

A silvicultura e os recursos hídricos superficiais

Rafael Zoboli Guimarães⁽¹⁾; Mônica Lopes Gonçalves⁽¹⁾; Sandra Westrupp Medeiros⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, Campus Universitário, sem número, Bom Retiro, CEP 89223-251, Joinville-SC. E-mail: rafael.guimaraes@univille.br, mlopes@univille.br, smedeiros@univille.br

Resumo - Realizou-se um monitoramento da qualidade da água superficial em áreas de reflorestamento com espécies de *Pinus taeda* e *Pinus elliotti* no Município de Joinville, Santa Catarina, Brasil, no período de setembro de 2005 a julho de 2006. Fez-se a comparação entre os resultados obtidos no monitoramento em talhões de diferentes idades de reflorestamento e comparou-se com áreas de mata nativa. Utilizaram-se no monitoramento os parâmetros de temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos dissolvidos totais, turbidez, e coliformes termotolerantes (CT). Os resultados mais significativos foram: aumento médio de 0,4 unidades de pH, de 42 NMP/100mL de CT, comparando a qualidade da água na entrada e saída do reflorestamento. Houve maior estabilidade na variação espacial e temporal do parâmetro pH nos reflorestamentos mais velhos. Preliminarmente, esta pesquisa mostrou que a atividade de silvicultura não interfere de forma considerável na qualidade das águas superficiais.

Termos para indexação: Rio Cubatão, silvicultura, qualidade da água, *Pinus elliottii*, *Pinus taeda*.

Superficial hydric resources and the silviculture

Abstract - Superficial water quality was monitored in plantation areas with exotic species (*Pinus taeda* e *Pinus elliotti*) in Joinville county, Santa Catarina, Brazil, between September 2005 and July 2006. The results, obtained in the monitoring area through the comparison of different forested catchments of different forestry ages, were compared with the ones of the native forest. The parameters used in monitoring were temperature, pH, dissolved oxygen (DO), oxygen biochemist demand (OBD), total solids dissolved (TSD), turbidity, and thermo tolerant coliforms (TC). The most significant result was: an average increase of 0,4 units of pH, 42 NMP/100 mL of TC, comparing the water quality in the entrance and exit of the forestry. It had greater stability at temporal and spatial variation in pH values in the oldest forestry. Preliminary, this research showed that the silviculture does not considerably intervene in the superficial water quality.

Index terms: Cubatão river, silviculture, water quality, *Pinus elliottii*, *Pinus taeda*.

Introdução

A silvicultura surgiu como uma importante ferramenta para suprir o consumo de matéria-prima proveniente de fontes florestais, diminuindo a supressão das matas nativas. Porém, impactos ambientais são inerentes a qualquer atividade que modifique extensas áreas da cobertura do solo, como por exemplo, a atividade de silvicultura. Estes impactos devem ser identificados para subsidiar planos de manejo sustentáveis.

Segundo Lima (1998), existem muitas evidências disponíveis para eliminar as constantes críticas referentes aos impactos ambientais das plantações florestais com espécies de crescimento rápido, mas, ainda há bastante espaço para a melhoria das práticas de manejo florestal.

Para isso, faz-se necessário o conhecimento dos impactos dos reflorestamentos sobre o ecossistema.

A qualidade da água de um rio é controlada por uma complexa relação entre o meio biótico e abiótico de uma bacia hidrográfica, onde qualquer alteração causa interferências significativas que podem ser percebidas nas características físicas e químicas dos cursos d'água, podendo ser utilizadas para o controle e monitoramento destas atividades (BUENO et al., 2005).

Oki (2002) observou que a utilização de microbacias experimentais apresenta-se como um método adequado para a análise dos efeitos ambientais do uso do solo do qual pode ser utilizado como laboratório natural para estudos em médio e longo prazo.

Sendo assim, esse trabalho avaliou preliminarmente os impactos de um reflorestamento de *Pinus taeda* e *Pinus elliotti* sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais em áreas do bioma de Mata Atlântica, no norte do Estado de Santa Catarina, Brasil.

Material e Métodos

As microbacias experimentais utilizadas neste estudo estão localizadas na Fazenda Abaeté, em áreas pertencentes a uma empresa de reflorestamento no Município de Joinville, Santa Catarina, com altitude média de 800 m (Figura 1). A fazenda localiza-se no alto curso do Rio Cubatão do Norte, no setor que corresponde ao planalto próximo às escarpas da Serra do Mar, estando inserida nas sub-bacias hidrográficas do Rio Campinas

e de outro curso d'água menor que não possui denominação. Ambos são tributários do Rio Cubatão do Norte (Figura 2).

As encostas dos morros adjacentes aos pontos de coleta possuem declividade inferior a 15° com exceção do ponto 5, onde as encostas apresentam declividade próxima de 45°.

Segundo a Portaria nº 024 (SANTA CATARINA, 1979), que enquadra os cursos d'água do Estado de Santa Catarina, o Rio Cubatão, das nascentes até a captação de água para abastecimento da cidade de Joinville, e seus afluentes, estão enquadrados como Classe 1, deste ponto até a sua foz, estão enquadrados como Classe 3. A área de estudo se encontra, de acordo com a Figura 1, no trecho Classe 1.

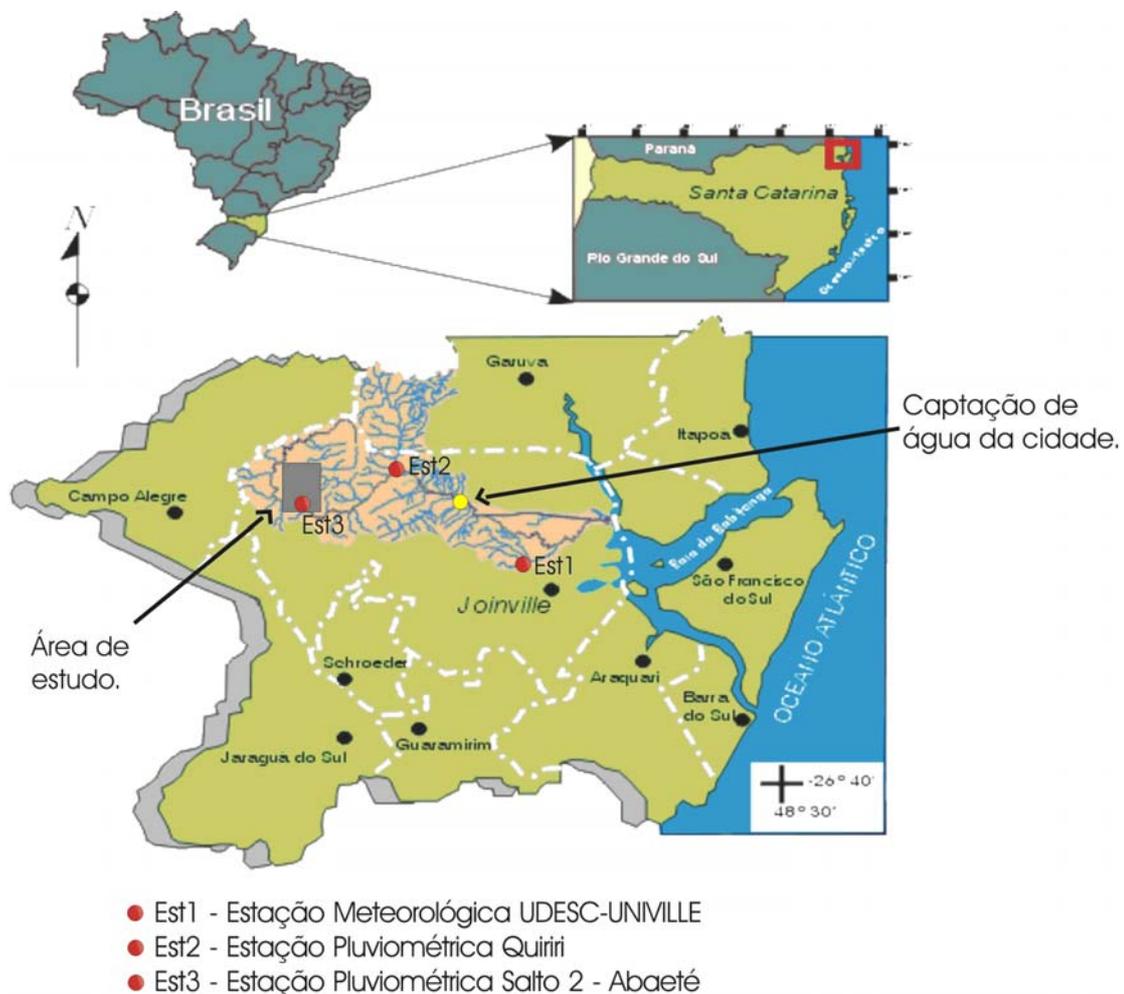


Figura 1. Localização da área de estudo (em amarelo) dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte e as estações meteorológicas (a), no Estado (b) e no País (c).

Fonte: CCJ – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão Norte.

Para avaliação dos impactos da atividade de silvicultura sobre os recursos hídricos superficiais, foram monitorados seis pontos de coleta de dados de qualidade da água superficial. Dois pontos de coleta estão sobre o Rio Campinas, principal rio que percorre a fazenda, sendo um ponto localizado a montante da área de reflorestamento, Ponto 1, e outro localizado a jusante da área de reflorestamento que possui pínus com idades variando de 7 a 20 anos, Ponto 2, permitindo uma avaliação dos eventuais impactos da atividade de silvicultura sobre os recursos hídricos superficiais (Figura 2). Outras quatro

bacias hidrográficas isoladas distintas foram monitoradas, sendo essas diferenciadas pela idade dos projetos de reflorestamento: *Pinus taeda* com 8 anos, onde se localiza o Ponto 3; *Pinus taeda* com 15 anos – Ponto 4; *Pinus taeda* e *Pinus ellioti* com mais de 30 anos – Ponto 5; e área com floresta de araucária e mata nativa - Ponto 6, sendo este último o ponto de referência de área isenta de interferências dos reflorestamentos aqui descritos. Essas quatro microbacias experimentais possuem nascentes dentro da área da fazenda (Figura 2).

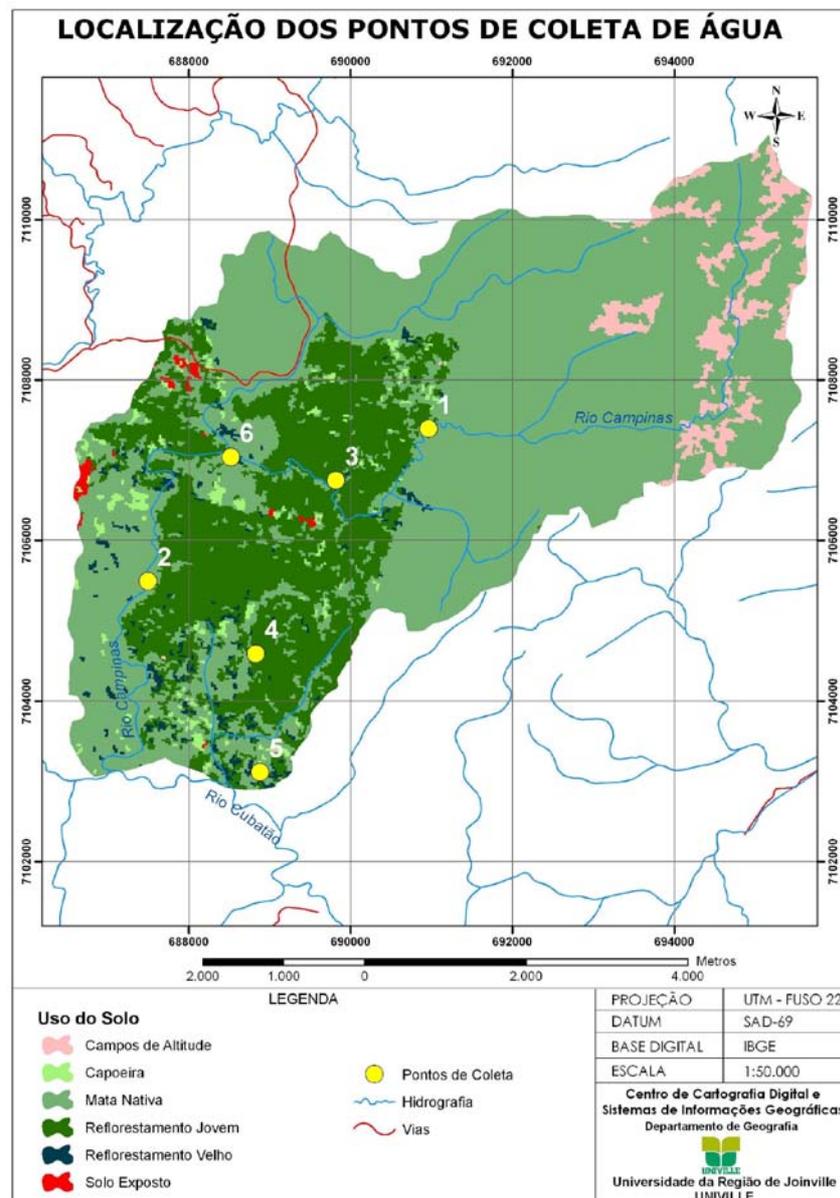


Figura 2. Uso e ocupação do solo e localização dos pontos de Coleta.

Fez-se o monitoramento da qualidade da água durante o período de setembro de 2005 a julho de 2006, totalizando nove coletas de dados. Foram analisados os parâmetros físico-químicos de temperatura, pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e o parâmetro microbiológico de coliformes termotolerantes (CT). Os parâmetros temperatura, pH e OD foram mensurados *in locu*, através de um equipamento multiparâmetro. Os parâmetros analisados nos laboratórios da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) foram: DBO, definido através do método da DBO₅; turbidez, através de um turbidímetro de bancada; STD, pelo método de diferença de peso; e CT, através da técnica do substrato Cromogênico Definido (DST), sendo o substrato utilizado o COLLILERT 24. As técnicas utilizadas são as propostas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (GREENBERG, 1998).

Os dados pluviométricos foram obtidos junto às três Estações Meteorológicas existentes na região (Figura 1), a saber: Estação Meteorológica administrada pelas Universidades do Estado de Santa Catarina (UDESC) e da Região de Joinville – UNIVILLE (UDESC/UNIVILLE), Estação Pluviométrica Quiriri e Estação Pluviométrica Salto 2 (ou Fazenda Abaeté), além dos dados existentes na literatura.

Resultados e Discussão

Foram realizadas nove coletas de água nos seis pontos pré-definidos cuja precipitação pluviométrica 48 horas antes da coleta consta na Tabela 1, no período de setembro de 2005 a julho de 2006. As datas que apresentaram condições ideais para a validação das análises foram 24 de abril de 2006 e 20 de julho de 2006 (Tabela 1). Nas outras datas de coleta, pode ter havido pequenas interferências nos valores dos parâmetros analisados em função da precipitação pluviométrica.

A amplitude, média, mediana e desvio padrão dos dados obtidos nos pontos de monitoramentos são apresentados na Tabela 2. 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 e DBO. O pH teve seu limite inferior extrapolado no Rio Campinas a montante da fazenda – Ponto 1 e na microbacia experimental com *Pinus taeda* com 7 anos – Ponto 3, na coleta realizada em fevereiro de 2006, ocasião em que foi registrado 5,5 (Tabela 2). Nas demais coletas o pH manteve-se em conformidade com a resolução.

O parâmetro OD apresentou valor inferior ao estabelecido pelo CONAMA no Ponto 1, mas foi um evento isolado.

Quanto à DBO, em todos os pontos de monitoramento foram registrados índices acima de 3,0 mgO₂.L⁻¹ em pelo menos uma das nove coletas realizadas. Este fato pode ser explicado pelo alto índice pluviométrico da região em estudo, com média anual variando entre 1.700 mm a 2.100 mm (GONÇALVES et al., 2006), e relevo bastante acidentado por estar localizado na frente da escarpa da Serra do Mar, o que proporciona um maior carreamento de sedimentos e nutrientes aos cursos de água. Na microbacia experimental com mata nativa e araucária - Ponto 6, a DBO média registrada foi a maior entre todos os pontos com 3,3 mgO₂.L⁻¹ e mediana 3,5 mgO₂.L⁻¹, apresentando, portanto, a maior demanda de oxigênio entre as áreas estudadas (Tabela 2). Chaves e Corrêa (2005) verificaram que o teor de matéria orgânica (MO) em solo geralmente é encontrado em menor quantidade em áreas reflorestadas com espécies de pínus, do que em ambientes de florestas tropicais, devido à demorada decomposição das acículas, o que explica a menor DBO registrada nas microbacias com pínus.

Tabela 1. Precipitação pluviométrica 48 horas antes das coletas nas três estações pluviométricas.

Estações pluviométricas	Data de coleta								
	27/09/05	8/12	21/1/06	18/02	01/03	28/03	24/04	25/05	20/07
	Precipitação pluviométrica, mm								
UDESC-Joinville	30,7	6,0	5,6	2,5	5,0	9,3	0,0	3,5	0,0
Quiriri	21,6	1,0	17,4	0,8	11,4	17,4	0,0	6,6	0,0
Salto2-Abaeté	17,8	4,2	12,0	0,8	10,6	12,6	0,0	8,4	0,0

Tabela 2: Amplitude, média, mediana e desvio padrão dos parâmetros analisados em cada ponto de monitoramento.

Características	Parâmetro	Temperatura (°C)	pH (-)	CT (NMP/100mL)	OD (mgO ₂ /L)	DBO (mgO ₂ /L)	STD (mg/L)	Turbidez (NTU)
	Limite*	-	6,0 - 9,0	< 200	> 6,0	< 3,0	< 500	< 40
Ponto 1 Rio Campinas Entrada Fazenda	Amplitude	10,6 - 19	5,5 - 7,8	11 - 80	5,1 - 11,5	1,4 - 4,2	23 - 67	0 - 1
	Média	15,2	5,7	25,8	9,5	2,9	40,8	0,6
	Mediana	15,6	6,5	16,5	9,9	2,8	35	0,6
	Desvio Padrão	3,1	0,8	24,5	1,7	0,9	15,2	0,4
Ponto 2 Rio Campinas Saída Fazenda	Amplitude	10 - 20,3	6 - 7,9	27 - 130	6,2 - 11,3	0,8 - 4,6	33 - 62	0 - 1,4
	Média	15,9	7,1	67,5	9,3	2,9	69	0,3
	Mediana	15,8	7,1	46	9,8	2,9	68,5	0
	Desvio Padrão	3,3	0,6	41,3	1,4	1	12,1	0,6
Ponto 3 <i>Pinus</i> 7 anos	Amplitude	9,4 - 18,9	5,5 - 7,9	3 - 24	6,3 - 10,9	1,2 - 4,1	48 - 88	1,2 - 8,41
	Média	15	7,1	12,3	9,3	2,9	69	4
	Mediana	14,5	7,2	1,5	9,4	2,9	68,5	3,1
	Desvio Padrão	3,1	0,8	8,8	1,4	1	12,1	2,9
Ponto 4 <i>Pinus</i> 14 anos	Amplitude	11,7 - 18,8	6,5 - 8	3 - 115	7,7 - 9,6	1,1 - 3,5	59 - 98	5,33 - 8,35
	Média	15,6	7,3	35,5	8,8	2,4	74	6,6
	Mediana	16,2	7,2	10,5	8,7	2,4	70	6,3
	Desvio Padrão	2,5	0,5	42,4	0,6	0,8	13,9	1,1
Ponto 5 <i>Pinus</i> + 30 anos	Amplitude	14,2 - 19,1	7 - 7,9	2 - 90	7,6 - 10,2	0,3 - 4,3	55 - 76	0 - 2,22
	Média	16,7	7,4	28,2	9,2	2,4	64,3	6,6
	Mediana	16,7	7,4	10,5	9,4	2,4	64,5	6,3
	Desvio Padrão	1,8	0,3	36,1	0,8	1,5	6,8	1,1
Ponto 6 Araucária e Mata Nativa	Amplitude	10,1 - 19	6,7 - 7,6	2 - 26	8,3 - 10,2	1,3 - 5,1	56 - 119	0,79 - 5,52
	Média	15,2	7,3	15,5	9,1	3,3	78,5	3,2
	Mediana	15,4	7,3	15,5	9	3,5	72,5	3,2
	Desvio Padrão	2,6	0,3	7,4	0,6	1,2	21,3	1,8

* Limite segundo Resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005) para águas doces de classe 1.

CT - Coliformes Termotolerantes; DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio; STD - Sólidos Totais Dissolvidos; NMP - Número Mais Provável; NTU - Unidade Nefelométrica de Turbidez.

O Rio Campinas foi monitorado em dois pontos: um na entrada do reflorestamento (Ponto 1) e outro na saída (Ponto 2); ambos constantes na Figura 2. Analisando conjuntamente os dois pontos na Tabela 2, observa-se que o Rio Campinas sofre uma suave elevação na temperatura de suas águas após passar pela fazenda reflorestada com pinus, conforme demonstrado na Figura 3. A elevação máxima registrada foi de 2,7 °C no dia 27 de setembro de 2005, e uma redução de 0,6 °C no dia 20 de julho de 2006. Considerando os valores médios, não houve variação significativa entre os dois pontos. Donadio et al. (2005), investigando a qualidade das águas da bacia hidrográfica do córrego Rico, em São Paulo, também verificou que a temperatura das águas superficiais aumentava à medida que os pontos de coleta se distanciavam das nascentes, e relacionaram essa

variação com a perda ou alteração da vegetação ciliar. Portanto, dois fatores contribuíram para o aumento da temperatura das águas do Rio Campinas: a tendência de aumento na temperatura à medida que se afasta das nascentes, e a alteração da vegetação ciliar nas áreas da fazenda reflorestada.

O pH do Rio Campinas a montante e a jusante da área de reflorestamento variou respectivamente de 5,5 a 7,8 e 6,0 a 7,9, conforme Tabela 2, não apresentando diferenças significativas. Mas analisando a variação espaço-temporal deste parâmetro na Figura 4, verifica-se uma tendência de aumento no pH das águas do Rio Campinas após percorrer a fazenda. A elevação máxima registrada foi de 0,7 no dia 01 de março de 2006. Estes dados diferem, de certa forma, daqueles encontrados por Souza e Souza (1981) e Chaves e Corrêa (2005),

que verificaram menores valores de pH em solo de florestamentos de espécies de pínus quando comparados com áreas de florestas tropicais.

O Rio Campinas recebe contaminação de origem fecal ao passar pela fazenda reflorestada com pínus, como demonstra os resultados de CT apresentados na Figura 5. A média e a mediana registrada no Ponto 1 foram 25,8 e 16,5 NMP/100mL, respectivamente, enquanto que no Ponto 2 foram 67,5 e 46 NMP/100mL (Tabela 2). Em paralelo com as atividades realizadas na fazenda em áreas com potencial influência sobre o Rio Campinas, no período em que abrange as duas coletas com índices mais altos de CT, observou-se a atividade de poda seletiva de árvores com auxílio de eqüinos. Sendo estes animais de sangue quente reservatórios do grupo CT, atribuiu-se a essa atividade, somada ao esgoto gerado nos alojamentos, as causas do aumento no índice de coliformes no Ponto 2. É digno de nota que, nos meses nos quais a utilização dos animais diminuiu

substancialmente ou mesmo não houve, a concentração de CT cresceu no ponto de saída da fazenda, porém com menor intensidade.

Analisando conjuntamente os resultados obtidos nas microbacias experimentais, observou-se, na Tabela 2, que o pH nos Pontos 3, 4 e 5 variou, respectivamente, entre 5,5 a 7,9; 6,5 a 8 e 7 a 7,9 unidades de pH. Portanto, o pH no Ponto 3 (*Pinus taeda* 7 anos) teve maior amplitude que no Ponto 4 (*Pinus taeda* 16 anos), e o Ponto 4 maior que no Ponto 5 (*Pinus taeda* e *elliotti* acima de 30 anos), o que permite concluir que, nos reflorestamentos mais velhos, o pH tende a se apresentar mais estável com a variação espaço-temporal, que nos reflorestamentos mais jovens. A Figura 6 ilustra esta variação do pH em função do tempo nas microbacias. Relacionando o Ponto 5 com a microbacia experimental de referência – Ponto 6, verifica-se um comportamento semelhante na variação do pH no decorrer das datas de coleta.

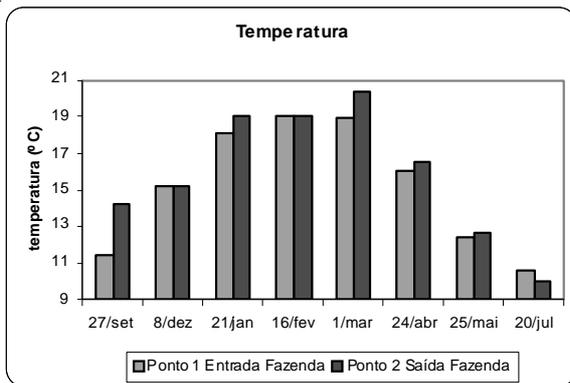


Figura 3. Relação entre o parâmetro temperatura nos Pontos 1 e 2.

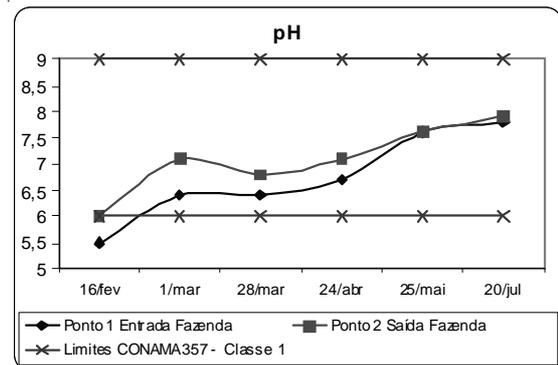


Figura 4. Relação entre o parâmetro pH nos Pontos 1 e 2.

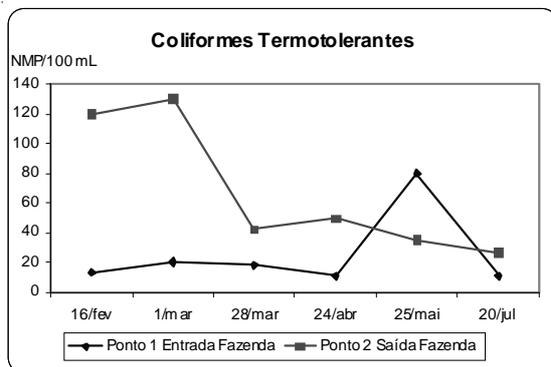


Figura 5. Relação entre o parâmetro CT nos Pontos 1 e 2, que deve ser inferior a 200 NMP/100mL (Limite rio Classe 1).

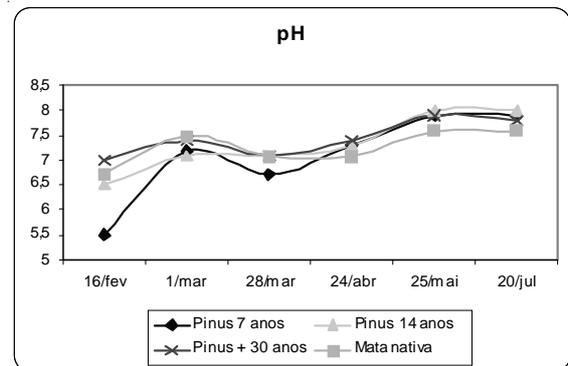


Figura 6. Relação entre o parâmetro pH nos Pontos 3, 4, 5 e 6.

Conclusões

As análises de qualidade indicaram que as águas superficiais do Rio Campinas sofrem suave elevação na temperatura e potencial hidrogeniônico após percorrer a fazenda reflorestada com *Pinus taeda* e *Pinus elliotti*. Verificou-se que as atividades de poda, com auxílio de animais (equinos), contribuíram para um aumento no índice de coliformes termotolerantes nas águas superficiais.

As microbacias experimentais com reflorestamentos mais velhos apresentaram uma variação espaço temporal no parâmetro pH menor que nos reflorestamentos mais jovens, com comportamento semelhante ao registrado na microbacia experimental com araucária e mata nativa. Portanto, o pH tende a se apresentar mais estável conforme a idade dos reflorestamentos aumenta, desde que não haja perturbações na microbacia.

Esta avaliação preliminar mostrou que os reflorestamentos de *Pinus taeda* e *Pinus elliotti* não afetaram de forma considerável a qualidade das águas superficiais. O comportamento dos parâmetros analisados nesta pesquisa em áreas de reflorestamento manteve-se, de certa forma, similar aos resultados obtidos em áreas de mata nativa, estando dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para rios de Classe 1, com exceção do parâmetro de DBO, onde as áreas de mata nativa apresentaram maiores incompatibilidades com a resolução.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela disponibilização de bolsa. À empresa reflorestadora e à UNIVILLE, pelos laboratórios e equipamentos.

Referências

- BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. p. 58-63.
- BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade de água do Horto Ouro Verde – Conchal – SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 742-748, set./dez. 2005.
- CHAVES, R. de 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.
- DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. de. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p.115-125, jan./abr. 2005.
- GONÇALVES, M. L.; ZANOTELLI, C. T.; OLIVEIRA, F. A. de. **Diagnóstico e prognóstico das disponibilidades e demandas hídricas do Rio Cubatão do Norte - Joinville - Santa Catarina**. Joinville, SC: UNIVILLE, 2006. 92 p.
- GREENBERG, A. E.; EATON, A. D.; CLESCERI, L. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20.ed Washington: American Public Health Assoc, 1998. 1 v.
- LIMA, W. de P; ZAKIA, M. J. B. Indicadores hidrológicos em áreas florestais. **Serie Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 31, p. 53-64, abr. 1998. Workshop sobre Monitoramento Ambiental em áreas Florestadas, 2, 1997, Piracicaba. Memória.
- OKI, V. K. **Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias**. 2002. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SANTA CATARINA (Estado). Portaria nº 024, de 19 de setembro de 1979. Enquadra os cursos de água do Estado de Santa Catarina. **Diário Oficial do Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, SC, 24 set. 1979.
- SOUZA, D. M. P.; SOUZA, M. L. P. Alterações provocadas pelo florestamento de *Pinus* sp. na fertilidade de solos da região de Lapa – PR. **Revista Floresta**, v. 12, n. 2, p. 36-50, 1981.

