



**ESTUDO HIDROLÓGICO COMPARATIVO ENTRE TRÊS PEQUENAS BACIAS
EXPERIMENTAIS NO MUNICÍPIO DE RIO NEGRINHO – SC:
(2) RESULTADOS PRELIMINARES**

Masato Kobiyama, bolsista CNPq
Universidade Federal de Santa Catarina, Dep. de Engenharia Sanitária e Ambiental
Caixa Postal 476, Florianópolis – SC, CEP88040-900 – kobiyama@ens.ufsc.br

Dirceu Fruet
Universidade Federal do Paraná, Curso de Agronomia
Rua dos Funcionários 1540, Curitiba – PR, CEP80035-050

Renato Teixeira Lima; Simone Marschner; Luciano Matias Ribeiro Guimarães
Terranova Brasil Ltda
Rodovia BR280, 4116, Rio Negrinho – SC, CEP89295-000

Pedro Luiz Borges Chaffe
Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Engenharia de Engenharia Sanitária e
Ambiental
Caixa Postal 476, Florianópolis – SC, CEP88040-900

Roberto Valmir da Silva, bolsista CAPES
Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Grad. em Engenharia Ambiental
Caixa Postal 476, Florianópolis – SC, CEP88040-900

**Palavras-chave: pequena bacia experimental, floresta, monitoramento
Eixo temático (2) Gestão de Bacia Hidrográfica**

1. INTRODUÇÃO

O ecossistema florestal, constituído pela parte aérea (árvores) e pela parte terrestre (solos florestais), desempenha inúmeras funções: (1) mitigação do clima (temperatura e umidade), (2) diminuição do pico do hidrograma (redução de enchentes e recarga para os rios), (3) controle de erosão, (4) melhoramento da qualidade da água no solo e no rio, (5) atenuação da poluição atmosférica, (6) fornecimento do oxigênio (O₂) e absorção do gás carbônico (CO₂), (7) prevenção contra ação do vento e ruídos, (8) recreação e educação, (9) produção de biomassa e (10) fornecimento de energia. Todas as funções atuam simultaneamente, sendo a maioria baseada na atividade biológica da própria floresta (KOBİYAMA, 2000).

Segundo LIMA (1996) plantações florestais, ou seja, a formação de florestas a partir de regeneração artificial, têm sido estabelecidas desde há muito tempo na América do Norte e na Europa com o propósito de fornecer madeira para fins industriais. Dessa forma, estão assumindo cada vez mais a importante missão de suprimento de madeira para fins industriais e para geração de energia, em detrimento das florestas naturais, já escassas e em geral ocupando áreas onde sua presença é muito mais importante para fins de conservação ambiental. KOBİYAMA et al. (2001) mencionaram a importância do reflorestamento para recuperação de áreas degradadas a fim de preservação e conservação dos recursos naturais.



Na região sul do país, onde a maior parte da cobertura florestal natural desapareceu e onde se concentra a maior parte da demanda industrial de madeira, FRANCO (1989) apresentou uma análise da situação no Estado de Santa Catarina, e demonstrou que estava havendo o corte anual de 1000 km² de florestas, para uma cobertura florestal remanescente de 30000 km². Além disso, atualmente, existem inúmeras críticas com ralação ao reflorestamento com pinus, principalmente quando ele ocupa grandes extensões. A opinião de pessoas e instituições que fazem tais críticas é que grandes áreas reflorestadas com espécies exóticas, como o pinus, por exemplo, modificam o ecossistema, tornando-o desequilibrado e deteriorando a condição hídrica. Somente com o uso de dados resultantes de estudos hidrológicos monitorados e simulados em várias bacias experimentais, poderão ser comprovadas cientificamente quais as influências que realmente existem da vegetação sobre os recursos hídricos.

Para LIMA (1996), em plantações industriais durante o preparo do solo e período de crescimento das mudas, o solo permanece praticamente sem proteção. O regime de corte raso ao final do período de rotação, são fatores que também podem resultar em perdas consideráveis de solo por erosão. As perdas de solo e de nutrientes prejudicam tanto a qualidade da água quanto a manutenção da produtividade. Dessa forma, é muito importante o manejo adequado das plantações florestais.

Efeitos de reflorestamento e desmatamento nos processos hidrológicos vêm sendo investigados desde 1910 com uso de bacias experimentais (TRIMBLE et al., 1987). McCULLOCH & ROBINSON (1993) mencionaram que tradicionalmente utiliza-se uma ou duas bacias na análise. No caso do uso de apenas uma bacia experimental é necessário um período de calibração.

Na hidrologia, há o consenso geral indicando que, em relação aos outros tipos de uso da terra, a floresta consome mais água e reduz a vazão total no rio (HIBBERT, 1967; BOSCH & HEWLETT, 1982). Segundo TRIMBLE et al. (1987), a redução da vazão em bacias hidrográficas contendo florestas ocorre por causa do aumento das perdas da água devido a evapotranspiração (interceptação + transpiração), e a redução é maior nos anos secos do que nos anos chuvosos.

Usando dados obtidos de 145 bacias experimentais, SAHIN & HALL (1996) avaliaram os efeitos do reflorestamento e desmatamento no processo chuva-vazão através de técnicas de análises de regressão linear e regressão linear *fuzzy*. Os resultados obtidos confirmaram a teoria genérica de que o aumento da floresta reduz a vazão. LACEY e GRAYSON (1998) estimaram os valores de escoamento de base de 114 bacias experimentais em Vitória, Austrália, e mostraram que não foi evidente a influência do crescimento da floresta no escoamento de base.

Estudos hidrológicos com uso de bacias experimentais, especialmente de pequena escala, tem contribuído bastante na hidrologia. Entretanto, PILGRIM et al. (1982) questionam se os resultados obtidos em pequenas bacias podem ser transferidos para grandes bacias.

Os aparelhos freqüentemente utilizados na medição da precipitação nas estações pluviométricas no Paraná são, o pluviógrafo e o pluviômetro. Segundo SILVEIRA & TUCCI (1997), para a medição da vazão em pequenas bacias hidrográficas vem-se generalizando o uso de medidores de regime crítico tipo calha Parshall e Vertedores. Existem muitas bacias hidrográficas experimentais para conhecer os processos hidrológicos do local. No caso do Brasil, as bacias experimentais foram instaladas a fim de estudos hidroelétricos. Entretanto, pequenas bacias experimentais que comumente se chamam “microbacias” experimentais, vêm sendo instaladas com a finalidade de avaliar o uso da terra, contendo floresta, agricultura, pasto, entre outros.

Para avaliar o efeito do uso da terra sobre a vazão em pequenas bacias experimentais, é indispensável o estabelecimento das relações entre a vazão e outras



variáveis hidrológicas das bacias (ARCOVA et al., 1998b). Este procedimento é definido como calibração, e a relação é determinada durante um período que antecede ao tratamento experimental a ser implementado (SWINDEL e DOUGLAS, 1984). Segundo GOLDING (1980), existem três métodos de calibração, isto é, o método das bacias pareadas, o método da calibração de uma única bacia usando dados climáticos, e o método da curva de dupla massa.

Com o intuito de avaliar a influência da vegetação (reflorestamento) sobre os processos hidrológicos em bacias hidrográficas, bem como sobre a qualidade da água destes locais, um projeto de pesquisa iniciou-se com a instalação de três pequenas bacias experimentais no município de Rio Negrinho no Estado de Santa Catarina, sendo duas reflorestadas com *Pinus* sp e uma povoada com espécies nativas, típicas da floresta ombrófila mista que ocorre na maior parte da serra catarinense. O objetivo do presente trabalho foi relatar alguns resultados preliminares sobre os processos hidrológicos nas bacias, em termos de qualidade e quantidade.

2. ÁREA DE ESTUDO

As três pequenas bacias hidrográficas que se localizam no município de Rio Negrinho no Estado de Santa Catarina foram descritas bem detalhadamente por KOBAYAMA et al (2004). A Bacia 1 e a Bacia 2 são caracterizadas com reflorestamento de pinus e com drenagem de 1ª ordem, tendo área de 29,728 ha e 32,480 ha, respectivamente. A Bacia 3 é com mata nativa (Floresta de Araucária) e 2ª ordem, tendo 52,491 ha (Figura 1).

3. METODOLOGIA

Uma forma relativamente fácil e de baixo custo para se obter dados do processo chuva-vazão em bacias hidrográficas é medir a chuva (entrada de água) e a vazão superficial (saída de água). A medição da vazão em cada bacia hidrográfica experimental foi realizada diariamente, bem como a da precipitação, que foi feita em uma única estação de coleta. Além disso, uma medição intensiva de chuva, vazão e de parâmetros qualitativos da água, foi feita no período de 10 e 11 de abril de 2003.

Com base nas fórmulas do método de calha Parshall (AZEVEDO NETTO et al., 1998), uma calha Parshall para medir a vazão em cada bacia experimental foi dimensionada e instaladas no exutório da mesma (Figura 3). Os tamanhos das calhas são $W = 9''$, $9''$, e $1'$ para Bacia 1, 2 e 3, respectivamente. Para calcular a vazão Q [m^3/s] com a leitura da altura do nível da água na calha H [m], utilizou-se:

$$Q = 0,535 \cdot H^{1,530} \quad \text{para Bacias 1 e 2}$$

$$Q = 0,690 \cdot H^{1,522} \quad \text{para Bacia 3.}$$

As medições de chuva e vazão começaram a serem feitas no dia 21 de outubro de 2002. Inicialmente, a precipitação diária foi medida em um pluviômetro localizado a 14 km das bacias hidrográficas experimentais. Após 10 de março de 2003 foi instalado um novo pluviômetro a aproximadamente 500 m das áreas de estudo. As vazões foram sendo medidas diariamente, com exceção de sábados e domingos, devido à dificuldade de acesso à área de estudo.

Para análise dos dados, utilizou-se somente aqueles obtidos no período de 21 de outubro de 2002 a 30 de setembro de 2003.

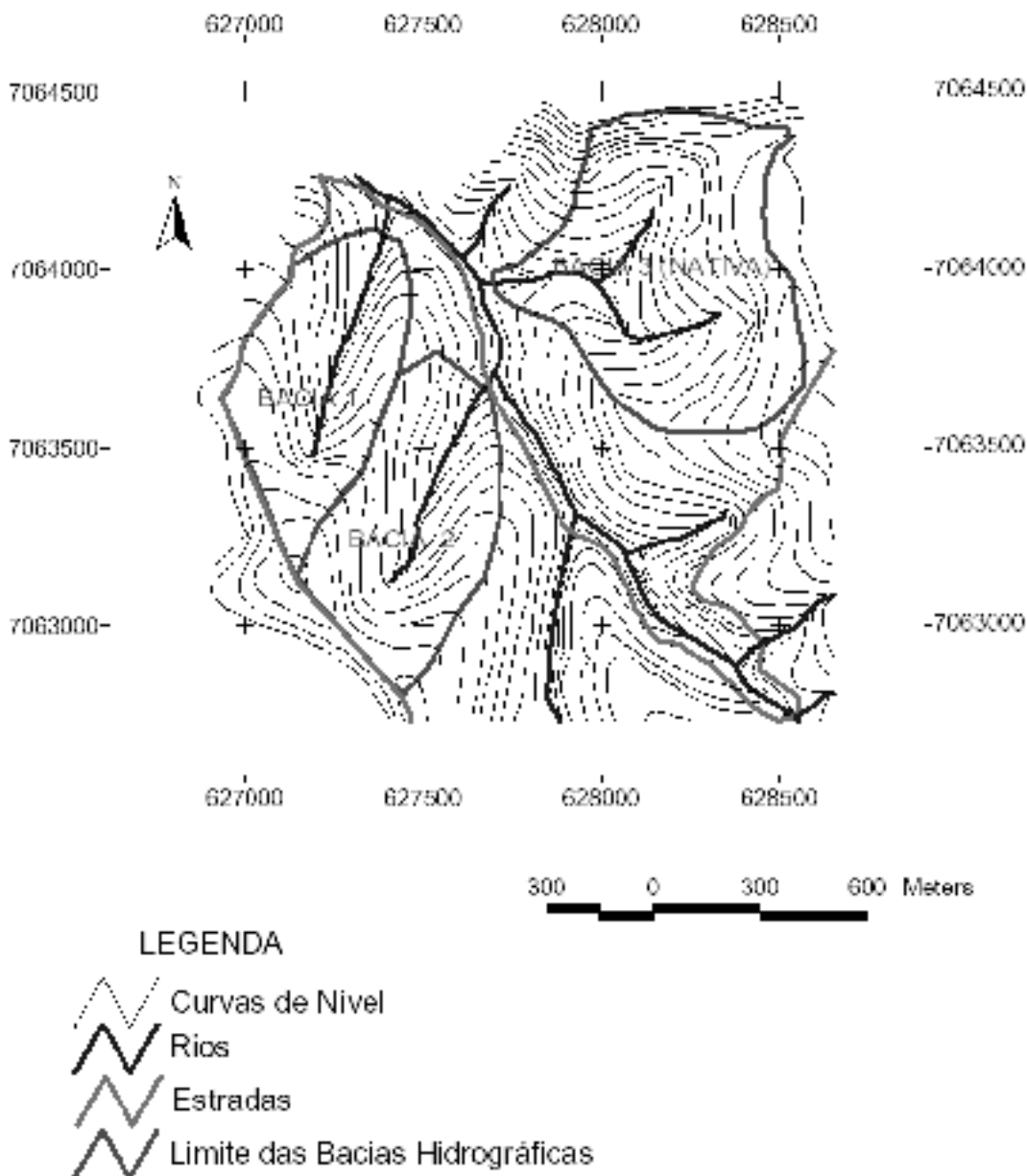


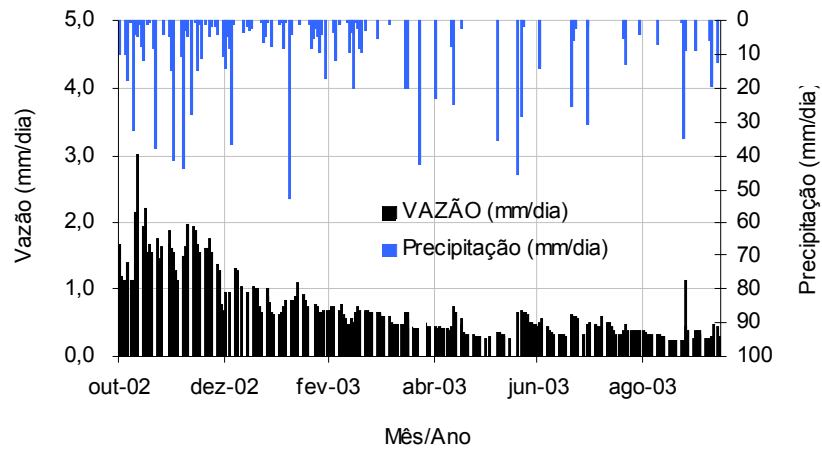
Figura 1 - Localização das três pequenas bacias experimentais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

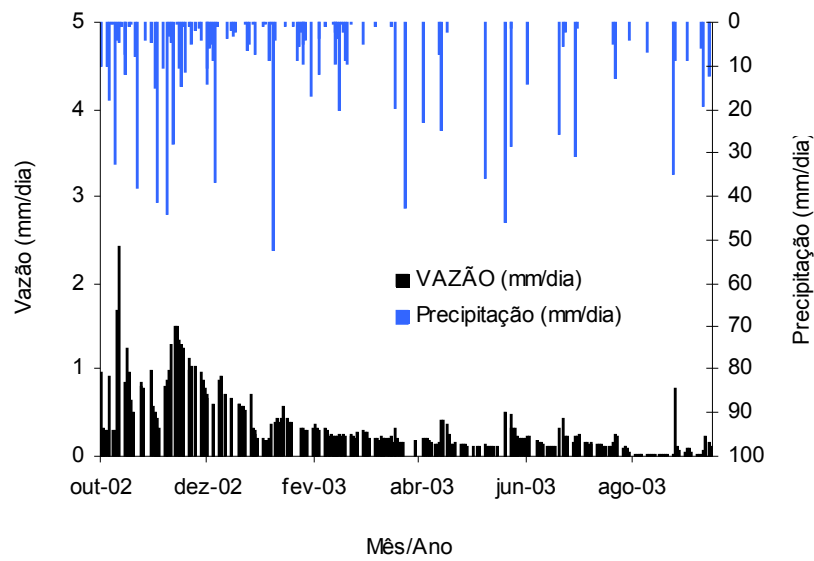
4.1. VAZÃO

Os hidrogramas obtidos para as três bacias junto com o hietograma encontram-se na Figura 2.

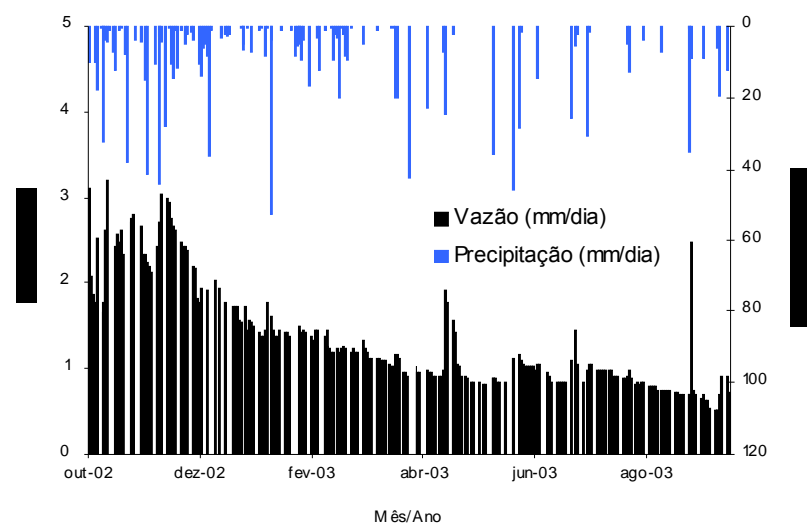
Os valores médios da vazão para a Bacia 1 (pinus), Bacia 2 (pinus) e Bacia 3 (floresta nativa) entre outubro de 2002 e setembro de 2003 (12 meses) são respectivamente, 2,43 l/s, 1,32 l/s e 8,50 l/s ou, 0,71mm/dia, 0,35mm/dia e 1,40mm/dia, respectivamente. Pelos dados apresentados, nota-se que, considerando-se o balanço hídrico em mm/dia, a vazão na Bacia 1 equivale a 50,70% da vazão na Bacia 3 e, da mesma forma, a vazão na Bacia 2 representa 25,00% da vazão da Bacia 3, representando 49,29% da vazão da Bacia 1.



(a)



(b)



(c)

Figura 2. Comportamento do processo chuva-vazão durante 12 meses. (a) Bacia 1; (b) Bacia 2; (c) Bacia 3.

4.2. MONITORAMENTO MENSAL DA QUALIDADE DA ÁGUA



As Figuras 3, 4 e 5 mostram os comportamentos mensais de pH, concentração de cloretos, e concentração de Sólidos Suspensos (SS) nas três bacias, respectivamente.

Um dos parâmetros de qualidade da água que foi avaliado, foi o pH. Considerando que de acordo com a Resolução 20 do CONAMA (1986), o pH da água Tipo 1 (melhor qualidade) pode variar de 6 a 9, então, os valores apresentados nas três bacias mostram que não há problemas com relação a este parâmetro de qualidade da água. O comportamento concentração de cloretos é mostrado na Figura 4. Os valores são considerados normais.

O último parâmetro avaliado foi a concentração de Sólidos Suspensos – SS (mg/L). Este parâmetro representa as partículas mais grosseiras existentes na água, aquelas que não estão dissolvidas. A Bacia 1 foi a que apresentou maior variação. Porém, os valores encontrados são considerados normais para as áreas avaliadas (Figura 5).

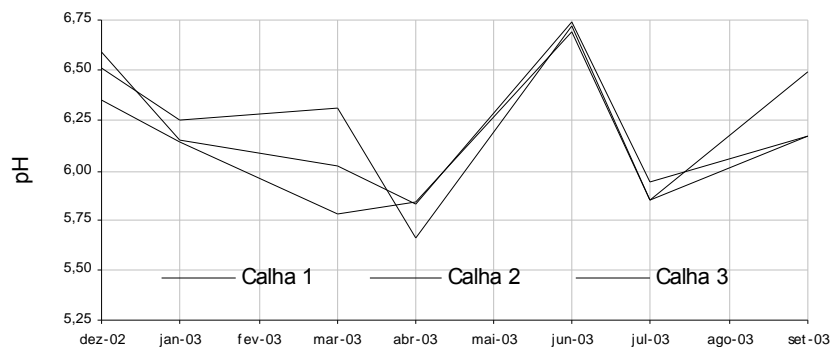


Figura 3. Comportamento mensal de pH da água nas bacias experimentais.

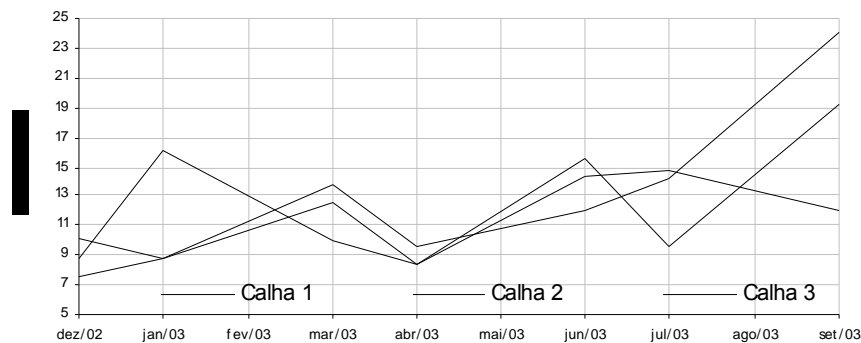


Figura 4. Comportamento mensal da concentração de cloretos (mg/L) da água nas bacias experimentais

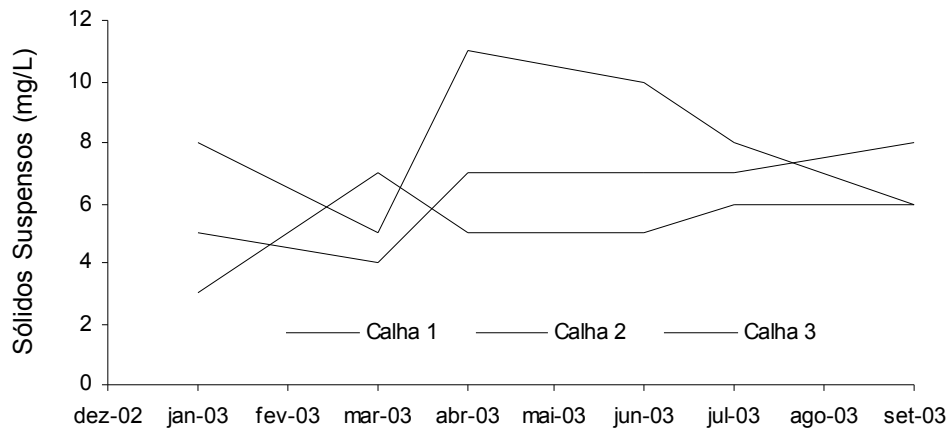


Figura 5. Comportamento mensal da concentração de Sólidos Suspensos da água nas bacias experimentais

4.3. MONITORAMENTO INTENSIVO DO PROCESSO NAS BACIAS EXPERIMENTAIS

Na medição intensiva realizada nos dias 10 e 11 de abril de 2003, foram obtidos os dados horários de vazão (l/s), pH (adimensional) e Condutividade Elétrica ($\mu\text{s/s}$), para as três bacias hidrográficas experimentais. Os resultados obtidos são apresentados nas Figura 6, 7 e 8.

A Tabela 1 apresenta a média e o coeficiente de variação dos valores de condutividade elétrica (CE), pH e vazão nas três bacias experimentais, obtidos na medição intensiva. O coeficiente de variação foi extraído dos resultados com o objetivo de se verificar a variação dos dados independentemente da grandeza e dimensão dos valores.

A Figura 6 apresenta os valores da condutividade elétrica para as três bacias. Percebe-se que a Bacia 2 tem valores maiores que a Bacia 1 que é, por sua vez, maior do que a Bacia 3. A condutividade média da Bacia 1 foi de $28,9 \mu\text{s/s}$, da Bacia 2 de $32,2 \mu\text{s/s}$ e da Bacia 3 de $20,2 \mu\text{s/s}$.

Na Figura 7 é apresentado o comportamento do pH nas três bacias. Nota-se que existe grande variação nos valores, sendo que o pH médio da Bacia 1 foi de 7,7, na Bacia 2 de 6,9 e na Bacia 3 de 7,4. O coeficiente de variação (CV) foi de 6,57% para a Bacia 1, 8,66% para a Bacia 2 e 8,29% para a Bacia 3.

A Figura 8 mostra o comportamento da vazão (l/s) nas três Bacias. A vazão na Bacia 1 foi de 2,2 l/s (CV=14,02%), na Bacia 2 de 1,3 l/s (CV=29,28%) e na Bacia 3 de 6,5 L/s (CV=7,19%). Nota-se com isso, que a Bacia 3 (nativa) além de apresentar uma vazão maior, ainda é a que tem menor variação no volume escoado. A vazão da Bacia 1 representou 34,2% da vazão da Bacia 3, a vazão da Bacia 2 (menor das três), representou 20,1% da vazão da Bacia 3 e 58,8% da vazão da Bacia 1.

Pode-se observar analisando a Tabela 1 e as Figuras 6, 7 e 8 que todos os parâmetros apresentaram oscilações durante o período de análise. A condutividade elétrica é o parâmetro que expressou maior variação, porém, não há correlação com a vazão. O pH também apresentou considerável variação, que também não é explicada pela alteração na vazão. Com relação à vazão, como já discutido, a Bacia 3 foi a que apresentou a maior vazão, além de maior estabilidade do seu volume durante o período.

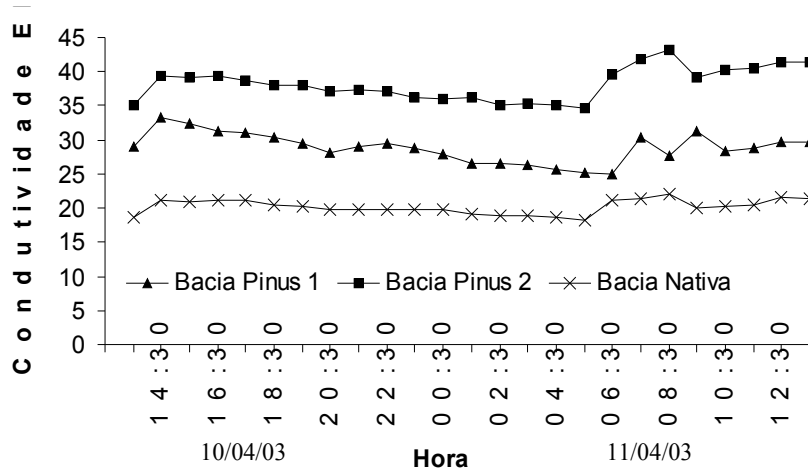


Figura 6. Valores de condutividade elétrica, para as três bacias, durante as medições intensivas nos dias 10 e 11 de abril de 2003.

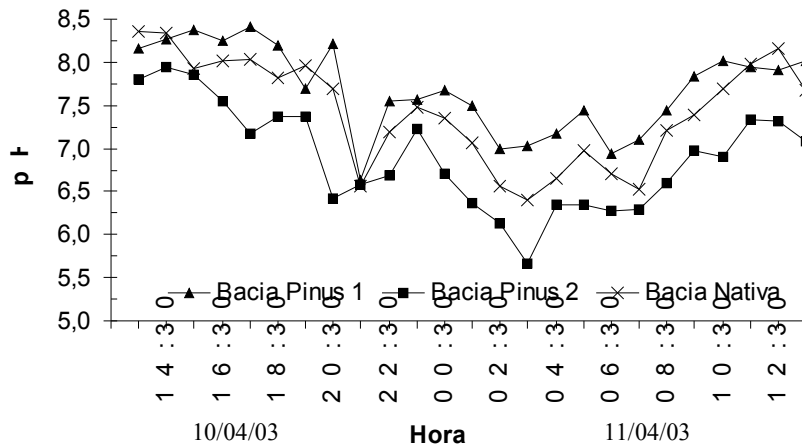


Figura 7. Valores de pH, para as três bacias, durante as medições intensivas nos dias 10 e 11 de abril de 2003.

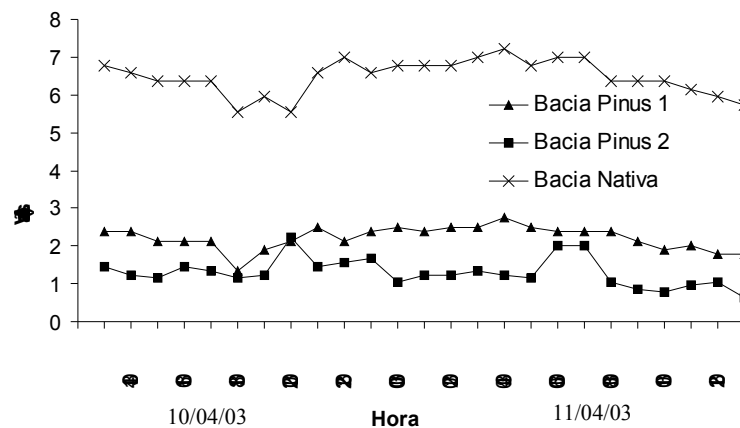


Figura 8. Valores de vazão, para as três bacias, durante as medições intensivas nos dias 10 e 11 de abril de 2003.



Tabela 1. Média e coeficiente de variação (CV) dos valores de condutividade elétrica (CE), pH e vazão em três bacias experimentais, obtidos na medição intensiva.

Parâmetro	Bacia	Média	CV (%)
CE ($\mu\text{s/s}$)	1	28,9	7,55
	2	38,2	6,26
	3	20,2	5,20
pH	1	7,7	6,57
	2	6,9	8,66
	3	7,4	8,29
Vazão (l/s)	1	2,2	14,02
	2	1,3	29,28
	3	6,5	7,19

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho realizou uma simples análise dos dados hidrológicos obtidos nas três pequenas bacias experimentais no município de Rio Negrinho no Estado de Santa Catarina. Usando os dados para o período de outubro de 2002 a setembro de 2003, pode-se concluir que as vazões médias monitoradas foram respectivamente, 2,43 l/s, 1,32 l/s e 8,50 l/s ou, 0,71 mm/dia, 0,35 mm/dia e 1,40 mm/dia, para as Bacias 1, 2 e 3. A vazão na Bacia 1 equivale a 50,70% da vazão na Bacia 3 e, da mesma forma, a vazão na Bacia 2 representa 25,00% da vazão da Bacia 3, representando 49,29% da vazão da Bacia 1.

Nesta etapa não foram verificadas diferenças significativas com relação à qualidade da água entre as bacias reflorestadas e as com floresta nativa;

As Bacias 1 e 2 possuem áreas semelhantes. Porém, como mostraram os dados desta medição intensiva, assim como aqueles obtidos diariamente, existe uma diferença significativa do volume da vazão das duas áreas. Associando estes dados com os trabalhos de levantamento de solos que foram feitos nas áreas, percebeu-se que de um modo geral, mesmo possuindo topografias semelhantes, a Bacia 2 possui profundidade do solo menor do que a Bacia 1 (KOBAYAMA et al., 2004), pode-se inferir que a capacidade de armazenamento de água na Bacia 2 é menor do que na Bacia 1. Com isso, a vazão de pico da Bacia 2 durante e/ou após uma chuva, deve ser maior do que na Bacia 1, ficando assim menos água na área disponível para o escoamento de base durante as fases de recessão do hidrograma..

Para confirmar esta suposição, é necessário que sejam feitas medições intensivas da vazão nas áreas durante eventos significativos de chuva, para que seja avaliada a vazão de pico, assim como o comportamento da vazão durante o período de recessão. Neste caso, será necessário instalar sensores de medição para execução de medição automática.

Como KOBAYAMA & MANFROI (1999) mencionaram, os estudos hidrológicos devem ser feitos através de monitoramento e modelagem simultaneamente. No próximo estudo, pretende-se desenvolver um modelo computacional para entender a hidrologia dessas bacias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ARCOVA, F.C.S.; LIMA, W.P.; CICCIO, V. Calibração de duas microbacias hidrográficas no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v.10, n.1, p.109-121, 1998.

AZEVEDO NETTO, J. M. FERNANDEZ, M.F.; ARAUJO, R.; ITO, A.E. **Manual de hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 1998. 669p.

BOSCH, J.M.; HEWLETT, J.D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. **J. Hydrol.**, Amsterdam, v.55, p.3-23, 1982.

FRANCO, H. M. A Vida por um Fio sem as Florestas. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.2, n.2, p.25-32, 1989.

GOLDING, D.L. Calibration methods for detecting changes in streamflow quantity and regime. In: THE INFLUENCE OF MAN ON THE HYDROLOGICAL REGIME WITH SPECIAL REFERENCE TO REPRESENTATIVE AND EXPERIMENTAL BASINS, Helsinki, IAHS, **Proceedings**, 1980. p.3-7. (Publication, 130).

HIBBERT, A. R. Forest treatment effects on water yield. In: Sopper, W. E.; Lul, H. W. (eds) **International Symposium on Forest Hydrology**, Oxford: Pergamon Press, 1967. p.527-543.

KOBIYAMA, M. Ruralização na gestão de recursos hídricos em área urbana. Revista OESP Construção, São Paulo: Estado de São Paulo, Ano 5, No. 32, p.112-117, 2000.

KOBIYAMA, M.; MANFROI, O. Importância da modelagem e monitoramento em bacias hidrográficas. In: **Curso O Manejo de bacias Hidrográficas sob a Perspectiva Florestal**, Curitiba: Curso de Eng. Florestal - UFPR, 1999. p.111-118. (Apostila do Curso).

KOBIYAMA, M.; MINELLA, J.P.G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 10-17, 2001.

KOBIYAMA, M.; FRUET, D.; LIMA, R.T.; MARSCHNER, S.; GUIMARÃES, L.M.R.; CHAFFE, P.L.B. Estudo hidrológico comparativo entre três pequenas bacias experimentais no município de Rio Negrinho – SC: (1) Descrição. 2004. (Nesta edição).

LACEY, G.C.; GREYSON, R.B. Relating baseflow to catchment properties in south-eastern Australia. **J. Hydrol.**, Amsterdam, v.204, p.231-250, 1998.

LIMA, W. de P. **Impacto ambiental do eucalipto**. ed. Univ. de São Paulo, FAPESP, 306p, 1996.

McCULLOCH, J.S.G.; ROBINSON, M. History of forestry. **J. Hydrol.**, Amsterdam, v.150, p.189-216, 1993.

PILGRIM, D.H.; CORDERY, I.; BARON, B.C. Effects of catchment size on runoff relationships. **J. Hydrol.**, Amsterdam, v.58, p.205-221, 1982.



SAHIN, V.; HALL, M.J. The effects of afforestation and deforestation on water yields. *J. Hydrol.*, Amsterdam, v.178, p.293-309, 1996.

SILVEIRA, G.L.; TUCCI, C.E.M. Monitoramento em pequenas bacias para a estimativa de disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.3, p.97-110, 1998.

SWINDEL, B.F.; DOUGLAS, J.E. Describing and testing nonlinear treatment effects in paired watershed experiments. *Forest Sci.*, New York, v.30, p.305-313, 1984.

TRIMBLE, S.W.; WEIRICH, F.H.; HOAG, B.L. Reforestation and the reduction of water yield on the southern Piedmont since circa 1940. *Water Resour. Res.*, Washington, v.23, p.425-437, 1987.