

Avaliação dos impactos da atividade de silvicultura  
sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiaisAssessment of the impacts of forestry  
activity on the quality of surface waterRafael Z. Guimarães<sup>1</sup>, Fabiano A. de Oliveira<sup>2</sup>, Mônica L. Gonçalves<sup>3</sup>**Resumo**

Realizou-se um monitoramento da qualidade da água superficial em áreas de reflorestamento com espécies de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* no Município de Joinville, Santa Catarina, Brasil, no período de setembro de 2005 a agosto de 2009. Os resultados do monitoramento efetuado em talhões de diferentes idades foram comparados com aqueles realizados em áreas controle de mata nativa. Utilizaram-se no monitoramento os parâmetros temperatura, pH, OD, DBO, SDT, turbidez, CE, N total, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P total, K e a vazão dos cursos d'água. Foram confeccionados mapas temáticos de uso de solo, pedológico e geológico para subsidiar a discussão e a interpretação dos resultados de qualidade de água. O reflorestamento contribuiu para o aumento do pH, condutividade elétrica, turbidez e nitrato, porém essas elevações não foram suficientes para extrapolar os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para rios de Classe 1. Identificou-se que o cultivo de pinus em microbacias com relevo acentuado proporciona maior perda de sedimentos e nutrientes do solo. A utilização de mapeamentos temáticos da área de estudo constituiu uma importante ferramenta para avaliação e interpretação das alterações dos parâmetros de qualidade de água em bacias hidrográficas experimentais.

**Palavras-Chave:** qualidade de água, *Pinus taeda*, Rio Cubatão do Norte;

**Abstract**

A monitoring of superficial water quality in areas reforested with *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* in Joinville, Santa Catarina, Brazil, was accomplished from September 2005 through August 2009. The results obtained from planting areas with different ages were compared with the results from native forest areas. The monitoring focused on the parameters temperature, pH, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total dissolved solids, turbidity, electric conductivity, nitrates, total nitrogen, total phosphorus and potassium, as well as discharge. Thematic maps of land use, geology and soils were made in order to subsidize the discussion about water quality. The reforestation contributed to an increase in pH, electric conductivity, turbidity and nitrate, but was not enough to extrapolate the legal limits set by the Resolution CONAMA 357/05 for Class 1 rivers. The cultivation of *Pinus* in micro watersheds with steep relief allows for an increase of sediment and soil nutrients loss. The use of thematic maps was an important tool for the evaluation and interpretation of water quality parameters change in experimental watersheds.

**Keywords:** water quality, *Pinus taeda*, North Cubatão River

**INTRODUÇÃO**

As florestas da região costeira do Brasil têm sido afetadas pelo desmatamento desde o início do período colonial. De um total de aproximadamente 1,3 milhão de quilômetros quadrados de Mata Atlântica primitiva, restam apenas cerca de 50 mil km<sup>2</sup> – menos de 5% da área original. Dentre as áreas de Mata Atlântica mais devasta-

das, destacam-se as áreas de pinheirais da região Sul do país (IBAMA, 2009).

Segundo Brandão (2003), o consumo de madeira no Brasil em 2003 estava estimado em 300 milhões de metros cúbicos por ano, e, deste total, 50% eram provenientes de florestas nativas. Felizmente, a tendência deste consumo de 150 milhões de metros cúbicos por ano de madeira extraída de florestas nativas é diminuir conside-

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Jardim Botânico - Campus III, Jardim Botânico - 80210-170 - Curitiba, PR – E-mail: [rzguimaraes@gmail.com](mailto:rzguimaraes@gmail.com)

<sup>2</sup> Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Centro Politécnico, Jardim das Américas - 81531-990 - Curitiba, PR – E-mail - [foliveira@ufpr.br](mailto:foliveira@ufpr.br)

<sup>3</sup>Centro de Ciências Tecnológicas - CCT - Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC - Campus Universitário - Prof. Avelino Marcante s/n - Bairro Bom Retiro - Joinville-SC - 89223-100 - E-mail: [dec2mlg@joinville.udesc.br](mailto:dec2mlg@joinville.udesc.br)

ravelmente com o crescimento da atividade de silvicultura que vem conquistando maior espaço no Brasil.

A silvicultura surgiu como uma solução para substituir a fonte de matéria prima na produção de móveis, chapas, aglomerados, papel, celulose, entre outros, e economicamente viável devido à utilização de espécies de crescimento rápido, como é o exemplo do eucalipto e pinus. A preocupação referente ao desenvolvimento desta atividade está nas consequências do uso de espécies exóticas e da prática de monocultura sobre o ecossistema local. Dentre estas consequências, destacam-se os possíveis impactos provenientes da atividade em questão sobre a qualidade da água e a dinâmica hídrica fluvial, provocados principalmente pela exportação de nutrientes e sedimentos pela água de deflúvio e pelo consumo de água no metabolismo das espécies arbóreas.

A pesquisa que deu origem ao trabalho ora apresentado passou a existir em função dos conflitos entre as atividades econômicas desenvolvidas na bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Norte, município de Joinville, SC, e a manutenção da qualidade e da disponibilidade de água, identificados durante a realização das assembleias para o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte, desenvolvido pelo Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão do Norte e Cachoeira (CCJ). Dentre as atividades discutidas nas assembleias, as polêmicas em torno dos possíveis impactos da atividade de silvicultura realizada no alto curso do Rio Cubatão do Norte impulsionaram o desenvolvimento deste estudo na microbacia do Rio Campinas, que abrange grande parte da área reflorestada (GONÇALVES *et al.*, 2006).

No segundo semestre de 2007, o CCJ lançou o livro intitulado "Elaboração do Plano Diretor dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte", no qual consta um conjunto de ações que visam garantir a disponibilidade de água para a região nos próximos 25 anos. Uma das ações para o setor da agropecuária e irrigação é estudar a viabilidade da manutenção da silvicultura na bacia em função dos impactos sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos (GONÇALVES *et al.*, 2007).

Lima e Zakia (1998), ao estudarem os indicadores hidrológicos em áreas florestais,

afirmam que o uso de microbacia como unidade geomorfológica da paisagem apresentou-se como a forma mais apropriada para avaliar as interações entre o uso de solo e o ecossistema local, pois pode funcionar como uma manifestação espacialmente bem definida de um sistema natural aberto, dentro do qual as atividades florestais estarão, inevitavelmente, influenciando o seu funcionamento hidrológico e biogeoquímico.

O estudo da qualidade da água é de grande importância quando se visa diagnosticar a vitalidade da microbacia, uma vez que esta integra processos geomorfológicos, hidrológicos e biológicos, dentre outros. A alteração de qualquer um desses processos afetará um ou mais parâmetros (Oki, 2002).

Neste contexto, o trabalho tem como objetivo avaliar os impactos da atividade de silvicultura sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais através do monitoramento da qualidade e quantidade das águas superficiais em áreas de reflorestamento com *Pinus taeda* e *elliottii* e em área de mata nativa, na bacia hidrográfica do Rio Campinas, município de Joinville, região nordeste do Estado de Santa Catarina.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

As microbacias experimentais utilizadas neste estudo estão localizadas em área de reflorestamento no município de Joinville, região nordeste de Santa Catarina, em altitude média de 800 metros (Figura 1). A fazenda localiza-se no alto curso do rio Cubatão do Norte, próxima à escarpa da Serra do Mar, estando inserida na bacia hidrográfica do rio Campinas e na bacia do rio 2 (sem nome), ambos tributários do rio Cubatão do Norte (Figura 2).

Todos os cursos de água monitorados neste estudo pertencem à Classe 1 de corpos de água doce, conforme a Portaria Estadual 024/79, que enquadra os cursos d'água do Estado de Santa Catarina na classificação estabelecida pela Portaria GM n° 0013, de 15 de janeiro de 1976 (SANTA CATARINA, 1979).

Segundo a classificação de Köppen, ocorre na área de estudo o tipo climático Cfb, caracterizado por verão chuvoso e moderadamente quente, úmido em todas as estações (GONÇALVES, *et al.*, 2006). A precipitação média anual na região é de 1700 a 2100 mm, com períodos mais chuvosos na primavera

e verão, e máximas nos meses de janeiro e fevereiro, menor pluviosidade no outono e inverno, com mínimas em junho e julho. Porém esta variação não é acentuada entre estes períodos, podendo ocorrer precipitações intensas em qualquer época do ano (GONÇALVES, *et al.*, 2006).

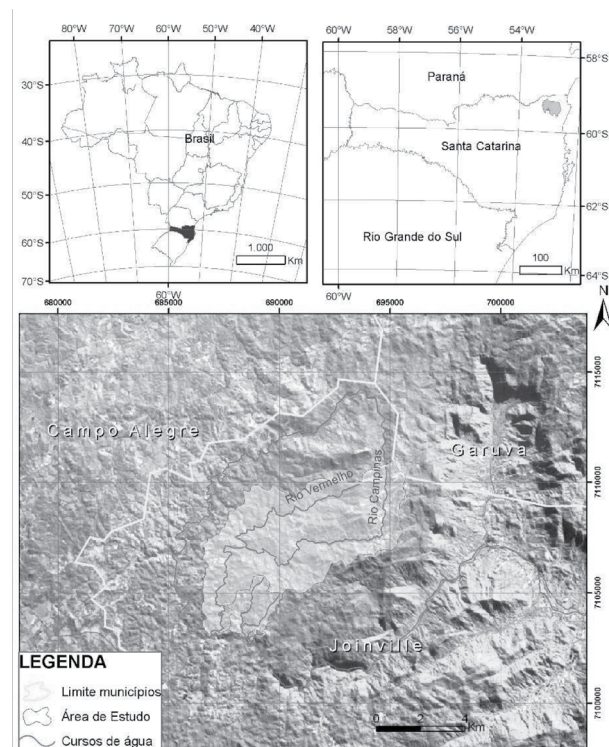
Conforme Oliveira (2006), na região da área de estudo predominam cambissolos háplicos e argissolos da subordem vermelho-amarelo. No contexto geológico, a área de estudo está inserida no Complexo Luis Alves que contém rochas metamórficas predominantemente do tipo gnaiss granulítico, com intrusão de corpo granítico.

### Metodologia

Os procedimentos metodológicos podem ser divididos em 5 fases: (1) pesquisa bibliográfica, cartográfica e coleta de dados; (2) preparo dos trabalhos de campo; (3) trabalhos de campo; (4) procedimentos laboratoriais; (5) análise dos resultados e redação do artigo final. Cabe ressaltar que algumas fases ocorreram simultaneamente ou perduraram durante todo o estudo.

### Pesquisa bibliográfica e coleta de dados

No levantamento bibliográfico consultou-se livros, artigos e teses para aprofundar a compreensão dos processos envolvidos na alteração da qualidade da água em áreas de reflorestamento

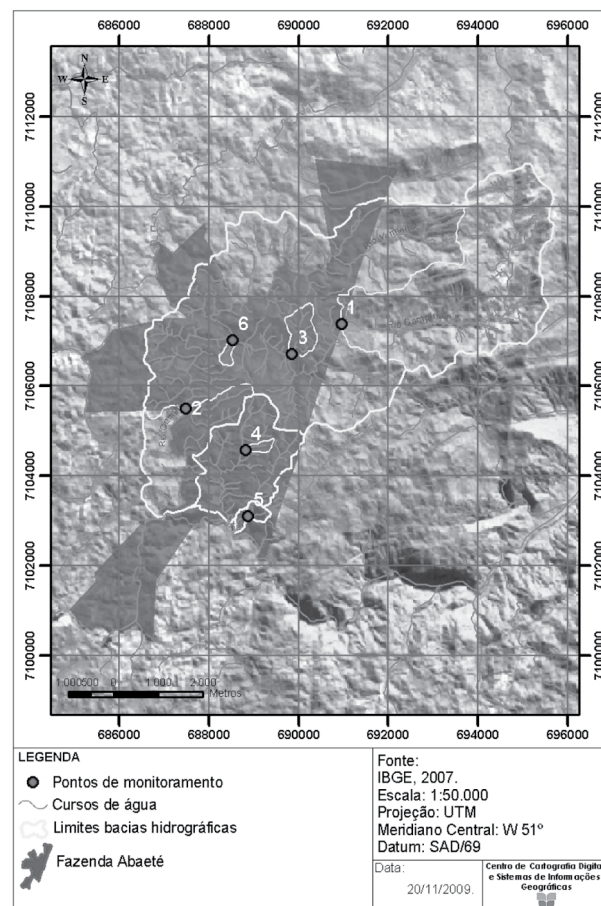


**Figura 1.** Localização da área de estudo a nível nacional, estadual e regional.

**Figure 1.** Location of the studied area at national, state and local scale.

e mata nativa do bioma de mata atlântica, assim como normas e manuais para obtenção e identificação das técnicas e procedimentos laboratoriais e de campo, de análises de parâmetros de qualidade de água e dos procedimentos para medição de vazão. A pesquisa cartográfica visou a organização da base cartográfica digital de trabalho por meio de dados cartográficos vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, do acervo do Centro de Cartografia Digital e Sistemas de Informações Geográficas da Universidade da Região de Joinville e da base de dados de cartografia digital da empresa reflorestadora que administra a fazenda estudada.

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos da Estação Pluvio-fluviométrica Abaeté do Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão do Norte e Cachoeira (CCJ). Esta estação localiza-se no interior da Fazenda Abaeté, na área de estudo, e registra dados de precipitação e do nível do Rio Cubatão do Norte com periodicidade horária. No entanto, para este trabalho foram utilizados os dados de totais mensais.



**Figura 2.** Localização dos pontos de monitoramento e suas respectivas áreas de drenagem, sub-bacia do Rio Campinas, Joinville - SC

**Figure 2.** Location of the monitoring points and their drainage areas, Campinas River watershed, Joinville - SC.

### Preparo dos trabalhos de campo

Para avaliar os impactos da atividade de silvicultura sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais, foram definidos seis pontos de coleta de água superficial: quatro pontos em diferentes microbacias hidrográficas experimentais existentes na fazenda reflorestada e dois pontos no rio Campinas, principal rio que corta o reflorestamento, sendo um dos pontos situado a montante (Ponto 1) e outro a jusante da área de reflorestamento (Ponto 2). As quatro microbacias experimentais, que possuem suas nascentes e foz no interior da fazenda, foram selecionadas de acordo com o tempo de plantio dos projetos de reflorestamento das espécies de pinus: projeto de *Pinus taeda* plantados em 1999 (Ponto 3 – *Pinus* Jovem); *Pinus taeda* plantados em 1991 (Ponto 4 – *Pinus* Médio); *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* plantados no início da década de 70 (Ponto 5 – *Pinus* Velho) e área de mata nativa (Ponto 6), que foi utilizada como um padrão para o comparativo entre as microbacias (Figura 2). Em todos os seis pontos de coleta de água superficial foram tomadas as coordenadas métricas (UTM) com o auxílio do aparelho receptor do Sistema de Posicionamento Global – GPS conforme a Tabela 1.

Foram confeccionados dois mapas de apoio às coletas contendo os pontos de monitoramento, os cursos de água envolvidos e as vias ou trilhas de acesso aos pontos de monitoramento, associados a imagens de satélite Landsat de 2005 e 2007.

### Trabalhos de campo

Foram realizadas 35 amostragens de água para análise dos parâmetros físicos e químicos no período compreendido entre setembro de 2005 e agosto de 2009, e 30 coletas de dados de vazão nos pontos de monitoramento no período entre abril de 2006 e agosto de 2009.

As amostragens dos cursos de água superficiais monitorados foram realizadas conforme as técnicas dispostas na NBR 9898 de 1987 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987).

Foram mensurados in loco os parâmetros de temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica com auxílio de um equipamento multiparâmetro.

Para avaliar a quantidade de água superficial em cada ponto de monitoramento, empregou-se o método de meia seção proposto por Santos *et al.* (2001), por meio da construção de um perfil transversal dos canais fluviais monitorados. Neste método, a medição da vazão (Q) é dada pela tomada da largura do rio, assim como de suas profundidades em intervalos regulares (verticais) estabelecidos segundo sua largura. Nas mesmas verticais são medidas as velocidades médias (Vm) do fluxo hídrico em toda a coluna d'água com um micromolinetete Global Water, modelo FP201. As áreas dos segmentos (A) correspondentes às adjacências das verticais foram calculadas e em seguida multiplicadas pelos valores de velocidade média de cada vertical, obtendo-se vazões parciais ( $Q_p = A \times V_m$ ). A vazão total é obtida pela soma das vazões parciais ( $Q_t = Q_{p1} + Q_{p2} + \dots + Q_{pn}$ ).

### Procedimentos Laboratoriais

As amostras de água coletadas foram devidamente acondicionadas de acordo com as necessidades de preservação dos parâmetros físicos e químicos a serem analisados. As técnicas de preservação e acondicionamento das amostras seguiram a norma NBR 9898.

Foram analisados nos laboratórios da Universidade da Região de Joinville os parâmetros de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) através da DBO<sub>5</sub>, turbidez pelo método nefelométrico (turbidímetro), sólidos dissolvidos totais (SDT) pelo método gravimétrico e fósforo total (P), nitrogênio total (N), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), e potássio (K) através do método de espectrofotometria UV-VIS.

As metodologias das análises seguiram as técnicas referenciadas no Standard Methods bem como as Normas Brasileiras - NBR da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (GREENBERG, 1998).

**Tabela 1.** Localização geográfica dos pontos de coleta de água.

**Table 1.** Geographic location of water sampling points.

Pontos	Coordenadas UTM	Área em que passa o rio	Rio/ Tipo de Reflorestamento
1	690958; 7107384	Entrada fazenda	Rio Campinas
2	687492; 7105487	Saída fazenda	Rio Campinas
3	689815; 7106744	<i>Pinus taeda</i> de 1999	Córrego - <i>Pinus</i> Jovens
4	688823; 7104587	<i>Pinus taeda</i> de 1991	Córrego - <i>Pinus</i> Adulto
5	688876; 7103107	<i>Pinus taeda</i> e <i>elliottii</i> de 1971	Córrego - <i>Pinus</i> Velho
6	688515; 7107030	Mata nativa	Córrego - Mata Nativa

Os produtos cartográficos de apoio às análises foram confeccionados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica no programa ArcView 9.2 e incluem o recorte e a adequação de mapeamentos geológicos e pedológicos, confecção de modelo digital do terreno e de cartas de declividades e de orientação de vertentes. Foram utilizados para compor a base cartográfica digital de trabalho mapas cedidos pela empresa que faz o manejo do reflorestamento, elaborados a partir de fotos aéreas de 1999, na escala de 1:30.000, assim como cartas topográficas disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:50.000.

### **Análise dos resultados e redação de artigo final**

Para avaliação dos impactos da atividade de silvicultura sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais foram realizados dois comparativos globais entre os dados de qualidade e quantidade de água e de precipitação pluviométrica mensal: (1) comparativo entre os dados levantados nos dois pontos de monitoramento do Rio Campinas, Ponto 1, na entrada do reflorestamento que possui apenas influência de mata nativa, e o Ponto 2 à jusante do reflorestamento; (2) comparativo entre as microbacias experimentais com diferentes idades dos talhões de pinus e a microbacia experimental da mata nativa.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Qualidade da água**

A análise da amplitude, média, mediana e desvio padrão dos dados de qualidade da água indica importantes diferenças entre os pontos de monitoramentos. Comparando-se à Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), os parâmetros que estiveram em desacordo com os limites estabelecidos para rios de Classe 1 foram pH, OD, DBO e fósforo total. O pH teve seu limite inferior extrapolado no rio Campinas à montante da fazenda – Ponto 1 e na microbacia experimental com *Pinus taeda* plantados em 1999 – Ponto 3, na coleta realizada em fevereiro de 2006, ocasião em que foi registrado 5,5 nos dois primeiros pontos. Nas demais coletas o pH manteve-se em conformidade com a referida resolução (Tabela 2).

O parâmetro OD apresentou valor inferior ao estabelecido pela Resolução CONAMA 357 para rios de Classe 1 no Ponto 1 (Rio Campinas –

entrada da fazenda) e no Ponto 3 (*Pinus* 1999), mas foi um evento isolado ocorrido em janeiro de 2006. Pelas médias e medianas apresentadas na Tabela 2, observa-se que os cursos de água monitorados apresentaram ótimas condições de oxigenação das águas no decorrer do monitoramento. Essa condição é mantida principalmente pela presença de sucessivas corredeiras nos leitos fluviais monitorados, em função do relevo suavemente ondulado da área em estudo, como observado em campo.

Quanto à DBO, em todos os pontos de monitoramento foram registrados índices acima de 3,00 mg O<sub>2</sub>L<sup>-1</sup> em cerca de 63% das 35 coletas realizadas. Este fato pode ser explicado pelo alto índice pluviométrico da região em estudo, com média anual entre 1700 e 2100 mm (GONÇALVES *et al.*, 2006), e relevo suavemente ondulado, o que proporciona um carreamento de sedimentos e matéria orgânica aos cursos de água. Nas microbacias experimentais com reflorestamento de pinus, Pontos 3, 4 e 5, foram registradas as menores médias de DBO se comparados aos demais pontos monitorados, mas ainda mantiveram-se acima ou bem próximos ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para rios de Classe 1 (Tabela 2). Chaves e Corrêa (2005) verificaram que o teor de matéria orgânica (MO) em solo é, geralmente, encontrado em menor quantidade em áreas reflorestadas com espécies de pinus que em ambientes de florestas tropicais naturais, devido à demorada decomposição das acículas, o que explica a menor DBO registrada nas microbacias com pinus.

Com relação ao fósforo total, em todos os pontos monitorados foram registradas concentrações iguais ou superiores ao limite de 0,10 mg L<sup>-1</sup> P para rios de Classe 1 em pelo menos uma das amostragens realizadas, inclusive nas áreas com influência predominante de mata nativa (Pontos 1 e 6). Segundo Sperling (2007), concentrações de P total acima de 0,10 mg L<sup>-1</sup> P em cursos de água podem favorecer o processo de eutrofização com o crescimento acelerado de algas, altas taxas de consumo de oxigênio e aumento da concentração de sólidos em suspensão e turbidez. Na maior parte do período monitorado a concentração de P total ficou em torno de 0,03 a 0,07 mg L<sup>-1</sup> P, conforme demonstra a média e a mediana de cada ponto de monitoramento. O alto índice do desvio padrão indica que este parâmetro apresentou uma grande variação durante o período de estudo, e está associado às flutuações

**Tabela 2.** Amplitude, média, mediana e desvio padrão dos principais parâmetros analisados em cada ponto de monitoramento.  
**Table 2.** Amplitude, mean, median and standard deviation of the analyzed parameters at each monitoring point

Parâmetro	Temperatura (°C)	pH (-)	CE (µS cm <sup>-1</sup> )	OD (mgO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	DBO (mgO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	STD (mg L <sup>-1</sup> )	Turbidez (NTU)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	P. Total (mg L <sup>-1</sup> )	Vazão (L s <sup>-1</sup> )
<b>Limite*</b>	<b>NO</b>	<b>6,0 - 8,0</b>	<b>NO</b>	<b>&gt; 6,0</b>	<b>3</b>	<b>500</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>0,10</b>	<b>NO</b>
1 Ponto	Amplitude 10,6 - 20,8 Média 15,2 Mediana 14,8 Desvio Padrão 2,68	5,5 - 7,8 6,8 6,7 0,64	7 - 17,89 13,1 13 3,05	5,1 - 12,7 9,2 9,1 1,54	0,24 - 5,76 3,3 3,3 1,47	4 - 127 33,4 29 24,85	0 - 3,12 1,23 1,02 0,64	0,5 - 1,3 0,8 0,9 0,24	0,01 - 0,10 0,04 0,03 0,02	157,45 - 1781,73 657,87 557,6 446,91
2 Ponto	Amplitude 10 - 23 Média 16 Mediana 16,1 Desvio Padrão 2,92	6 - 8,08 7,2 7,1 0,49	11 - 35,8 24,6 23,8 6,74	6,2 - 12,43 9,4 9,2 1,5	0,8 - 5,7 3,4 3,8 1,44	17 - 260 54,6 41 45,9	0 - 5,6 1,9 1,8 1,1	0,5 - 1,2 0,9 0,8 0,19	0,01 - 0,10 0,04 0,04 0,02	448,2 - 3053,9 1206,03 925,45 743,01
3 Ponto	Amplitude 10,9 - 19,3 Média 15,1 Mediana 14,56 Desvio Padrão 2,28	5,5 - 7,9 7,2 7,2 0,45	20 - 57,5 40 39 9,28	5,1 - 11,92 8,8 8,7 1,48	0,61 - 5,1 3 3,3 1,22	32 - 331 73,6 62,5 52,47	1,2 - 33 6,63 4,39 7,39	0,8 - 2,6 1,58 1,65 0,47	0,02 - 0,11 0,06 0,05 0,03	1,42 - 42 14,22 13,29 10,69
4 Ponto	Amplitude 10 - 20,9 Média 16 Mediana 16,1 Desvio Padrão 2,64	6,5 - 8 7,2 7,2 0,44	18 - 52,4 34,8 32,5 9,17	6,0 - 11,0 8,5 8,6 1,1	0,94 - 5,37 2,9 2,8 1,26	11 - 98 53,1 51,1 21,7	2,6 - 34,5 9,1 7,1 6,85	0,2 - 1,4 0,65 0,6 0,25	0,02 - 0,14 0,05 0,04 0,03	0,11 - 33,98 10,38 6,05 9,2
5 Ponto	Amplitude 13,9 - 19,1 Média 16,2 Mediana 16,1 Desvio Padrão 1,4	6,5 - 7,9 7,3 7,3 0,38	29 - 58,1 44,6 43,4 8,9	6,6 - 10,48 8,6 8,4 1,04	0,3 - 4,74 2,93 3,18 1,24	34 - 264 70,5 55 54,81	0 - 26,3 4,3 2,92 4,76	1,4 - 2,8 2,1 2,1 0,37	0,01 - 0,19 0,05 0,04 0,04	1,36 - 15,31 6,34 5,11 3,83
6 Ponto	Amplitude 10,1 - 19,2 Média 15 Mediana 14,9 Desvio Padrão 2,28	6,6 - 7,8 7,2 7,27 0,41	22 - 60,5 42,9 38,8 10,3	6,8 - 11,68 8,73 8,68 1,14	0,6 - 6,32 3,18 3,35 1,4	28 - 147 65,2 59,5 24,25	0,6 - 27,8 5,37 4,25 5,16	0,5 - 1,3 0,9 0,9 0,24	0,02 - 0,16 0,07 0,07 0,04	11,34 - 89,75 3,9 3,08 2,68

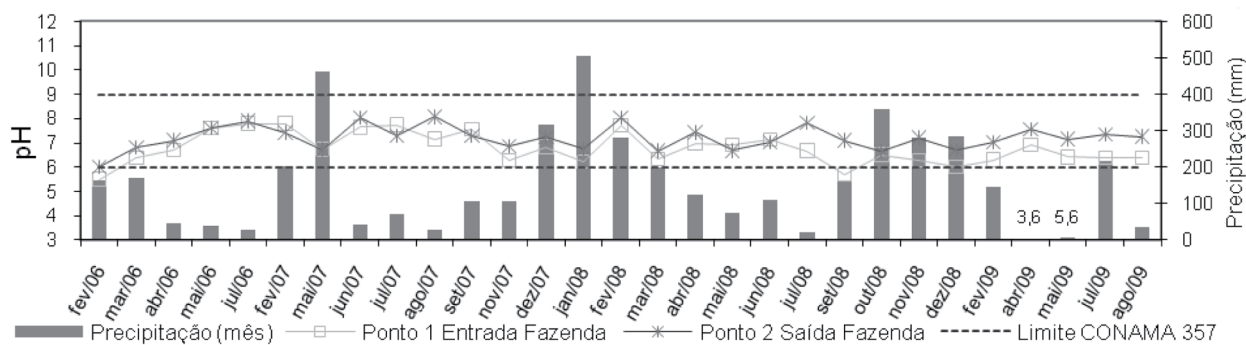
\* Limite segundo Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) para águas doces de classe I.; NO: Não objetável; **XX** - Valores iguais ou em desacordo ao limite CONAMA 357.

registradas entre o período de estiagem (abril a setembro) e o período de chuva (outubro a março). Este comportamento pode ser avaliado nas Figuras 7 e 12.

Na análise geral entre o monitoramento realizado no período de setembro de 2005 a agosto de 2009, observa-se que o rio Campinas apresentou um aumento de temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez e nitrato após percorrer a fazenda reflorestada (Figuras 3 a 7). As alterações registradas variam de suaves a bruscas e apresentam caráter de variação sazonal.

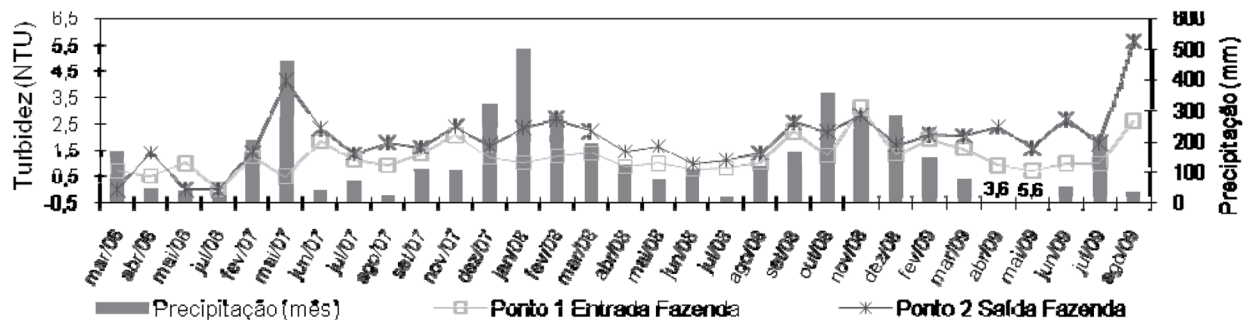
O pH do rio Campinas foi mais elevado a jusante do reflorestamento em 72,4% das amostragens se comparado com o Ponto 1, a montante do reflorestamento. A elevação média apresentada foi de 0,30 unidades de pH (Figura 3). As elevações mais significativas foram 1,40 (set/08), 1,16 (jul/08), 0,94 (jul/09), 0,93 (nov/08) e 0,92 (ago/07) unidades de pH.

O pH do rio Campinas demonstrou um comportamento de variação sazonal, com a tendência de apresentar-se mais alcalino no período de estiagem.



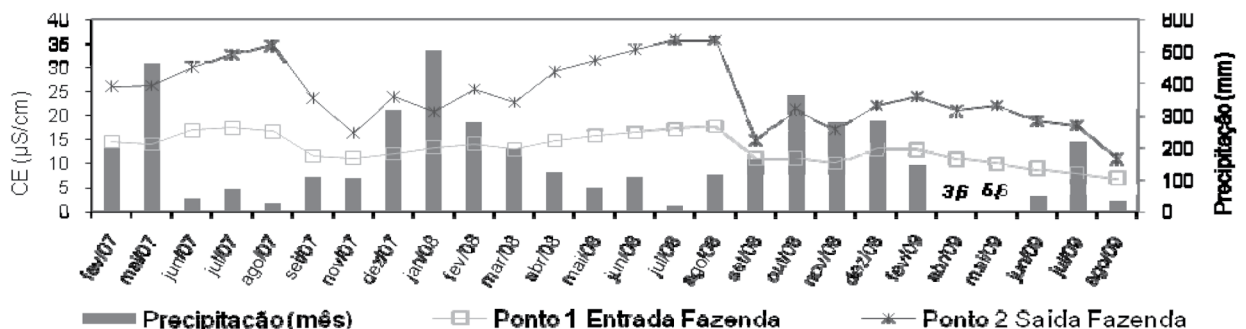
**Figura 3.** Comparativo entre precipitação e o parâmetro pH nos Pontos 1 e 2, Rio Campinas na entrada e saída da fazenda reflorestada, respectivamente.

**Figure 3.** Comparison between precipitation and the parameter pH at Points 1 and 2, Rio Campinas, at entrance and exit of the forest farm, respectively.



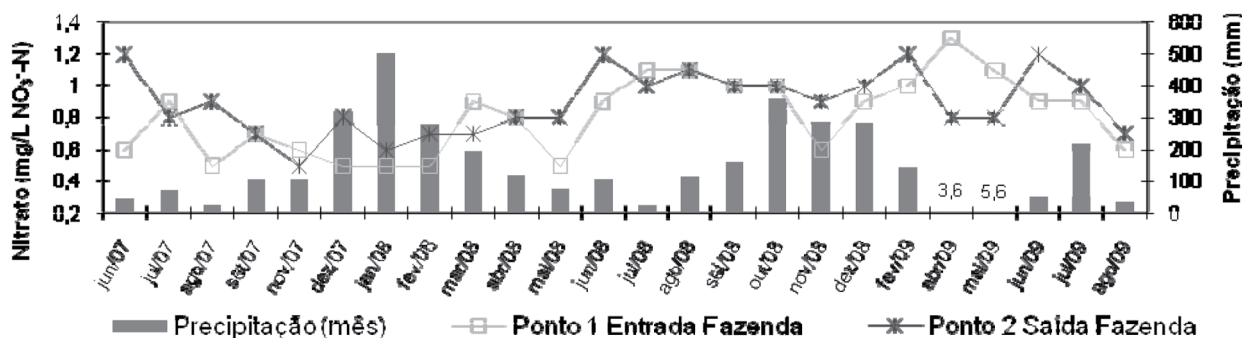
**Figura 4.** Comparativo entre precipitação e o parâmetro turbidez nos Pontos 1 e 2, Rio Campinas na entrada e saída da fazenda reflorestada, respectivamente. Limite para rios de Classe 1: 40 NTU (BRASIL, 2005).

**Figure 4.** Comparison between precipitation and the parameter turbidity at Points 1 and 2, Rio Campinas, at entrance and exit of the forest farm, respectively. Limit for Class 1 rivers: 40 NTU (BRASIL, 2005).

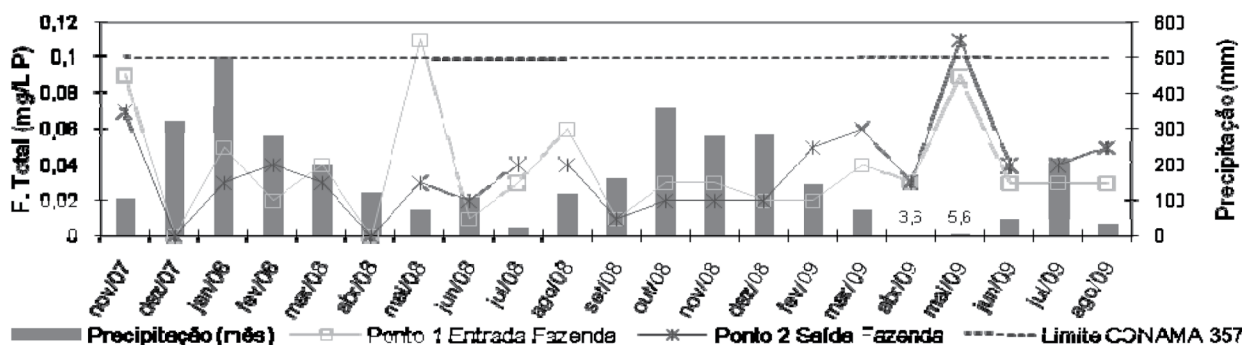


**Figura 5.** Comparativo entre precipitação e o parâmetro condutividade elétrica (CE) nos Pontos 1 e 2, Rio Campinas na entrada e saída da fazenda reflorestada, respectivamente. Limite para rios de Classe 1: Não objetável (BRASIL, 2005).

**Figure 5.** Comparison between precipitation and the parameter electrical conductivity (EC) at points 1 and 2, Rio Campinas, at the entrance and exit of the forest farm, respectively. Limit for Class 1 rivers: non-objectable. (BRASIL, 2005).



**Figura 6.** Comparativo entre precipitação e o parâmetro nitrato nos Pontos 1 e 2, Rio Campinas na entrada e saída da fazenda reflorestada, respectivamente. Limite para rios de Classe 1: 10 mg/L NO<sub>3</sub>-(BRASIL, 2005).  
**Figure 6.** Comparison between precipitation and the parameter nitrate in Points 1 and 2, Rio Campinas at the entrance and exit of the forest farm, respectively. Limit for Class 1 rivers: 10 mg/L NO<sub>3</sub>-(BRASIL, 2005).



**Figura 7.** Comparativo entre precipitação e o parâmetro fósforo total nos Pontos 1 e 2, Rio Campinas na entrada e saída da fazenda reflorestada, respectivamente.  
**Figure 7.** Comparison between precipitation and the parameter total phosphorus in Points 1 and 2, Rio Campinas at the entrance and exit of the forest farm, respectively.

Em 87% das amostragens, a turbidez manteve-se maior a jusante do reflorestamento (Ponto 2) quando comparado aos resultados obtidos a montante (Ponto 1), como pode ser observado na Figura 4. A área reflorestada mostrou-se mais suscetível ao carregamento de sólidos pelo deflúvio nos eventos de maiores pluviosidade, como é o exemplo das amostragens realizadas em maio e dezembro de 2007, e janeiro e fevereiro de 2008, onde o ponto a jusante apresentou um aumento considerável na turbidez comparado com o ponto sobre o rio Campinas situado a montante da fazenda.

De acordo com Corrêa (2005), a rede viária no setor florestal é a principal fonte de sedimentos que alcançam os cursos de água, necessitando de práticas de conservação para evitar efeitos negativos como aumento excessivo de turbidez e assoreamentos dos rios, perda de fertilidade dos solos, entre outros.

A condutividade elétrica (CE) manteve-se maior no ponto de monitoramento sobre o rio Campinas a jusante do reflorestamento (Ponto 2) em todas as coletas comparado ao ponto a montante (Ponto 1). A amplitude da condutividade elétrica no Ponto 1 variou entre 7  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (ago/09) e 17,89  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (ago/08) enquanto que

no Ponto 2 variou entre 11  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (ago/09) e 35,80  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (jul/08) (Tabela 2). Arcova (1996) informa que a CE está diretamente ligada à concentração de íons na água, que pode indicar a presença de nutrientes na forma iônica, como nitratos, nitritos, fósforo total, cálcio, magnésio e potássio. O mesmo autor afirma ainda que a condutividade elétrica apresenta uma variação sazonal bastante característica, com tendência a diminuir no período chuvoso e aumentar no período de estiagem.

Esta variação sazonal entre os períodos chuvoso e de estiagem está evidente na Figura 5. No período de estiagem, que normalmente ocorre entre abril a agosto, a condutividade das águas do rio Campinas aumentou de forma considerável quando comparado ao período chuvoso que a antecedeu. O ponto de monitoramento a jusante do reflorestamento apresentou uma variação mais acentuada que o ponto de monitoramento a montante, e pode estar relacionado tanto com o uso do solo, tipo de solo e de rocha da bacia de contribuição quanto com a própria extensão da bacia de contribuição de cada ponto de monitoramento.

Apesar da condutividade das águas do rio Campinas ter aumentado consideravelmente após



percorrer a fazenda reflorestada com pinus, a concentração de nitrato e de fósforo total não acompanhou este aumento como esperado. Em cerca de 54,2% das coletas realizadas o  $\text{NO}_3^-$  apresentou-se mais elevado na saída do reflorestamento se comparado com a entrada, e para o fósforo total este índice foi de 42,8% (Figuras 6 e 7).

Portanto, o aumento da condutividade elétrica do rio Campinas durante o monitoramento não ocorreu diretamente em função das concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e de P total, o que indica que outros compostos ionizados podem estar influenciando a qualidade da água do rio Campinas em área de reflorestamento.

Nas análises dos resultados da pesquisa realizada no período de 2006 a 2007, constatou-se que os córregos tributários do rio Campinas inseridos na área do reflorestamento diminuem consideravelmente sua contribuição para o rio principal no período de estiagem, indicando a efemeridade destes (GUIMARÃES, 2008). Esta característica foi evidenciada no período de janeiro a junho de 2008, onde a vazão à jusante comparada com a de montante mostra incrementos cada vez menores (Figura 8).

Exemplo disso ocorreu em janeiro de 2008, quando o rio Campinas obteve um incremento de  $1,02 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  no volume de água após percorrer a fazenda. Em junho o aumento foi de apenas  $0,10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

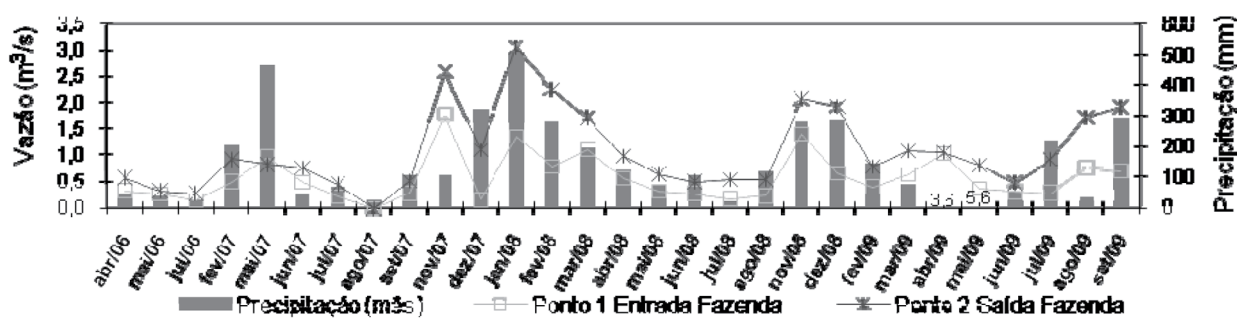
Na análise conjunta dos resultados nos pontos 3, 4, 5 e 6, observa-se que as maiores concentrações de nitrato e potássio e índices de condutividade foram registrados na microbacia experimental *Pinus* 1971 (Ponto 5), seguida das microbacias experimentais *Pinus* 1999 (Ponto 3) e da microbacia experimental *Pinus* 1992 (Figuras 9 a 11). Lima e Zaika (1998) afirmam que microbacias com cobertura vegetal não perturbada apresentam saídas mínimas de nutrientes pela água do deflúvio, e que quanto maior for a

idade do florestamento maior tende a ser a estabilidade no balanço de nutrientes. Essa tendência foi observada entre os talhões monitorados, exceto na microbacia experimental com *Pinus* plantados em 1971 (Ponto 5), onde a maior perda de nitrato e potássio pela água do deflúvio pode ser explicada pela maior declividade da bacia se comparada com as demais.

Oki (2002), avaliando o efeito do corte raso em plantações de *Pinus taeda*, verificou que a retirada da cobertura vegetal foi o maior responsável pela saída de nutrientes da microbacia hidrográfica, mas que pode ser minimizada por formas adequadas de manejo. Alguns nutrientes como o N, K, Mg, Ca e Fe em condições de precipitação inferior a 150 mm apresentaram picos de saída de nutrientes por deflúvio após o início do corte raso da floresta, e após cinco meses, a maioria dos nutrientes estavam estabilizados, com exceção de alguns que responderam ao corte em períodos diferenciados. Esta pesquisa constatou a resposta quase que imediata dos parâmetros analisados ao corte raso efetuado na área de estudo, evidenciando a sensibilidade de uma microbacia em função da cobertura vegetal e do uso do solo.

Verificou-se que os parâmetros nitrato e potássio apresentaram uma forte relação com a condutividade elétrica durante todo o monitoramento. Esta relação é importante, pois permite identificar de forma rápida as oscilações na exportação de nutrientes das microbacias pelo deflúvio através do monitoramento da condutividade elétrica, que é um parâmetro de fácil mensuração.

O fósforo total demonstrou um comportamento diferente dos parâmetros de condutividade elétrica, nitrato e de potássio. O fósforo total apresentou uma sazonalidade marcante, com tendência de aumento no período de estiagem, como ocorreu entre julho e agosto de 2008 e

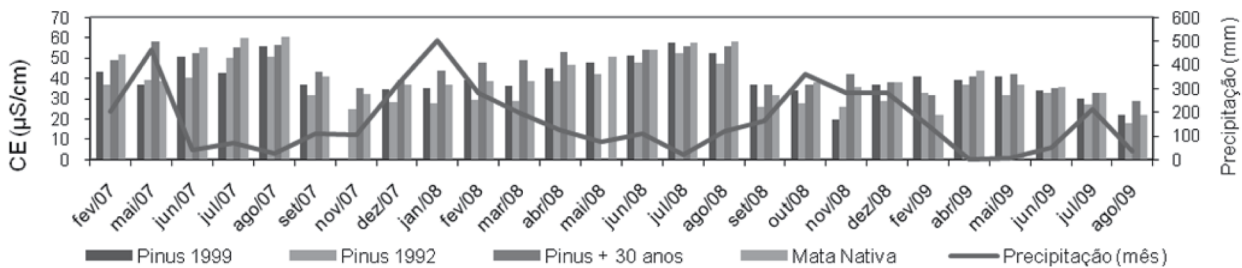


**Figura 8.** Comparativo entre precipitação e a vazão dos Pontos 1 e 2, Rio Campinas na entrada e saída da fazenda reflorestada, respectivamente.

**Figure 8.** Comparison between precipitation and discharge of points 1 and 2, Rio Campinas at the entrance and exit of the forest farm, respectively.

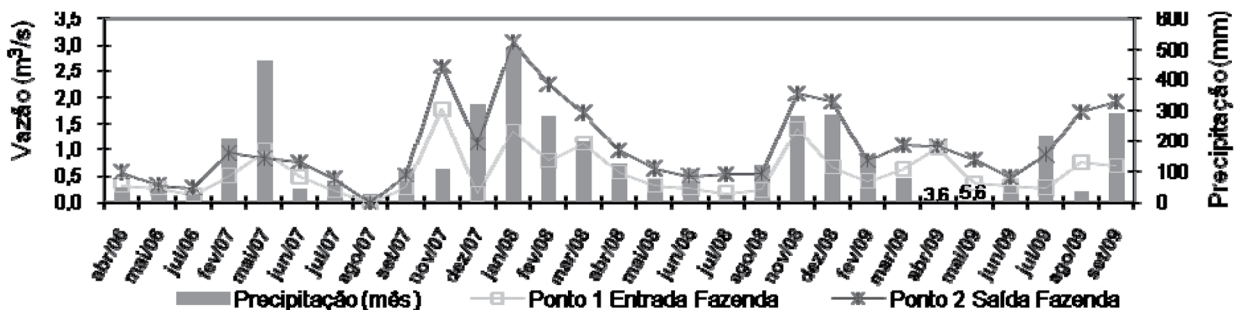
março e maio de 2009 (Figura 12). Nos períodos chuvosos, em função da maior quantidade de água, pode estar ocorrendo um efeito de diluição do fósforo total que apresenta-se em menor concentração se comparado ao período de estiagem.

O comportamento dos parâmetros de OD e SDT em áreas de reflorestamentos apresentou-se bastante semelhante ao comportamento registrado em áreas de mata nativa durante o período monitorado.



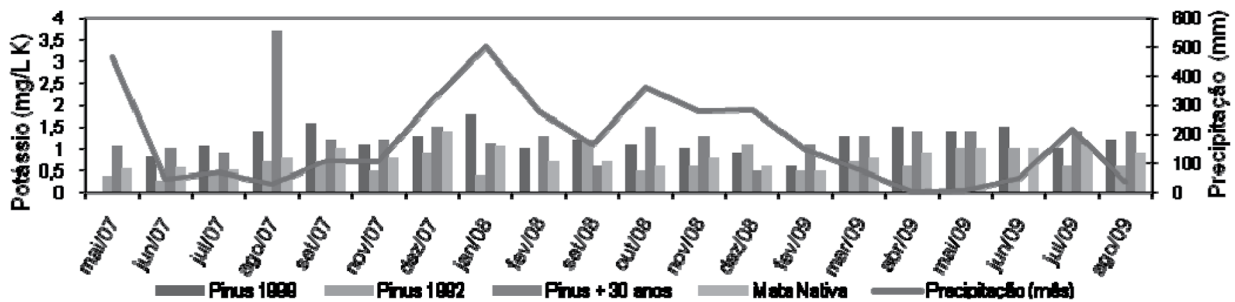
**Figura 9.** Relação entre precipitação e a condutividade elétrica (CE) nos Pontos 3, 4, 5 e 6. Limite para rios de Classe 1: Não objetável (BRASIL, 2005).

**Figure 9.** Relationship between precipitation and electrical conductivity (EC) at points 3, 4, 5 and 6. Limit for Class 1 rivers: non-objectionable (BRASIL, 2005).



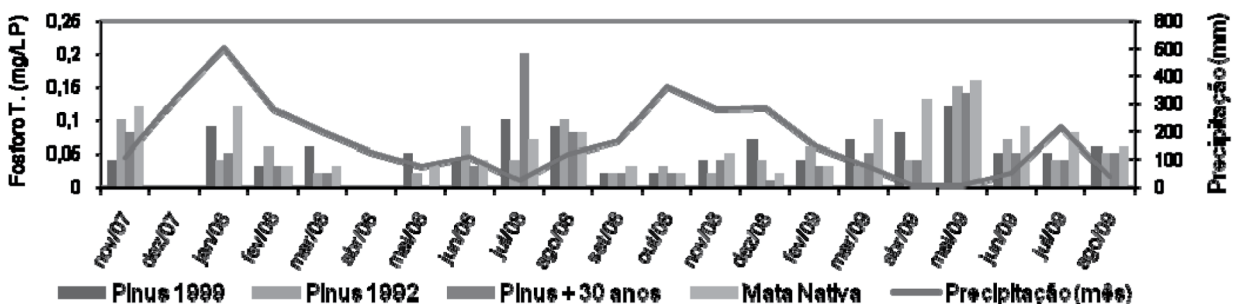
**Figura 10.** Relação entre precipitação e o parâmetro nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nos Pontos 3, 4, 5 e 6. Limite para rios de Classe 1: 10 mg/L  $\text{NO}_3^-$  (BRASIL, 2005).

**Figure 10.** Relationship between precipitation and the parameter nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) at Points 3, 4, 5 and 6. Limit for Class 1 rivers: 10 mg/L  $\text{NO}_3^-$  (BRASIL, 2005).



**Figura 11.** Relação entre precipitação e o parâmetro potássio (K) nos Pontos 3, 4, 5 e 6. Limite para rios de Classe 1: Não objetável (BRASIL, 2005).

**Figure 11.** Relationship between precipitation and the parameter potassium (K) at points 3, 4, 5 and 6. Limit for Class 1 rivers: non-objectionable (BRASIL, 2005).



**Figura 12.** Relação entre precipitação e o parâmetro fósforo total (P) nos Pontos 3, 4, 5 e 6. Limite para rios de Classe 1: 0,10 mg/L P (BRASIL, 2005).

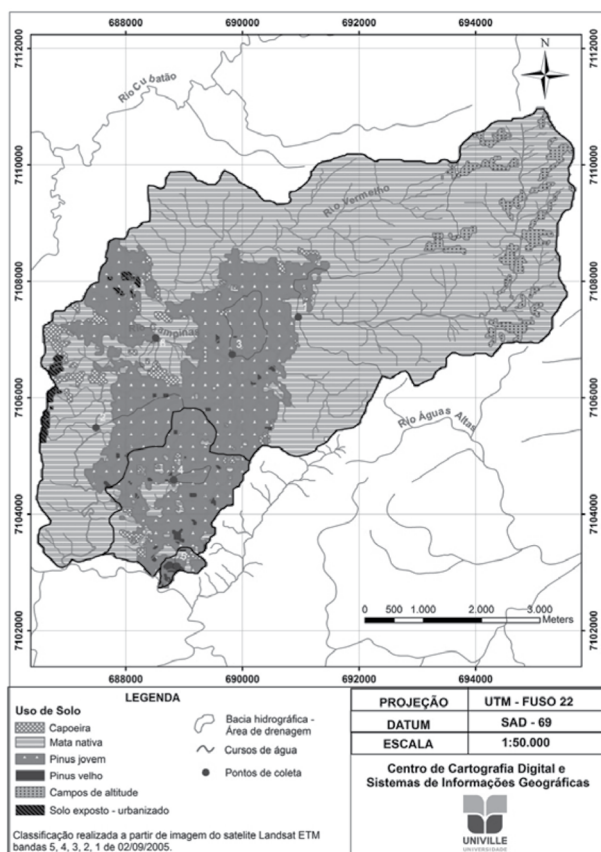
**Figure 12.** Relationship between precipitation and the parameter total phosphorus (P) at points 3, 4, 5 and 6. Limit for Class 1 rivers: 0.10 mg/L P (BRASIL, 2005).

## Produtos cartográficos

A utilização de parâmetros de qualidade de água para avaliar os impactos de uma determinada atividade antrópica sobre os recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, é tarefa complexa e deve ser realizada com bastante cautela, visto que a alteração de determinados parâmetros, em um dado período de tempo, pode ser influenciada por diversos fatores como o relevo, hidrografia, formas de uso e ocupação de solo, tipo de solo e composição litológica.

Frente a esta situação, com intuito de obter maior detalhamento das microbacias experimentais utilizadas neste trabalho e subsidiar a comparação dos parâmetros de qualidade de água entre os pontos de monitoramento, foram confeccionados três mapas temáticos de apoio abordando as formas de uso e ocupação do solo, a composição pedológica e composição litológica da área de estudo (Figuras 13, 14 e 15).

A partir dos três mapas temáticos foi possível identificar visualmente diferenças ou semelhan-



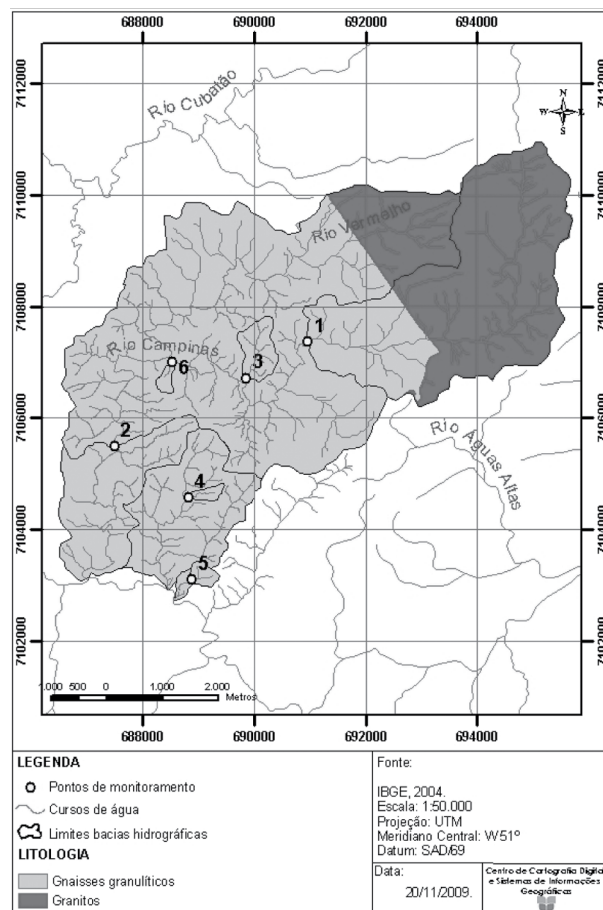
**Figura 13.** Mapa de uso de solo das microbacia do rio Campinas e microbacia do rio sem denominação e localização dos pontos de monitoramento de qualidade e quantidade de água superficial.

**Figure 13.** Land use map of the Campinas River watershed and the watershed without name and locations of quality and quantity surface water monitoring points.

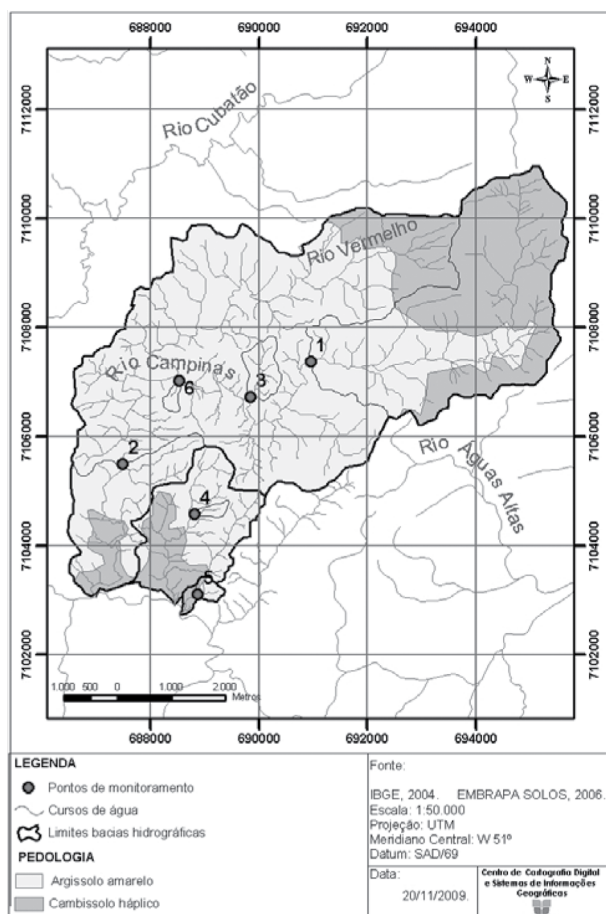
ças importantes na composição de cada microbacia ou área de drenagem. Para obter informações além do diagnóstico visual, utilizaram-se os elementos das tabelas de atributos de cada mapa para organizar um quadro que se configurava em uma síntese comparativa geral dos dados referentes às áreas de ocorrência de cada atributo, na forma de porcentual da área total de cada unidade de drenagem (Tabela 3).

O mapa de uso do solo é o que possui maior número de classes em sua composição. Observa-se na Figura 13, que a área de estudo é composta predominantemente por mata nativa e pelo plantio de espécies exóticas. A tabela 3 comprova que as classes de mata nativa, pinus jovem e pinus velho correspondem, juntas, a cerca de 94,2% da área. Somente 0,6% da área de estudo é contemplada por áreas urbanizadas ou solo exposto.

É importante ressaltar que o destaque para o comparativo dos parâmetros de qualidade de água é a percepção de que os pontos de monitoramento Ponto 1 (rio Campinas na entrada da fazenda) e Ponto 6 (microbacia da mata nativa) possuem quase que exclusivamente influência de áreas de mata nativa.



**Figura 14.** Mapa geológico da área de estudo. **Figure 14.** Geological map of the studied area.



**Figura 15.** Mapa pedológico da área de estudo.  
**Figure 15.** Soil map of the studied area.

A área de estudo é contemplada por dois tipos de rochas: 72,4% de sua extensão por rochas metamórficas do tipo gnaises granulíticos, e o restante correspondem a uma faixa de intrusão de granito. Observa-se que nas microbacias dos Pontos 3, 4, 5 e 6 há ocorrência exclusiva de gnaisse granulítico pelo fato da intrusão de gra-

nito ocorrer somente na região de cabeceira do rio Campinas e rio Vermelho, contribuinte do Campinas (Figura 14). O ponto 1, rio Campinas a montante da fazenda, possui predominância de granito na sua composição litológica, com índice de 74% de sua área de drenagem total. Já o ponto a jusante, a predominância é de rocha metamórfica do tipo gnaisse granulítico, com 66% de sua área total (Tabela 3).

No aspecto pedológico, a área de estudo é contemplada por dois tipos de solo: argissolo amarelo em sua maior parte (71,3%) e cambissolo háplico alumínico com maior concentração na região de suas cabeceiras e uma faixa menor na região onde os cursos de água deságuam no Rio Cubatão do Norte (Figura 15). As microbacias dos Pontos 3, 4 e 6 possuem somente um tipo de solo, o argissolo amarelo distrófico. Na microbacia do Ponto 5 há ocorrência de 82,5% de argissolo amarelo distrófico e 17,5% de cambissolo háplico alumínico.

Na área de drenagem do Ponto 1 o tipo de solo predominante é o cambissolo háplico alumínico (62,4%), enquanto que na área de drenagem do Ponto 2 predomina a ocorrência de argissolo amarelo distrófico (71,4%).

### Análise conjunta entre qualidade de água e produtos cartográficos

Em síntese, o mapeamento de uso e ocupação de solo indica os tipos predominantes de vegetação presentes em cada microbacia ou área de drenagem. Esta ferramenta enfatiza o processo metodológico utilizado para identificar a influência de uma área de reflorestamento sobre a

**Tabela 3.** Síntese comparativa de cada classe dos temas mapeados, das áreas de drenagem à montante de cada ponto de monitoramento – valores em porcentagem (%).

Pontos		-	1	2	3	4	5	6
%	Classes	Bacia Rio Campinas (geral)	Rio Campinas Entrada Fazenda	Rio Campinas Saida Fazenda	<i>Pinus taeda</i> 1999	<i>Pinus taeda</i> 1991	<i>Pinus taeda</i> e <i>elliottii</i> 1971	Mata Nativa
Uso do solo	Mata Nativa	65,9	88,5	71,6	0	0,04	29,4	90,2
	Campos altitude	3	10,2	3,7	0	0	0	0
	<i>Pinus</i> jovem	27,7	1,2	21,7	98,5	99,96	50,8	9,8
	<i>Pinus</i> velho	0,6	0	0,1	0,3	0	6,8	0
	Capoeira	2,2	0,1	2,2	1,2	0	13	0
	Solo exposto - urbanizado	0,6	0	0,7	0	0	0	0
Litologia	Granito	27,6	74	34	0	0	0	0
	Gnaisse granulítico	72,4	26	66	100	100	100	100
Solos	Cambissolo háplico	28,7	62,4	28,6	0	0	17,5	0
	Argissolo amarelo	71,3	37,6	71,4	100	100	82,5	100

qualidade dos recursos hídricos superficiais, que compara área sob influência de mata nativa com áreas de influência de reflorestamento e entre as diferentes idades dos talhões de pinus.

No contexto pedológico e geológico, o ponto de monitoramento que possui maiores diferenças entre as classes quando comparado com as demais microbacias é o Ponto 1, Rio Campinas, a montante do reflorestamento. Predomina em sua área de drenagem a ocorrência de intrusão de rocha do tipo granito e o tipo de solo cambissolo háplico alumínico. Ambos são elementos mais estáveis aos processos de intemperismo e de erosão que os outros tipos de solo e de rocha presente nas outras unidades geomorfológicas. Este fato, em conjunto com a predominância de mata nativa do bioma Mata Atlântica na condição de cobertura do solo, contribui para a manutenção dos baixos índices de condutividade elétrica, turbidez e sólidos dissolvidos totais.

Na região onde se concentra o reflorestamento de pinus, dentro da área em estudo, tanto o tipo de solo como o de rocha predominantes apresentam característica de maior instabilidade natural frente à ação dos agentes intempéricos. Assim, nos eventos de maior pluviosidade, quando os processos erosivos são mais intensos, registra-se uma maior produção de sedimentos e conseqüentemente um aumento em alguns pontos de nutrientes como  $\text{NO}_3^-$  e potássio.

## CONCLUSÕES

Com relação à qualidade de água, os parâmetros que apresentaram incompatibilidades com a Resolução CONAMA 357/05 para rios de Classe 1 foram: DBO, em grande parte das medições, tanto em áreas de reflorestamento como em áreas de mata nativa; e OD, pH e fósforo total em eventos isolados.

O rio Campinas apresentou tendência de aumento do pH, condutividade elétrica, turbidez e nitrato após percorrer a área reflorestada com *Pinus taeda*, porém essas elevações não foram suficientes para ultrapassar os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para rios de Classe 1.

Observou-se no comparativo entre a microbacia com pinus jovem e a microbacia com pinus médio que, conforme aumenta a idade dos talhões de pinus, ocorre uma estabilização na quantidade de nutrientes presentes nas águas superficiais. Ao se comparar com a microbacia de pinus velho, onde a declividade é mais acentua-

da, verificou-se que o cultivo de pinus em microbacias com relevo acentuado proporciona maior perda de sedimentos e nutrientes do solo e, por conseguinte, a deterioração dos cursos de água.

Com relação à vazão, a contribuição dos córregos situados na área do reflorestamento para o rio Campinas na época de estiagem é muito reduzida, o que indica característica de córregos efêmeros. Não foi detectada relação aparente entre alterações na vazão e a natureza dos diferentes talhões monitorados.

A utilização de mapeamentos temáticos da área de estudo mostrou-se importante ferramenta para a avaliação e interpretação das alterações dos parâmetros de qualidade de água em bacias hidrográficas experimentais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCOVA, F.C.S. *Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar*, AP. 1996. 130p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores*. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 23p.

BRANDÃO, L.G. *Desafio Florestal Brasileiro – Ameaças e Oportunidades. Carta Mensal*, Rio de Janeiro, v. 49, n. 582, p.28-38, 2003.

BRASIL. Resolução CONAMA 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *DOU – Diário Oficial da União*, Brasília, 18 mar. 2005. n.53, p. 58-63.

CORRÊA, C.M.C. *Perdas de solo e a qualidade de água procedente de estradas de uso florestal no planalto caratinense*. 2005. 158p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CHAVES, R.Q.; CORRÊA, G.F. *Macronutrientes no sistema solo-Pinus caribaea morelet em plantios apresentando amarelecimento das acículas e morte de plantas*. *Revista Árvore*, Viçosa, v.29, n.5, p. 691-700, 2005.

- GONÇALVES, M.L.; ZANOTELLI, C.T.; OLIVEIRA, F. A.. **Diagnóstico e prognóstico das disponibilidades e demandas hídricas do Rio Cubatão do Norte – Joinville – Santa Catarina**. Joinville: UNIVILLE, 2006. 92 p.
- GONÇALVES, M.L.; OLIVEIRA, F.A.; ZANOTELLI, C.T.; OLIVEIRA, T.M.N.. **Elaboração do plano diretor dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Norte**. Joinville: UNIVILLE, 2007. 109 p.
- GREENBERG, A. *et al.* **Standard Methods**. 20Ed. Washington: American Public Health Association, 1998.
- GUMARÃES, R. Z. Qualidade e quantidade de água nos rios em áreas de reflorestamento de pinus. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 60., 2008, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas, UNICAMP, 2008. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/60ra/resumos/resumos/R3074-1.html>> acesso em: 20 nov. 2009.
- IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Histórico do desmatamento no Brasil**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 6 out 2009.
- LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Indicadores hidrológicos em áreas florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.12, n.31, p.53-64, 1998.
- OKI, V.K. **Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias**. 2002. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- OLIVEIRA, F. A. **Estudo do aporte sedimentar em suspensão na baía da babitonga sob a ótica da geomorfologia**. 2006. 286p. Tese (Doutorado em Geografia Física, titulação doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- SANTA CATARINA (Estado). Portaria nº 024, de 19 de setembro de 1979. Enquadra os cursos de água do Estado de Santa Catarina. **DOE - Diário Oficial do Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, 20 set. 1979.
- SANTOS, I. *et al.* **Hidrometria aplicada**. Curitiba: LACTEC, 2001. 372 p.
- SPERLING, M.V. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - volume 7. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 588 p.

Recebido em 11/02/2010

Aceito para publicação em 02/06/2010