2002.
- DOWNER, C.W.; OGDEN, F.L. Appropriate vertical discretization of richards' equation for two-dimensional watershed-scale modelling, **Hydrological Processes**, Chichester, v. 18, p. 1-22, 2004b.
- DOWNER, C.W.; OGDEN, F.L. GSSHA: A model for simulating diverse streamflow generating processes, **Journal of Hydrologic Engineering**, New York, v. 9, p. 161-174, 2004a.
- DUDLEY, N.; STOLTON, S. 2003. Runing pure: the importance of forest protected areas to drinking water. World Bank/WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use. UK. 89 p.
- DYE, P.; VERSFELD, D., 2007. Managing the hydrological impacts of South African plantation forests: an overview. **Forest Ecology and Management**, 251: 121-128.
- EHRENFELD, J. G. Defining the limits of restoration: the need for realistical goals. **Restoration Ecology**, Boston, v. 8, n. 1, p. 2-9, 2000.
- ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 3-25.
- FAHEY, B.; JACKSON, R., 1997. Hydrological impacts of converting native forests and grasslands to pine plantation, South Island, New Zealand. **Agricultural and Forest Meteorology**, 84: 69-82.
- FALKENMARK, M.; FOLKE, C., 2002. The ethics of sócio-ecohydrological catchment management: towards hydrosolidarity. **Hydrology and Earth System Sciences**, 6(1): 1-9.
- FAO-CIFOR *Forests and Floods: Drowning in Fiction or Thriving on Facts?* **FAO-CIFOR**, Bangkok, 2005.

- FARLEY, K.A.; JOBBAGY, E.G.; JACKSON, R.B., 2005. Effects of afforestation on water yield: a global synthesis. **Global Change Biology**, 11: 1565-1576.
- FERNANDEZ, C.; VEGA, J.A.; GRAS, J.M.; FONTURBEL, T.; CUINAS, P.; DAMBRINE, E.; ALONSO, M., 2004. Soil erosion after *Eucalyptus globulus* clearcutting: differences between logging slash disposal treatments. **Forest Ecology and Management**, 195: 85-95.
- FERRAZ, S.F.B.; LIMA, W.P.; RODRIGUES, C.B., 2012. Managing forest plantation landscape for water conservation. **Forest Ecology and Management**, 301: 58-66.
- FLANAGAN, D.C.; ASCOUGH, J.C.; NICKS, A.D.; NEARING, M.A.; LAFLEN, J.M. Overview of the WEPP erosion prediction model. In: FLANAGAN, D.C.; NEARING, M.A. **USDA water erosion prediction project: hillslope profile and watershed model documentation**. West Lafayette: USDA-ARS NSERL; 1995.
- FORMAN, R.T.T ; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley, 1986. 619p.
- FORUM REGIONAL, 2003, Arequipa, Peru. **Payment schemes for environmental services in**
- FRANCI, L. de C.; MARTINS, F.R. Estrutura Populacional de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae) em uma floresta estacional semidecídua no Sudeste do Brasil. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2010.
- GAMA, M.M.B.; SOARES, J.R.S.; VASCONCELLOS, J.R.G.; OLIVEIRA, A.D. **Estrutura e valoração de uma floresta de Várzea Alta da Amazônia**. Cerne, v.8, N. 1, P.88-102. Universidade Federal de Lavras – MG. 2002.
- GAMBOLATI, G.; PUTTI, M. PANICONI, M. Three dimensional model of coupled density dependent flow and miscible salt transport. In: BEAR, J. **Seawater intrusion in coastal aquifers**. Dordrecht: Kluwer Acad, 1999. cap. 10.
- GAYOSO, J.; ACUNA, M.; MUNOZ, R., 2001. Gestión sostenible de ecosistemas forestales: caso prédio San Pablo de Trégua, Chile. **Bosque**, 22: 75-84.
- GERARD-MARCHANT, P.; HIVELY, W.D.; STEENHUIS, T.S. Distributed hydrological modeling of total dissolved phosphorous transport in agricultural landscapes. pt I. **Hydrology And Earth System Sciences**, Katlenburg-Lindau, v.10, p. 245–261, 2006.
- GOLDENBERG, R.; RODRIGUES, R.R.; ESSOE, B. Levantamento Florístico e Fitossociológico dos Canteiros do Parque da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Anais da ESALQ, Piracicaba-SP. 48:71-107, 1991.

- GRAYSON, R.B.; MOORE, I.D.; McMAHON, T.A. Physically based hydrologic modeling. 1. A terrain-based model for investigating purposes. **Water Resources Research**, Washington, v. 28, p. 2639–2658, 1992.
- GROMBONE, M.T.; BERNACCI, L.C.; MEIRA NETO, J.A.A.; TAMASHIRO, J.Y.; LEITÃO FILHO, H. F. Estrutura Fitossociológica da Floresta Semidecídua de Altitude do Parque Municipal da Grotta Funda (Atibaia – Estado de São Paulo). **Acta bot. Bras.** 4(2). 1990.
- GUARANTINI, M.T.G.; GOMES, E.P.C; TAMASHIRO, J.Y.; RODRIGUES, R.R. Composição Florística da Reserva Municipal de Santa Genebra, Campinas, SP. *Revista Brasil Bot.*, V.31, N.2, 2008.
- HAITH, D.A.; SHOEMAKER, L.L. Generalized watershed loading functions for stream flow nutrients. **Water Resources Bulletin**, Bethesda, v. 23, p. 471–478, 1987.
- HARBAUGH, A.W.; BANTA, E.R.; HILL, M.C.; McDONALD, M.G. **MODFLOW-2000, the US geological survey modular ground water model – user guide to modularization concepts and the ground-water flow process**. Reston: USGS, 2000. 253 p.
- HARDING, R.J.; HALL, R.L.; SWAMINATH, M.H.; SRINIVASA MURTHY, K.V., 1992. The soil moisture regimes beneath forest and an agricultural crop in southern India – measurements and modeling. In: CALDER et al. (Ed.), 1992. **Growth and Water Use of Forest Plantations**. John-Wiley, West Sussex: 244- 269.
- HEWLETT, J.D.; HIBBERT, A.R., 1967. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid regions. In: SOPPER, W.E.; LULLI, H.W. (eds). **International Symposium on Forest Hydrology**. Pergamon Press, Oxford. Pp. 275-290.
- HIBBERT, A.R., 1967. Forest treatment effects on water yield. In: SOPPER, W.E.; LULLI, H.W (Ed.). **International Symposium on Forest Hydrology**. Pergamon Press: 527-543.
- HIGGS, E. The two-culture problem: ecological restoration and the integration of knowledge. **Restoration Ecology**, Boston, v. 13, n. 1, p. 159-164, 2005.
- HOBBS, R. J.; HARRIS, J. A. Restoration ecology: repairing the earth's ecosystems in the new millennium, **Restoration Ecology**, Boston, v. 9, n. 2, p. 239-246, 2001.
- HOBBS, R. Restoring the health and wealth of ecosystems. In: CONFERENCE ON ECOLOGICAL RESTORATION IN NEW ZEALAND, 1998, Christchurch. **Proceedings...** Lincoln: Landcare Research, 1998. Disponível em:
<<http://www.landcareresearch.co.nz/news/conferences/ecorestoration/hobbs.pdf>>.

- HUBER, A.; BARRIGA, P.; TRECAMAN, R., 1998. Efecto de la densidad de plantaciones de *Eucalyptus nitens* sobre el balance hídrico em la zona de Collipulli, IX Region (Chile). **Bosque**, 19: 61-69.
- JACKSON, R.B.; JOBBAGY, E.S.; AVISSAR, R.; ROY, S.B.; BARRET, D.J.; COOK, C.W.; FARLEY, K.A.; LE MAITRE, D.C.; McCARL, B.A.; MURRAY, B.C., 2005. Trading water for carbon with biological carbon sequestration. **Science**, 310: 1944-1947.
- JAYAKRISHNAN, R.; SRINIVASAN, R.; SANTHI, C.; ARNOLD, J.G. Advances in the application of the SWAT model for water resources management. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 19, p. 749–762, 2005.
- JESUS, S.C.; BRAGA, R. Análise Espacial das Verdes Urbanas da Estância de Águas de São Pedro – SP. Caminhos da Geografia – Revista online. Instituto de Geografia. 2005.
- KAGEYAMA, P. Y. et al (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. 340 p.
- KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F.B.; OLIVEIRA, R.E. Biodiversidade e restauração da Floresta Tropical. In: KAGEYAMA, P. Y. et al (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003, cap.2, p. 27-48
- KUCZERA, G., 1987. Prediction of water yield reductions following a bushfire in ash-mixed species eucalytp forest. **Journal of Hydrology**, 94: 215-236.
- LACHOWSKI, H. M.; WIRTH, T.; MAUS, P.; AVERS, P. Remote Sensing and GIS: their role in ecosystem management. **Journal of Forestry**, v.92, n.8, p.39-40, 1994.
- LAMB, D. et al. Rejoining habitat remnants: restoring degraded forest lands. In: LAWRENCE, W. F.; BIERREGAARD, R. O. Jr. **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: University Chicago Press, 1997. p. 366-385.
- LAMB, D.; GILMOUR, D. **Rehabilitation and restoration of degraded forests**. Gland, Switzerland: IUCN, Forest Conservation, 2003. 110 p. Disponível em: <http://www.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/FR-IS-005.pdf>.
- LANE, P.N.J.; MORRIS, J.; NINGNAN, Z.; GUANGYI, Z.; GUOYI, Z.; DAPING, X., 2004. Water balance of tropical eucalypt plantations in south-eastern China. **Agricultural and Forest Meteorology**, 124: 253-267.

- LESCH, W.; SCOTT, D.F., 1997. The response in water yield to the thinning of *Pinus radiata*, *Pinus patula* and *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**, 99: 295-307.
- LIANG, X.; LETTENMAIER, D.P.; WOOD, E.F.; BURGESS, S.J. A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for general circulation models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 99, n. 7, p. 14415-14428. 1994.
- LIKENS, G.E., 1985. An experimental approach for the study of ecosystems. **Journal of Ecology**, 73: 381-396.
- LIKENS, G.H.; BORMANN, H. Linkages between Terrestrial and Aquatic Ecosystems. **Bioscience**, v.24, n.8, p.447-455, 1974.
- LIMA, W.P., 1990. Overland flow and soil and nutrient losses from *Eucalyptus* plantations. **IPEF International**, 1: 35-44.
- LIMA, W.P., 1993. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. EDUSP. 301p.
- LIMA, W.P., 2004. O eucalipto seca o solo? **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 29: 13- 17.
- LIMA, W.P., 2010. **A Silvicultura e a Água: Ciência, Dogmas, Desafios**. Cadernos do Diálogo, Vol. I. Instituto BioAtlântica, Rio de Janeiro. 64 p.
- LIMA, W.P.; FERRAZ, S.F.B.; RODRIGUES, C.B.; VOIGTLAENDER, M., 2010. Assessing the hydrological effects of forest plantations in Brazil. In: **River Conservation and Management**. BOON; RAVEN (Ed.).Wiley-Blackwell: p.59-68.
- LIMA, W.P.; JARVIS, P.; RIZOPOULOU, S., 2003. Stomatal responses of *Eucalyptus* species to elevated CO₂ concentration and drought stress. **Scientia Agricola**, 60: 231-238.
- LIMA, W.P.; LAPROVITERA, R.; FERRAZ, S.F.B.; RODRIGUES, C.B.; SILVA, M.M., 2012. Forest plantations and water consumption: a strategy for hydrosolidarity. **International Journal of Forestry Research**, Vol. 2012, Article ID 908465. 8 pg.
- LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B.; LIBARDI, P.L.; SOUZA Filho, A.P., 1990. Comparative evapotranspiration of Eucalyptus, Pine and natural cerrado vegetation measured by the soil water balance method. **IPEF International**, 1: 5-11.
- LINSLEY, R. K. (1981). Rainfall-runoff models: an overview. In: SINGH, V.P. (org.). Rainfall-runoff relationship. p. 3-22. Apresentado no **International Symposium on Rainfall-runoff Modelling**, Mississippi, maio 1981.

- LOAGUE, K; Van der KWAACK, J. Physics-based hydrologic response simulation: platinum bridge, 1958 Edsel, or useful tool. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 18, p. 2949–2956, 2004.
- LUCIER, A.A. Criteria for success in managing: forest landscapes. **Journal of Forestry**, v.92, n.7, p.20-24, 1994.
- MAKARIEVA, A.M.; GORSHKOV, V.G., 2007. Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. **Hydrology and Earth System Sciences**, 11: 1013-1033.
- MANGUEIRA, J.R.S.A. **A regeneração natural como indicadora de conservação, de sustentabilidade e como base do manejo adaptativo de fragmentos florestais remanescentes inseridos em diferentes matrizes agrícolas**. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP. Piracicaba, 2012
- MANSOURIAN, S. Overview of forest restoration strategies and terms. In: MANSOURIAN, S.; VALLAURI, D.; DUDLEY, N. **Forest restoration in landscape: beyond planting trees**. New York: Springer, WWF, 2005. p. 8-13.
- McCULLOH, J.S.G.; ROBINSON, M., 1993. History of forest hydrology. **Journal of Hydrology**, 150: 189-216.
- MIACHIR, J.I.; KAGEYAMA, P.T.; RODRIGUES, R.R. Caracterização da Vegetação Remanescente Visando à Conservação e Restauração Florestal no Município de Paulínia – SP. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP. Piracicaba, 2009.
- MIELKE, M.S.; OLIVA, M.A.; BARROS, N.F.; PENCHEL, R.M.; MARTINE, C.A.; ALMEIDA, A.C., 1999. Stomatal control of transpiration in the canopy of a clonal *Eucalyptus grandis* plantation. **Trees**, 13: 152-160.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being**. Island Press, Washington DC, 2003.
- MMBW, 1980. **Water Supply Catchment Hydrology Research: Summary of Technical Conclusions**. Report MMBW-W-0012. 41 p.
- MOLDAN, B.; CERNY, J., 1994. Small catchment research. In: Moldan & Cerny (eds.). **Biogeochemistry of Small Catchment: a Tool for Environmental Research**. p. 1-29.
- NAIMAN, R.J.; DÉCAMPS, H.; McCLAIN, M.E. Riparia — Ecology, Conservation and Management of Streamside Communities, Elsevier Academic Press, London, 2005,

- 448pp. NAMBIAR, E.K.S., 1999. Productivity and sustainability of plantation forests. **Bosque**, 20: 9-21.
- NAMBIAR, E.K.S.; BROWN, A.G., 1997. Towards sustained productivity of tropical plantations: science and practice. In: Nambiar, E.K.S. & Brown, A.G. (Eds.). **Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests**. ACIAR/CSIRO/CIFOR: 527-554.
- NARDELLI, A.M.B.; GRIFFITH, J.J., 2003. Mapeamento conceitual da visão de sustentabilidade de diferentes atores do setor florestal brasileiro. **Revista Árvore**, 27: 241-256.
- NASCIMENTO, H.E.M.; DIAS, A. da S.; TABANEZ, A.A.J; VIANA, V.M. Estrutura e Dinâmica de Populações Arbóreas de um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual na Região de Piracicaba, SP. Departamento de Ciências Florestais, ESALQ/USP. Rev. Brasil. Biol. 1999.
- NASCIMENTO, H.E.M.; VIANA, M.V. Estrutura e Dinâmica de Eco-unidades em um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual na Região de Piracicaba, SP. Scientia Forestalis, n.55, p. 29-47, jun. 1999.
- NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A.S. **Landscape ecology, theory and application**, New York: Springer Verlag, 1993. 360p.
- NEARY, D.G.; ICE, G.G.; JACKSON, C.R., 2009. Linkages between forest soils and water quality and quantity. **Forest Ecology and Management**, 258: 2269-2281.
- OKI, V.K., 2002. Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias. Dissertação de Mestrado. ESALQ/USP, Piracicaba. 71p.
- OLIVEIRA, R.E. **O estado da arte da ecologia da restauração e sua relação com a restauração de ecossistemas florestais no bioma Mata Atlântica**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011, 241p.
- PALMER, M. A. Ecological theory and restoration ecology. In: PALMER, M. A.; ZEDLER, J.; HOBBS, R. **Foundations of restoration ecology**. Washington, DC: Island Press, 2006. p.1-10.

- PENNINGTON, P.I.; LAFFAN, M., 2004. Evaluation of the use of pre- and post-harvest bulk density measurements in wet *Eucalyptus oblique* forest in Southern Tasmania. **Ecological Indicators**, 4: 39-54.
- PERRY, D.A., 1998. The scientific basis of forestry. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 29: 435-466.
- PESSOA, M. L. (1993). Hidrometeorologia com radar. In: TUCCI, C.E.M. (org.). **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Coleção ABRH v. 4. Porto Alegre: Ed. Da Universidade/ABRH/EDUSP, p. 877-896.
- PREISKORN, M.G.; COUTO, H.T.Z. Composição Florística, estrutura e quantificação do estoque de carbono em florestas restauradas com idades diferentes. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, 2011.
- REFSGAARD, J.C.; STORM, B. MIKE SHE. In SINGH, V.P. **Computer Models of Watershed Hydrology**. Highlands Ranch: Water Resources Publications, 1995. p. 809–846.
- REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; GOMES, R.T.; SILVA, J.F., 1997. Potencial hídrico e condutância estomática de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla* no sudeste do Brasil. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvements of Eucalyptus. Salvador, Brazil: 196-200.
- RICHARDS, L.A. Capillary conduction of liquids in porous mediums. **Physics**, New York, v. 1, p. 318-333, 1931.
- RIGHETTO, A. M. (1998). **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESCUSP, 840p.
- ROBERTS, J.M.; ROSIER, P.T.W.; SRINIVASA MURTHY, K.V., 1992. Physiological studies in young Eucalyptus stands in southern India and their use in estimating forest transpiration. In: Calder et al. (Ed.), 1992. **Growth and Water Use of Forest Plantations**. John-Wiley, West Sussex: 226-243.
- RODRIGUÉS-SUÁREZ, J.A.; SOTO, B.; PEREZ, R.; DIAZ-FIERROS, F., 2011. Influence of *Eucalyptus globulus* plantation growth on water table levels and low flows in a small catchment. **Journal of Hydrology**, 396: 321-326.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. **Restauração de Florestas tropicais: Subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento**, In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. de. (Ed.) **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa. UFV. 1998. P.203-215.

- RODRIGUES, R.R. A Vegetação de Piracicaba e municípios do entorno. Circular Técnica IPEF, Piracicaba, n. 189, 1999.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G.; ATTANASIO, C.M. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. *Pesq. Flor. Bras.*, Colombo, n.55, 2007.
- SAA, H.J.; VAGLIO, E.A., 1997. Plantar árvores no es reforestar – la confusion de términos genera sérios errores. **Revista Forestal Centroamericana**, 21: 6-10.
- SACHS, D.L.; SOLLINS, P.; COHEN, W.B. Detecting landscape changes in the interior of British Columbia from 1975 to 1992 using satellite imagery. **Canadian Journal of Forest Research**, v.28, n.1, p.23-36, 1998.
- SANTOS, K.; KINISHITA, L.S. Flora Arbustivo-arbórea do Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual do Ribeirão Cachoeira, Município de Campinas, SP. *Acta bot. Bras.* 17(3). Pg 325-341.
- SCOTT, D.F.; LESCH, W., 1997. Streamflow responses to afforestation with *Eucalyptus grandis* and *Pinus radiata* and to felling in the Mokobulaan experimental catchments, South Africa. **Journal of Hydrology**, 199: 360-377.
- SHARDA, V.N.; SAMRAJ, P.; SAMRA, J.S.; LAKSHMANAN, V., 1998. Hydrological behaviour of first generation coppiced bluegun plantations in the Nilgiris sub-watersheds. **Journal of Hydrology**, 211: 50-60.
- SIKKA, A.K.; SAMRA, J.S.; SHARDA, V.N.; SAMRAJ, P.; LAKSHMANAN, V., 2003. Low flow and high flow responses to converting natural grassland into bluegum (*Eucalyptus globules*) in Nilgiris watersheds of South India. **Journal of Hydrology**, 270: 12-26.
- SILVA, D. de T.L. Um Estudo de Caso dos Impactos Sobre a Biodiversidade do Ecossistema na Região Bragantina do Estado de São Paulo. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia*, v.16, n.11. Joanópolis, 2010.
- SOARES, J.V.; ALMEIDA, A.C.; PENCHEL, R.M., 1997. Balanço hídrico de plantações de eucalipto a partir da estimativa de transpiração pelo método de Penman-Monteith. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvements of Eucalypts. Salvador, Brazil: 80-88.
- SOUZA, V.C.; NALON, C.F.; TONON, D. Árvores e Palmeiras do jardim botânico municipal Prefeito Carrol Meneghel, Americana (SP). *Soc. Brasileira de Arborização Urbana. Revsbau*, Piracicaba – SP, v.8, n.1. 2013.

- SPAROVEK, G.; COSTA, F.P. da S. Evolução urbana e da Cobertura Vegetal de Piracicaba-SP (1940-2000). Instituto de Geografia – ufu. Caminhos da Geografia – revista online. Disponível em <www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html>.
- STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G., 2004. Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, 193: 17-31.
- STOTT, T.; LEES, G.; MARKS, S.; SAWYER, A., 2001. Environmentally sensitive plot-scale timber harvesting: impacts on suspended sediment, bedload and bank erosion dynamics. **Journal of Environmental Management**, 63: 3-25.
- SWANK, W.T.; JOHNSON, C.E., 1994. Small catchment research in the evaluation and development of forest management practices. In: Moldan & Cerny (eds.). **Biogeochemistry of Small Catchments: a Tool for Environmental Research**. p. 382-408.
- SWANK, W.T.; MINER, N.H., 1968. Conversion of hardwood-covered watersheds to White Pine reduces water yield. **Water Resources Research**, 4: 947-954.
- TEIXEIRA, A. De P.; Assis, M.A. Caracterização Florística e Fitossociológica do componente arbustivo–arbóreo de uma floresta no Município de Rio Claro (SP), Brasil. *Revista Brasil Bot.*, V.28, n.3. 2005.
- TEIXEIRA, L.; ANDRADE, M.R.M. Avaliação dos Remanescentes Florestais do Município de Bragança Paulista-SP e Áreas Adjacentes: Base para o Estabelecimento de Corredores Ecológicos. Dissertação de Mestrado. CEPPE- Centro de Pós-Graduação e Pesquisa. Guarulhos, 2012.
- TETZLAFF, D.; SOULSBY, C.; BACON, P.J.; YOUNGSON, A.F.; GIBBINS, C.; MALCOLM, I.A., 2007. Connectivity between landscapes and riverscapes: a unifying theme in integrating hydrology and ecology in catchment science. **Hydrological Processes**, 21: 1385-1389.
- TROCH, P.A.; PANICONI, C.; MCLAUGHLIN, D. Catchment-scale hydrological modeling and data assimilation. **Advances in Water Resources**, Southampton, v. 26, p. 131-135, 2003a.
- TROCH, P.A.; PANICONI, C.; Van LOON, E.E. Hillslope-storage Boussinesq model for subsurface flow and variable source areas along complex hillslopes: 1. Formulation and characteristic response. **Water Resources Research**, Washington, v.39, p. 1316-1327, 2003b.

- TUCCI, C.E.M. (1998). **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. Da Universidade/UFRGS/ABRH, 669 p.
- TUCCI, C.E.M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 678 p.
- TURNER, M. G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.20, p.171-197, 1989. TWERY, M.J.;
- HORNBECK, J.W., 2001. Incorporating water goals into forest management decisions at a local level. **Forest Ecology and Management**, 143: 87-93.
- VALENTE, R.O.A.; VETORAZZI, C.A. Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, outubro de 2001.
- Van DAM, J.C.; FEDDES, R.A. Numerical simulation of infiltration, evaporation, and shallow groundwater levels with the Richards equation. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, Elsevier, v. 233, p. 72–85, 2000.
- Van der KWAAK, J.; LOAGUE, K. Hydrologic-response simulations for the R-5 catchment with a comprehensive physics-based model. **Water Resources Research**, Washington, v. 39, p. 37, p. 999–1013, 2001.
- VAN DIJK, A.I.J.M.; KEENAN, R.J., 2007. Planted forests and water in perspective. **Forest Ecology and Management**, v. 251, p. 1-9.
- VANCLAY, J.K., 2009. Managing water use from forest plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p.385-389.
- VERSFELD, D.B., 1996. Forestry and water resources – policy development for equitable solutions. **South African Forestry Journal**, 176: 55-59.
- VIEIRA, E.H.A.; LIMA, W.de P. O licenciamento ambiental de portos de areia da bacia do Rio Corumbataí como instrumentos para a recuperação de áreas de preservação permanente. Dissertação de mestrado. Piracicaba, Junho de 2005.
- VITAL, A.R.T.; LIMA, W.P.; CAMARGO, F.R.A., 1999. Efeitos do corte raso de uma plantação de Eucalyptus sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e as perdas de solo e de nutrientes em uma microbacia no Vale do Paraíba, SP. **Scientia Forestalis**, 55: 5-16.
- VOSS, C.I.; PROVOST, A.M. **Sutra, a model for saturated–unsaturated variable density ground-water flow with energy or solute transport**. US geological survey, Open-file report 02-4231. Reston: USGS, 2002. 250p.

- WAGNER, W.; GAWEL, J.; FURUMAI, H.; SOUZA, M.P.; TEIXEIRA, D.; RIOS, L.; OHGAKI, S.; ZEHNDER, J.B.; HEMOND, H.F., 2002. Sustainable watershed management: an international multi-watershed case study. **Ambio**, 31: 2-13.
- WANG, S., 2004. One hundred faces of sustainable forest management. **Forest Policy and Economics**, 6: 205-213.
- watersheds...** Rome: FAO, 2004. 76 p. Disponível em:
<ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/lwdp3_es.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2010.
- WHISENANT, S. Wildland degradation and repair In: _____. **Repairing damaged wildlands**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 1-23.
- WHITEHEAD, D.; BEADLE, C.L., 2004. Physiological regulation of productivity and water use in *Eucalyptus*: a review. **Forest Ecology and Management**, 193: 113-140.
- WHITEHEAD, D.; KELLIHER, F.M., 1991. A canopy water balance model for a *Pinus radiata* stand before and after thinning. **Agricultural and Forest Meteorology**, 55: 109-126.
- WIENS, J.A. Population response to patch environments. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.7, p.81-129, 1976.
- WIENS, J.A. Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water. **Freshwater Biology**, v.47, p.501-515, 2002.
- WUNDER, S. **Payments for environmental services**: Some nuts and bolts. Bogor, Indonesia:
- WUNDER, S.; ALBÁN, M. Decentralized payments for environmental services: the cases of Pimampiro and PROFAFOR in Ecuador. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 65, p. 685-698, 2008.
- ZAKIA, M.J.B.; FERRAZ, F.F.B.; RIGHETTO, A.M.; LIMA, W.P. Delimitação da Zona Ripária em uma Microbacia. In: LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. **As Florestas Plantadas e a Água: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: Rima, 2006. p.89-106.
- ZALEWSKI, M. Ecohydrology - the scientific background to use ecosystem properties as management tools toward sustainability of water resources. **Ecological Engineering**, 16:1-8. 2000.

- ZALEWSKI, M., 2000. Ecohydrology – the scientific background to use ecosystem properties as management tools toward sustainability of water resources. **Ecological Engineering**, 16: 1-8.
- ZHOU, G.Y.; MORRIS, J.D.; YAN, J.H.; YU, Z.Y., PENG, S.L., 2002. Hydrological impacts of reafforestation with eucalypts and indigenous species: a case study in southern China. **Forest Ecology and Management**, 167: 209-222.
- ZHU, Y.; DAY, R.L. Analysis of streamflow trends and the effects of climate in Pennsylvania, 1971 to 2001. **Journal of the American Water Resources Association**, Herndon, v. 41, 1393–1405, 2005.
- ZIMMERMANN, B.; ELSENBEEER, H.; MORAES, J.M. The influence of land-use changes on soil hydraulic properties: implications for runoff generation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.222, p.29-38, 2006.
- ZOLIN, C.A.; FOLEGATTI, M.V.; MINGOTI, R.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R.M. ; PAULINO, J.; ORELLANA GONZÁLEZ, A.M.G. Minimização da erosão em função do tamanho e localização das áreas de floresta no contexto do programa conservador das águas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35, p. 2157-2166, 2011.
- ZON, R., 1927. **Forest and Water in the Light of Scientific Investigation**. USDA Forest Service. 106 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Informações complementares dos projetos financiados pelo FEHIDRO no PDC 4 do plano de bacias PCJ.

Item	Origem dos Recursos	Número do Contrato	Repasso (Deliberação)	Contrapartida (Deliberação)	Global (Deliberação)	Grupo	Tomador	Objeto	Bacias e Sub-Bacias Beneficiadas	PDC (*)	Sub-Programa (**)	Agente Técnico	Repasso (Licitado)	Contrapartida (Licitado)	Global (Licitado)	% Executado	Data de Encerramento	Situação
1	FEHIDRO	181/10	R\$ 290.000,00	R\$ 0,00	R\$ 290.000,00	Demanda Induzida	ELO AMBIENTAL	PROJETO DE ESTUDO PARA PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BOM JARDIM	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPC A	4.01	CPLA - CORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL	R\$ 290.000,00	não disponível	R\$ 290.000,00	90	-	Em execução
2	FEHIDRO	256/07	R\$ 48.000,00	R\$ 16.000,00	R\$ 64.000,00	Demanda Espontânea	PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS	APA DE CAMPINAS: SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIBEIRÃO DAS CABRAS. 1ª ETAPA	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPC A	4.01	DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 43.200,00	R\$ 15.863,00	R\$ 59.063,00	100	4/9/2013	Concluído
3	FEHIDRO	329/04	R\$ 80.000,00	R\$ 0,00	R\$ 80.000,00	Caráter Regional	DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	PLANO DE GESTÃO PARA REMEDIAÇÃO E PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO ATIBAIA / RESERVATÓRIO SALTO GRANDE	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPC A	4.01	CPLA - CORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL	R\$ 67.800,00	não disponível	R\$ 67.800,00	100	3/17/2009	Concluído
4	FEHIDRO	457/06	R\$ 301.600,00	R\$ 75.400,00	R\$ 377.000,00	Demanda Espontânea	FÓRUM PERMANENTE DAS ENTIDADES CÍVIS QUE EXERCEM ATIVIDADES AMBIENTAIS NAS BACIAS PCJ	PRIMEIRA ETAPA DE IMPLANT.D.O PROGRAMA MUNICÍPIO PRODUTOR DE ÁGUA	Sub-Bacia do Rio Camanducaia	4 - CPC A	4.03	DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 301.600,00	R\$ 75.400,00	R\$ 377.000,00	0	-	Cancelado
5	FEHIDRO	147/99	R\$ 52.613,00	R\$ 19.200,00	R\$ 71.813,00	Demanda Espontânea	PREFEITURA MUNICIPAL DE HOLAMBRA	REVEGETAÇÃO DE MATA CILIAR - Córrego BORDA DA MATA	Sub-Bacia do Rio Jaguari	4 - CPC A	4.03	DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 50.499,50	R\$ 19.200,00	R\$ 69.699,50	100	6/13/2002	Concluído
6	FEHIDRO	-	R\$ 111.000,00	R\$ 39.000,00	R\$ 150.000,00	Demanda Espontânea	PREFEITURA MUNICIPAL DE BOM JESUS DOS PERDÕES	ESTUDO E PROJETO DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BOM JESUS DOS PERDÕES	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPC A	4.01	CPLA - CORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL	R\$ 111.000,00	R\$ 39.000,00	R\$ 150.000,00	0	-	Cancelado
7	FEHIDRO	370/02	R\$ 67.639,07	R\$ 16.935,00	R\$ 84.574,07	Demanda Espontânea	PREFEITURA MUNICIPAL DE ITATIBA	PROJETO DE REFORESTAMENTO CILIAR - FAZENDAS MARINGÁ DO ATIBAIA, SANTA ROSA E SÍTIO SANTO ANTONIO	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPC A	4.03	DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 51.111,22	R\$ 14.197,56	R\$ 65.308,78	100	11/24/2009	Concluído



Item	Origem dos Recursos	Número do Contrato	Repasse (Deliberação)	Contrapartida (Deliberação)	Global (Deliberação)	Grupo	Tomador	Objeto	Bacias e Sub-Bacias Beneficiárias	PDC (*)	Sub-Programa (**)	Agente Técnico	Repasse (Licitado)	Contrapartida (Licitado)	Global (Licitado)	% Executado	Data de Encerramento	Situação
8	FEHIDRO	292/98	R\$ 289.830,00	R\$ 330.170,00	R\$ 620.000,00	Caráter Regional	CONSÓRCIO DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ	REFLORESTAMENTO CILIAR PARA PROTEÇÃO AOS MANANCIAIS, NAS BAC. DOS RIOS PIRACICABA CAPIVARI E JUNDIAÍ	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPC A	4.03	DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 289.830,00	R\$ 330.170,00	R\$ 620.000,00	0	6/13/2002	Concluído
9	FEHIDRO	201/08	R\$ 102.512,80	R\$ 40.761,60	R\$ 143.274,40	Demanda Espontânea	PREFEITURA MUNICIPAL DE JOANÓPOLIS	PROJETO DE RECUPERAÇÃO E PRESERVAÇÃO DE NASCENTES EM JOANÓPOLIS	Bacias PCJ	4 - CPC A	4.03	FF - FUNDAÇÃO FLORESTAL	R\$ 102.512,80	R\$ 40.760,60	R\$ 143.273,40	100	1/28/2011	Concluído
10	FEHIDRO	295/08	R\$ 278.380,00	R\$ 70.020,00	R\$ 348.400,00	Demanda Espontânea	CONSELHO NACIONAL DE DEFESA AMBIENTAL	RECOMPOSIÇÃO DE MATA CILIAR DO RIO CAPIVARI	Bacia do Rio Capivari	4 - CPC A	4.03	FF - FUNDAÇÃO FLORESTAL	R\$ 278.380,00	R\$ 70.020,00	R\$ 348.400,00	54	-	Em execução
11	FEHIDRO	428/02	R\$ 250.000,00	R\$ 0,00	R\$ 250.000,00	Demanda Espontânea	PREFEITURA MUNICIPAL DE ATIBAIA	PLANO DIRETOR DE RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL DAS BACIAS PCJ	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPC A	4.03	DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 196.169,00	não disponível	R\$ 196.169,00	100	8/2/2005	Concluído
12	FEHIDRO	350/03	R\$ 167.589,40	R\$ 108.751,00	R\$ 276.340,40	Demanda Espontânea	PREFEITURA MUNICIPAL DE LIMEIRA	PROTEÇÃO DE MANANCIAL DE ÁGUA E CONTROLE DE ASSOREAMENTO	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPC A	4.01	DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 163.954,43	R\$ 108.751,00	R\$ 272.705,43	100	2/9/2010	Concluído
13	FEHIDRO	336/08	R\$ 155.000,00	R\$ 47.411,56	R\$ 202.411,56	Demanda Espontânea	FÓRUM PERMANENTE DAS ENTIDADES CÍVIS QUE EXERCEM ATIVIDADES AMBIENTAIS NAS BACIAS PCJ	DIAGNÓSTICO DO ASSOREAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORUMBATÁ, DESDE A NASCENTE DO RIO PASSA CINCO ATÉ A SUA FOZ NO RIO PIRACICABA - ETAPA III	Bacias PCJ	4 - CPC A	4.01	DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 150.355,70	R\$ 47.408,80	R\$ 197.764,50	100	5/7/2013	Concluído



Item	Origem dos Recursos	Número do Contrato	Repasse (Deliberação)	Contrapartida (Deliberação)	Global (Deliberação)	Grupo	Tomador	Objeto	Bacias e Sub-Bacias Beneficiadas	PDC (*)	Sub-Programa (**)	Agente Técnico	Repasse (Licitado)	Contrapartida (Licitado)	Global (Licitado)	% Executado	Data de Encerramento	Situação
14	FEHIDR O	185/99	R\$ 39.060,00	R\$ 286.008,00	R\$ 325.068,00	Demanda Espontânea	INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS	RECOMPOSIÇÃO DE MATA CILIAR - Córrego Bandeirantes	Sub-Bacia do Rio Corumbataí	4 - CPC A	4.03	DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 37.149,97	R\$ 271.918,03	R\$ 309.068,00	100	9/27/2004	Concluído
15	Cobrança Federal	229.086-63	R\$ 68.093,32	R\$ 19.268,28	R\$ 87.361,60	Demanda Espontânea	SINDICATO RURAL DE CAMPINAS	NOVO MODELO DE PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	Bacia do Rio Capivari	4 - CPC A	4.03	CEF - CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (REDUR CAMPINAS)	não disponível	não disponível	não disponível	0	-	Cancelado
16	FEHIDR O	212/10	R\$ 154.402,50	R\$ 51.479,68	R\$ 205.882,18	Demanda Espontânea	CONSORCIO DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ	REFLORESTAMENTO CILIAR E DE NASCENTES NAS SUB-BACIAS DOS RIOS ATIBAIA E JAGUARI, VOLTADO À GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	Bacias PCJ	4 - CPC A	4.03	CBRN - COORDENADORIA DE BIODIVERSIDADE E RECURSOS NATURAIS	R\$ 143.500,00	R\$ 47.916,12	R\$ 191.416,12	90	-	Em execução
17	FEHIDR O	255/98	R\$ 150.000,00	R\$ 151.231,44	R\$ 301.231,44	Demanda Espontânea	DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE SANTA BARBARA DOESTE	PROTEÇÃO DE MANANCIAIS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO E IMPLANTAÇÃO DE ÁREA PILOTO DE MATA CILIAR	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPC A	4.01	DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 150.535,67	R\$ 16.377,49	R\$ 166.913,16	100	1/31/2005	Concluído
18	Cobrança Federal	227.336-47	R\$ 550.000,00	R\$ 137.945,00	R\$ 687.945,00	Demanda Espontânea	INSTITUTO DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL THE NATURE CONSERVANCY/BRASIL	PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPC A	4.02	FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ	R\$ 550.000,00	R\$ 137.945,00	R\$ 687.945,00	15	-	Em execução
19	Cobrança Federal	292.311-18	R\$ 338.787,00	R\$ 17.574,00	R\$ 356.361,00	Demanda Espontânea	ASSOCIAÇÃO AMBIENTALISTA PROJETO COPAÍBA	RESTAURAÇÃO DAS MATAS CILIARES DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO MONTE ALEGRE	Sub-Bacia do Rio Camanducaia	4 - CPC A	4.03	CEF - CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (REDUR JUNDIAÍ)	R\$ 338.787,00	R\$ 17.574,00	R\$ 356.361,00	83	-	Em execução
20	FEHIDR O	185/10	R\$ 183.261,60	R\$ 63.540,00	R\$ 246.801,60	Demanda Espontânea	PREFEITURA MUNICIPAL DE LIMEIRA	PROJETO DE RESTAURAÇÃO DA VEGETAÇÃO CILIAR NA MARGEM ESQUERDA DA REPRESA PARAÍSO	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPC A	4.03	CBRN - COORDENADORIA DE BIODIVERSIDADE E RECURSOS NATURAIS	R\$ 183.256,60	R\$ 64.519,60	R\$ 247.776,20	0	-	Cancelado



Item	Origem dos Recursos	Número do Contrato	Repasse (Deliberação)	Contrapartida (Deliberação)	Global (Deliberação)	Grupo	Tomador	Objeto	Bacias e Sub-Bacias Beneficiadas	PDC (*)	Sub-Programa (**)	Agente Técnico	Repasse (Licitado)	Contrapartida (Licitado)	Global (Licitado)	% Executado	Data de Encerramento	Situação
21	FEHIDRO	239/10	R\$ 308.815,00	R\$ 0,00	R\$ 308.815,00	Demanda Induzida	IPÊ - INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS	DIAGNOSTICO SÓCIOAMBIENTAL DAS MICROBACIAS DE CONTRIBUIÇÃO DOS RESERVATÓRIOS ATIBAINHA E CACHOEIRA - SP	Bacias PCJ	4 - CPC A	4.01	CPLA - COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL	R\$ 308.815,00	não disponível	R\$ 308.815,00	87	-	Em execução
22	Cobrança Federal	253.269-74	R\$ 218.965,00	R\$ 72.000,00	R\$ 290.965,00	Demanda Espontânea	PREFEITURA MUNICIPAL DE EXTREMA	PROJETO CONSERVADOR DAS ÁGUAS	Sub-Bacia do Rio Jaguari	4 - CPC A	4.03	CEF - CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (REDUR POÇOS DE CALDAS)	R\$ 218.965,00	R\$ 72.000,00	R\$ 290.965,00	100	7/2/2013	Concluído
23	FEHIDRO	267/10	R\$ 246.499,00	R\$ 61.700,00	R\$ 308.199,00	Demanda Induzida	IPÊ - INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS	RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE 10 HECTARES EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA REPRESA DO RIO ATIBAINHA	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPC A	4.03	CBRN - COORDENADORIA DE BIODIVERSIDADE E RECURSOS NATURAIS	R\$ 246.499,00	R\$ 61.700,00	R\$ 308.199,00	0	-	Cancelado
24	FEHIDRO	-	R\$ 607.445,00	R\$ 0,00	R\$ 607.445,00	Demanda Induzida	FÓRUM PERMANENTE DAS ENTIDADES CÍVIS QUE EXERCEM ATIVIDADES AMBIENTAIS NAS BACIAS PCJ	ESTUDO PARA A DEFINIÇÃO DE UMA BASE TERRITORIAL VISANDO A CRIAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DE MANANCIAIS (APRM) DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORUMBATAÍ E SEUS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO E GESTÃO	Bacias PCJ	4 - CPC A	4.02	CPLA - COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL	não disponível	não disponível	não disponível	0	-	Cancelado
25	FEHIDRO	-	R\$ 168.911,50	R\$ 169.588,50	R\$ 338.500,00	Demanda Espontânea	CONSÓRCIO DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ	REFLORESTAMENTO CILIAR PARA PROTEÇÃO DOS MANANCIAIS	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPC A	4.03	FF - FUNDAÇÃO FLORESTAL	não disponível	não disponível	não disponível	0	-	Cancelado
26	Cobrança Paulista	463/10	R\$ 68.093,32	R\$ 19.268,28	R\$ 87.361,60	Demanda Espontânea	ASSOCIAÇÃO TERCEIRA VIA	NOVO MODELO DE PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	Sub-Bacia do Rio Jaguari	4 - CPC A	4.01	CATI - COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL	R\$ 68.093,88	R\$ 19.277,50	R\$ 87.361,38	100	6/3/2013	Concluído



Item	Origem dos Recursos	Número do Contrato	Repasse (Deliberação)	Contrapartida (Deliberação)	Global (Deliberação)	Grupo	Tomador	Objeto	Bacias e Sub-Bacias Beneficiadas	PDC (*)	Sub-Programa (**)	Agente Técnico	Repasse (Licitado)	Contrapartida (Licitado)	Global (Licitado)	% Executado	Data de Encerramento	Situação
27	FEHIDRO	-	R\$ 399.354,42	R\$ 333.405,98	R\$ 732.760,40	Demanda Espontânea	PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO LIMPO PAULISTA	LIMPEZA, CONTENÇÃO E RECOMPOSIÇÃO DE VEGETAÇÃO CILIAR NAS MARGENS DO RIO JUNDIAI	Bacias PCJ	4 - CPC A	4.03	FF - FUNDAÇÃO FLORESTAL	não disponível	não disponível	não disponível	0	-	Cancelado
28	Cobrança Paulista	159/12	R\$ 224.000,56	R\$ 21.091,46	R\$ 245.092,02	Ações da Agência das Bacias PCJ	INSTITUTO DE PROTEÇÃO SÓCIO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORUMBATAÍ	REFLORESTAMENTO DA VEGETAÇÃO CILIAR DAS MARGENS DO CÔRREGO GOIABAL E SÍTIO ALTO NO MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA	Sub-Bacia do Rio Corumbataí	4 - CPC A	4.03	CBRN – COORDENADORIA DE BIODIVERSIDADE E RECURSOS NATURAIS	R\$ 169.556,03	R\$ 16.102,40	R\$ 185.658,43	0	-	Cancelado
29	Cobrança Federal	359.191-99	R\$ 1.195.000,00	R\$ 717.000,00	R\$ 1.912.000,00	Demanda Espontânea	PREFEITURA MUNICIPAL DE EXTREMA	CONSERVADOR DAS ÁGUAS: PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS NA SUB-BACIA DO RIO JAGUARI, DE ACORDO COM A LEI MUNICIPAL Nº 2100/2005	Sub-Bacia do Rio Jaguari	4 - CPC A	4.03	FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ	R\$ 1.195.000,00	R\$ 837.472,14	R\$ 2.032.472,14	40	-	Em execução
30	FEHIDRO	-	R\$ 603.194,40	R\$ 67.021,60	R\$ 670.216,00	Demanda Espontânea	CENTRO TÉCNICO DE ESTUDOS AMBIENTAIS	ESTUDO PARA RESTAURAÇÃO DE MATAS CILIARES NA BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA - MUNICÍPIO DE DOIS CÔRREGOS	Bacia do Rio Piracicaba	4 - CPC A	4.03	CBRN – COORDENADORIA DE BIODIVERSIDADE E RECURSOS NATURAIS	R\$ 603.194,40	R\$ 67.021,60	R\$ 670.216,00	0	-	Cancelado
31	Cobrança Paulista	-	R\$ 266.555,00	R\$ 30.288,00	R\$ 296.843,00	Demanda Espontânea	ASSOCIAÇÃO ECOAR FLORESTAL	MARCAÇÃO DE MATRIZES FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE PIRACAIÁ.	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPC A	4.03	FF - FUNDAÇÃO FLORESTAL	R\$ 266.555,00	R\$ 30.288,00	R\$ 296.843,00	0	-	Cancelado
32	Cobrança Paulista	-	R\$ 137.587,30	R\$ 7.005,84	R\$ 144.593,14	Demanda Espontânea	INSTITUTO DE PROTEÇÃO SÓCIO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORUMBATAÍ	REFLORESTAMENTO DA VEGETAÇÃO CILIAR DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DAS MARGENS DO CÔRREGO DO CAVALHEIRO DA FAZENDA SÃO FRANCISCO NO MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA.	Sub-Bacia do Rio Corumbataí	4 - CPC A	4.03	CBRN – COORDENADORIA DE BIODIVERSIDADE E RECURSOS NATURAIS	R\$ 137.587,30	R\$ 7.005,84	R\$ 144.593,14	0	-	Cancelado



Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais
 Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 530
 13400-970 - Piracicaba, SP - Brasil
 Tel.:(19) 2105-8600 - Fax:(19) 2105-8666
 E-mail: ipef@ipef.br
 Home Page: www.ipef.br



Item	Origem dos Recursos	Número do Contrato	Repasse (Deliberação)	Contrapartida (Deliberação)	Global (Deliberação)	Grupo	Tomador	Objeto	Bacias e Sub-Bacias Beneficiadas	PDC (*)	Sub-Programa (**)	Agente Técnico	Repasse (Licitado)	Contrapartida (Licitado)	Global (Licitado)	% Executado	Data de Encerramento	Situação
33	Cobrança Paulista	-	R\$ 266.555,00	R\$ 30.288,00	R\$ 296.843,00	Demanda Espontânea	ASSOCIAÇÃO ECOAR FLORESTAL	MARCAÇÃO DE MATRIZES FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE PIRACAIA-SP	Sub-Bacia do Rio Atibaia	4 - CPCA	4.03	CBRN – COORDENADORIA DE BIODIVERSIDADE E RECURSOS NATURAIS	R\$ 266.555,00	R\$ 30.288,00	R\$ 296.843,00	0	-	Em análise

(*)

4 - CPCA - Conservação e Proteção dos Corpos D'água.

(**)

4.01 - Estudos de viabilidade e aperfeiçoamentos da legislação de proteção dos mananciais atuais e futuros.

4.02 - Estudo para implantação da política estadual de proteção e recuperação dos mananciais, com base na lei nº 9.866/97.

4.03 - Ações de recomposição da vegetação ciliar e da cobertura vegetal e disciplinamento do uso do solo.

APÊNDICE B – Descrição técnica de alguns dos projetos financiados pelo FEHIDRO no PDC 4 do plano de bacias PCJ.

Projeto 1: Delimitar e caracterizar a bacia do córrego do bom jardim, visando à proteção, e recuperação dos seus recursos hídricos - mananciais de abastecimento público - com os objetivos específicos de: elaboração do sistema gerencial de informações; diagnóstico de uso e ocupação de solo; diagnóstico da comunidade local; diagnóstico sanitário ambiental; relatório e diretrizes; minuta de lei específica da APRM a ser criada;

Projeto 2: Elaboração e levantamento cartográfico georreferenciado com a identificação e caracterização das nascentes, barramentos e poços artesianos. Cadastrar, mapear, georreferenciar as nascentes, barramentos; formar um banco de dados com informações e imagens aéreas e orbitais para futuro planejamento de recuperação e restauração florestal das APPs; sensibilizar e conscientizar a população em relação à importância da preservação das APPs, do cadastramento das nascentes, açudes e poços artesianos como forma de garantir o suprimento de recursos hídricos para a população. Área a ser levantada 24,22 km²;

Projeto 8: O projeto permitirá a melhoria da qualidade e quantidade da água dos rios utilizados para abastecimento público de várias cidades participantes, como também para municípios a jusante, mediante à contenção da erosão das margens, arraste de agrotóxicos e partículas do solo para o leito dos rios. o projeto envolve 13 (treze) municípios e uma população estimada em 1,5 milhões de habitantes que seriam beneficiados;

Projeto 10: Realizar recomposição de 24.000 mudas de mata nativa no parque linear do rio Capivari, no município de campinas. Desenvolver metodologia de ação aplicada a conscientizar, preferencialmente produtores rurais na preservação dos recursos florestais e recursos hídricos a fim de promover a recuperação da vegetação da mata ciliar ao longo das margens do rio Capivari, contribuindo para um aumento da qualidade e do volume de água integrante da bacia do rio Capivari. Realizar dia de

campo e aproveitar o projeto de recomposição para levar educação ambiental para as escolas do entorno do projeto. Distribuir 1.500 cartilhas de educação ambiental;

Projeto 13: Realizar o estudo de diagnóstico do assoreamento na bacia hidrográfica do rio Corumbataí, através de investigação sedimentológica do potencial de assoreamento;

Projeto 15: O projeto visa mostrar e ensinar ao produtor rural ações/operações ambientais para serem implantadas na propriedade rural, e, que, além de preservarem os recursos hídricos (e outros recursos naturais), irão também colaborar no planejamento e rendimento da propriedade, tornando-se, portanto mais atrativas e aceitas pelos produtores rurais;

Projeto 16: Promover a recuperação florestal através do plantio e manutenção de 10,5 hectares de áreas de preservação permanente;

Projeto 18: O empreendimento tem o objetivo de avaliar a eficácia de um sistema de pagamentos por serviços ambientais como estímulo à adoção de práticas de conservação de solo e água e restauração de APP nas microbacias do canã (Joanópolis), do moinho (Nazaré Paulista) e das posses (Extrema). o empreendimento consiste em fases de divulgação do projeto, diagnóstico das propriedades interessadas, construção de 300 bacias de contenção, instalação de 100 caixas de abastecimento de água, proteção e recuperação de 495 ha de app e reserva legal na microbacia das posses, pagamento por serviços ambientais e monitoramento do projeto;

Projeto 19: A restauração das matas ciliares da microbacia do ribeirão monte alegre, engloba ações de restauração de 22,1 hectares de áreas ciliares em torno de 6 nascentes e de 9 córregos no município de Monte Alegre do Sul totalizando o plantio de 27.498 mudas, além de promover a informação e sensibilização de crianças e jovens do ensino fundamental e médio do mesmo município em número projetado de 700 pessoas, cujas ações envolvem atividades de campo e distribuição de material impresso, bem como a divulgação do projeto utilizando-se das diversas formas de mídia durante toda a sua duração;

Projeto 20: Aumentar a vazão das nascentes, no período de estiagem, encontradas ao longo da margem esquerda da represa Paraíso e melhorar a qualidade e quantidade de suas

águas, por esta apresentar valor imensurável para o município. Será restaurado 17,6 hectares;

Projeto 21: O projeto tem por objetivo contribuir com a conservação dos recursos hídricos através do levantamento de dados socioambientais nas microbacias de contribuição dos reservatórios Atibainha e Cachoeira;

Projeto 22: O projeto pretende elaborar estudos para aplicação do projeto "Conservador das Águas no município de Extrema", com pagamento por serviços ecossistêmicos relacionados com a água;

Projeto 23: O projeto tem como meta a restauração de 10 hectares em APP na represa do rio Atibainha no período de 30 meses;

Projeto 24: O projeto foi elaborado tendo em vista a necessidade de preservar e recuperar a bacia hidrográfica do rio Corumbataí, de modo a criar subsídios para a definição de uma base territorial e minuta de lei específica para a criação de uma APRM. Será criado software do sistema gerencial de informações; plano de desenvolvimento e proteção ambiental;

Projeto 26: Elaborar um novo modelo de preservação e recuperação de RH, de modo que haja maior interesse, participação e adesão do produtor rural na implantação de ações/operações ambientais na propriedade rural. Será elaborado 01 projeto piloto;

Projeto 28: O projeto tem por objetivo o reflorestamento da margem esquerda do rio Corumbataí, córrego Goiabal e córrego Sítio Alto, com espécies florestais nativas e assim restaurando suas funções ecológicas e hidrológicas na região. o projeto terá três etapas: 1- aquisição das mudas; 2- implantação do reflorestamento da área degradada e 3- a manutenção do reflorestamento e a importância para a população da preservação das matas ciliares;

Projeto 29: Pagamento a produtores rurais já participantes do projeto conservador das águas (58 propriedades), totalizando 2.000 ha na sub-bacia do rio Jaguari, com remuneração pela manutenção de projetos implantados pela prefeitura. o projeto consiste em caracterização da área (geoprocessamento), negociação com o proprietário, isolamento ou reflorestamento da área e manutenção da APP;

Projeto 30: O estudo propõe o mapeamento dos problemas a serem resolvidos nas futuras ações direcionadas às áreas de proteção permanente, permitindo uma recuperação florestal planejada. Dentre as ações previstas constam levantamento cadastral de propriedades e reuniões com proprietários rurais objetivando a conscientização e comprometimento dos envolvidos, levantamento e georreferenciamento com vistas à definição atual das áreas de preservação permanentes às margens do rio prata e a geração dos devidos mapas cadastrais, diagnóstico de uso e ocupação do solo nestas áreas com as devidas análises físicas e químicas do solo com fins agrônômicos, elaboração de relatórios técnicos de situação e potencialidades de recuperação, elaboração de mapas digitais detalhados das áreas de preservação permanente e caracterização das situações encontradas, relatórios de recomendações e orçamentação para a devida restauração a ser executada;

Projeto 31: Identificação e marcação de 1.200 matrizes florestais nativas de 100 espécies para produção de sementes em quantidade e qualidade promovendo a recomposição florestal da região, com envolvimento dos proprietários de fragmentos florestais, definição de diretrizes para sua conservação, formação de agentes e publicação da metodologia empregada;

Projeto 32: Reflorestamento da margem esquerda do córrego cavalheiro e APP's da fazenda são Francisco no município de Analândia;

Projeto 33: Melhorar a qualidade das futuras restaurações florestais nativas em áreas ciliares de mananciais de abastecimento público, pela identificação e marcação de matrizes florestais regionais, produzindo sementes em quantidade e qualidade, promovendo a diversificação florística e genética em futuros projetos de restauração ciliar. Com isso, as chances de sucesso de futuros projetos de recomposição florestal na região serão elevadas. Para isso, está prevista a identificação e seleção de remanescentes florestais no município de Piracaia, o envolvimento dos proprietários dos fragmentos florestais no projeto, a identificação de matrizes, a definição de diretrizes de conservação dos fragmentos e das matrizes florestais marcadas, a formação de agentes para a marcação de matrizes e produção de sementes e a publicação da metodologia empregada. o principal resultado será a marcação de 1.200 matrizes de 100 espécies e uma publicação para difusão da metodologia utilizada.



Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais
Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 530
13400-970 - Piracicaba, SP - Brasil
Tel.:(19) 2105-8600 - Fax:(19) 2105-8666
E-mail: ipef@ipef.br
Home Page: www.ipef.br

