



---

---

**ESTUDO HIDROLÓGICO COMPARATIVO ENTRE TRÊS PEQUENAS BACIAS  
EXPERIMENTAIS NO MUNICÍPIO DE RIO NEGRINHO – SC:  
(1) DESCRIÇÃO**

Masato Kobiyama  
Universidade Federal de Santa Catarina, Dep. de Engenharia Sanitária e Ambiental  
Caixa Postal 476, Florianópolis – SC, CEP88040-900

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

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

## **1. INTRODUÇÃO**

A água é um elemento essencial para a existência humana. Por isso, os estudos hidrológicos têm como objetivo final avaliar os recursos hídricos e evitar desastres relacionados à água. Entretanto, o entendimento científico do ciclo hidrológico ainda é insatisfatório, devido principalmente à heterogeneidade do ecossistema onde o mesmo ocorre.

Que os homens não vivem sem água é um fato inquestionável, assim como também é previsto nos meios técnicos e científicos que a demanda mundial de água de boa qualidade é maior que a capacidade de renovabilidade pelo ciclo hidrológico. Em relação a produção agrícola, a água pode representar até 90% da composição química das plantas. A falta d'água em períodos de crescimento dos vegetais pode destruir lavouras e até ecossistemas devidamente implantados. Na indústria, para se obter diversos produtos, as quantidades de água necessárias são muitas vezes superiores ao volume produzido (FREITAS & SANTOS, 1999).

Então, é indispensável manter a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos atuais, sendo ainda desejável aumentá-los e melhorá-los. Ao mesmo tempo deve-se preservar as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza. Tecnologias inovadoras, inclusive o aperfeiçoamento de tecnologias nativas, são necessárias para aproveitar plenamente os recursos hídricos limitados e protegê-los da poluição.

A respeito dos recursos hídricos no Brasil, de um modo geral, a água superficial é mais utilizada para o consumo do que a água subterrânea, sendo normalmente utilizada



para irrigação, consumo doméstico, público e industrial, entre outros. Há, portanto, necessidade de preservação e conservação da água nos rios.

A maior parte das bacias hidrográficas que possuem captação de água localizam-se em áreas rurais. As bacias rurais são normalmente caracterizadas por diferentes usos do solo, entre os quais as atividades agrícolas e florestais e a preservação da floresta nativa podem ser considerados os principais.

Isto confirma a grande importância de se conhecer a influência dos diferentes usos do solo sobre os recursos hídricos das bacias hidrográficas no que diz respeito a qualidade e a quantidade. Um certo conhecimento destes recursos possibilita balizar o manejo das bacias hidrográficas a fim de minimizar impactos ambientais.

Segundo TEBBUTT (1992), o tratamento da água requer um alto custo de construção e manutenção, sendo que o aumento de sedimentos e/ou nutrientes na água eleva ainda mais este custo. Do ponto de vista econômico, é melhor ter uma menor quantidade de sedimentos e nutrientes no rio. Então, pode-se dizer que conhecer a influência dos usos é importante tanto no aspecto ambiental como econômico.

O conhecimento sobre o comportamento da vazão e da qualidade da água ao longo do tempo nas bacias em estudo, permitirá estimar a disponibilidade e as alterações das características qualitativas e quantitativas dos recursos hídricos da área de interesse.

Nas bacias rurais, as características da água são determinadas por fatores biológicos e geológicos, sendo que estes influenciam as características bem mais do que aqueles. Entretanto, as mudanças intensivas e extensivas da vegetação (reflorestamento, desmatamento, entre outros) alteram fortemente os comportamentos quantitativos e qualitativos da vazão do rio (JOHNSTON, 1991).

A cobertura florestal no estado de Santa Catarina e do Paraná é representada principalmente pela Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária). Antigamente, esta floresta cobria grande parte do estado. Hoje ela se encontra bastante degradada devido à exploração indiscriminada de suas espécies mais representativas, como o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) e as lauráceas em geral, bem como pela substituição de suas áreas por reflorestamentos com espécies exóticas e agricultura.

No caso do Estado de Santa Catarina, as empresas reflorestadoras normalmente utilizam pinus. Entretanto, elas também estão se dedicando a recuperar áreas rurais com plantios de araucária, já que o uso indiscriminado do solo vem levando a uma deterioração ambiental. Esta recuperação da tipologia florestal vai afetar diretamente o ciclo hídrico, alterando a quantidade e a qualidade da água no rio.

Hoje em dia, a maioria das comunidades imagina que pinus deteriora a qualidade da água e reduz sua quantidade, criticando as atividades de reflorestamento de pinus na região e pedindo a transformação da terra de pinus para Floresta de Araucária (por exemplo, A NOTÍCIA, 2002). Em termos hidrológicos, entretanto, a Floresta com Araucária seria melhor do que outras tipologias florestais, especialmente pinus nesta região? Ou seja, a Floresta com Araucária realmente é a mais indicada para melhorar o ambiente hídrico? Até este momento, não há nenhuma resposta para estas questões. No sul do Estado do Paraná, KOBAYAMA et al. (2001) realizaram um estudo hidrológico com uma bacia experimental caracterizada pela atividade de reflorestamento de pinus. Como não foi realizado um estudo comparativo, foi impossível discutir diferentes influências hidrológicas entre áreas reflorestadas e nativas.

Dessa maneira, um projeto de pesquisa iniciou-se com a instalação de três pequenas bacias experimentais no município de Rio Negrinho no Estado de Santa Catarina, que é um dos municípios caracterizados com atividades florestais. Esta instalação foi feita a fim de avaliar as influências de diferentes usos do solo: vegetação nativa e reflorestamento com pinus e também de diferentes manejos florestais na qualidade e quantidade de água, através de monitoramento e modelagem numérica, em pequenas bacias hidrográficas nesse



município. Então o presente trabalho apresenta as descrições das bacias experimentais e alguns aspectos gerais de hidrologia da região deste estudo. Um trabalho consecutivo (KOBAYAMA et al, 2004) relata o balanço hídrico de cada bacia experimental.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho trata de três pequenas bacias hidrográficas localizadas no município de Rio Negrinho no Estado de Santa Catarina e pertencentes à Bacia do rio Iguaçu (Figura 1). O município de Rio Negrinho está situado no Alto Vale do Rio Negro, a aproximadamente 790m de altitude, entre as coordenadas 26°15'16" S e 49°31'06" W. A sua distância com relação a Florianópolis é de 270 km e com relação a Curitiba é de 113km.



Figura 1 - Localização do Município de Rio Negrinho, no Estado de Santa Catarina.

A região encontra-se sob influência do clima Cfb (segundo Köppen) - Mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, sem estação seca e com geadas severas frequentes. A temperatura do mês mais quente é sempre inferior a 22°C.

A Figura 2 mostra a localização das três bacias hidrográficas experimentais, na localidade de “Rio Bonito”, sendo uma caracterizada por Floresta Ombrófila Mista (nativa, Bacia 3) e outras duas (Bacia 1 e 2) reflorestadas com *Pinus* sp. Todas as bacias estão dentro da propriedade de Terranova Brasil Ltd.

As áreas das Bacias 1, 2 e 3 são respectivamente 29,728ha, 32,480ha e 52,491ha. As Bacias 1 e 2 são de 1ª ordem e a Bacia 3 é de 2ª ordem.

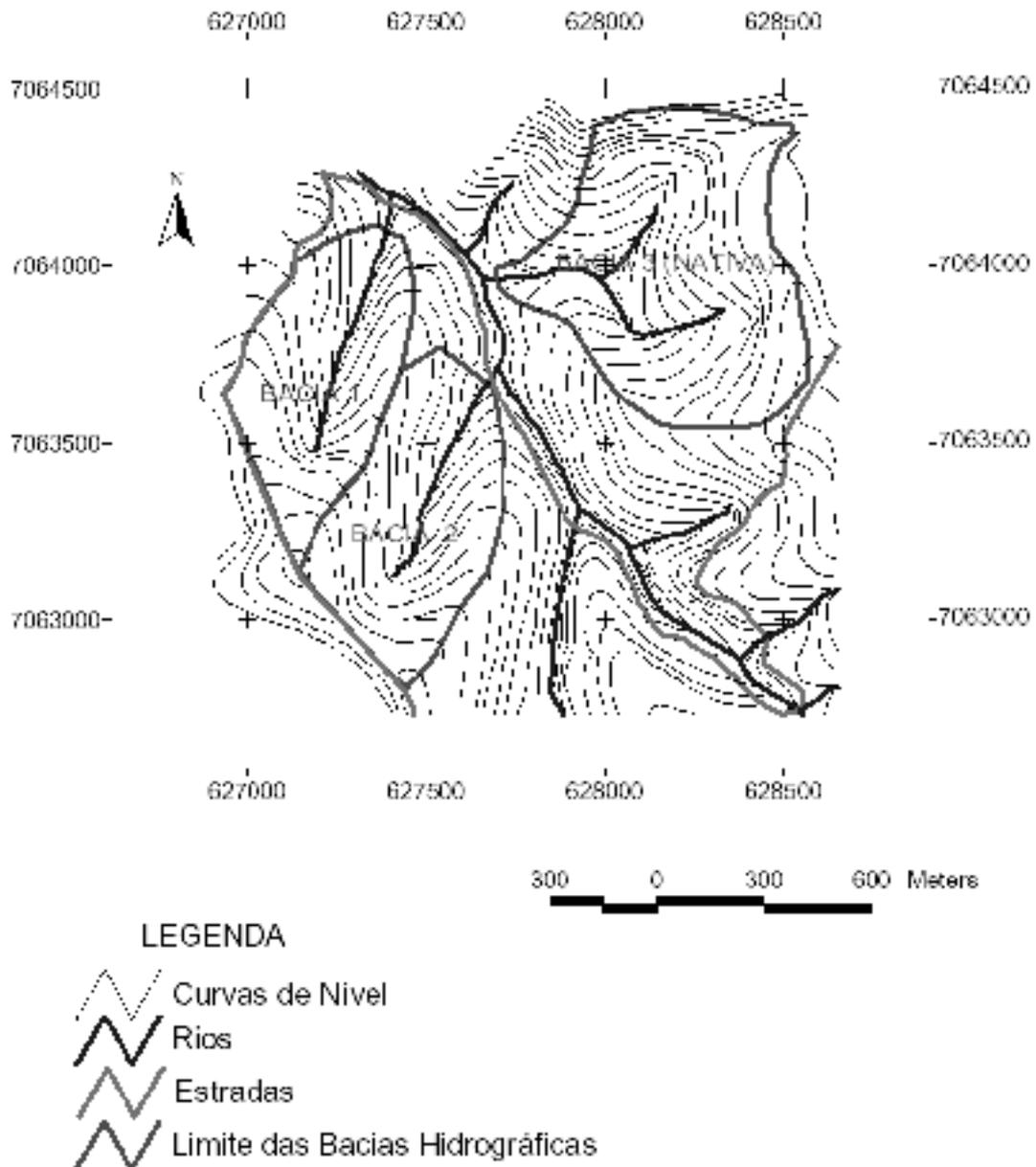


Figura 2 - Localização das bacias hidrográficas experimentais.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. LEVANTAMENTO DE SOLOS

O solo tem considerável interferência no comportamento da água em bacias hidrográficas. Além do solo propriamente dito, a existência ou não de cobertura vegetal viva ou morta sobre sua superfície também influencia no comportamento da água, desde o primeiro contato da gota de chuva com o solo, até sua infiltração ou escoamento superficial e a continuação de seu fluxo, podendo ser superficial, sub-superficial ou subterrâneo. Isso dará origem ao escoamento de base e escoamento direto, que são importantes componentes do ciclo hidrológico nas bacias hidrográficas.



Desta maneira, um levantamento detalhado de solos foi realizado em campo. As análises químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Química do Solo no Departamento de Solos e Engenharia Agrícola - Universidade Federal do Paraná.

### 3.2. ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA REGIÃO

O clima da região é um fator que influencia o comportamento dos processos que compõem o ciclo hidrológico. Sendo assim, conhecer mesmo que de maneira simplificada, o comportamento climático da região onde se situam as bacias hidrográficas experimentais, é muito importante e útil.

Sendo assim, o presente trabalho estimou a evapotranspiração potencial ( $ETp$ ) com o método de THORNTHWAITE (1948), pois este método exige apenas dados de temperatura média mensal do local e a localização geográfica da estação de coleta destes dados. O método é o seguinte:

$$ETp = 16 \cdot \left( \frac{10 \cdot Ti}{I} \right)^a \quad (1)$$

onde  $ETp$  é a evapotranspiração potencial média mensal não ajustada (mm/mês);  $Ti$  é a temperatura média mensal ( $^{\circ}C$ );  $I$  é o índice de calor;  $a$  é um coeficiente. O subscrito  $i$  representa o mês do ano. Na equação (1),

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{Ti}{5} \right)^{1,514} \quad (2)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (3)$$

O valor estimado na equação (1) foi corrigido devido a localização (latitude) e também ao número total dos dias de cada mês. Para estimar a  $ETp$  para um mês de  $ND$  dias e fotoperíodo médio mensal  $N$  horas, deve-se fazer uma simples correção.

$$ETP_{\text{corrigido}} = ETP \cdot \frac{N}{12} \cdot \frac{ND}{30} \quad (4)$$

Os valores de  $N$  foram determinados com referência de PEREIRA et al. (1997).

Para executar esse cálculo, usou-se os dados diários de temperatura obtidos na Estação Meteorológica localizada na empresa Batistela ( $26^{\circ}14'25,5''S$  e  $49^{\circ}35'7,2''O$ ) no período de 1990 a 1998.

### 3.3. FORMULAÇÃO DE BALANÇO HÍDRICO

Depois de estimativa da evapotranspiração potencial e de posse dos dados de precipitação (medidos), a vazão mensal para a região de estudo foi calculada, de forma simplificada com a seguinte equação:

$$Q = P - ETp \quad (5)$$

onde  $Q$  é a vazão (mm/mês);  $P$  é a precipitação (mm/mês); e  $ETp$  é a evapotranspiração potencial mensal corrigida (mm/mês).

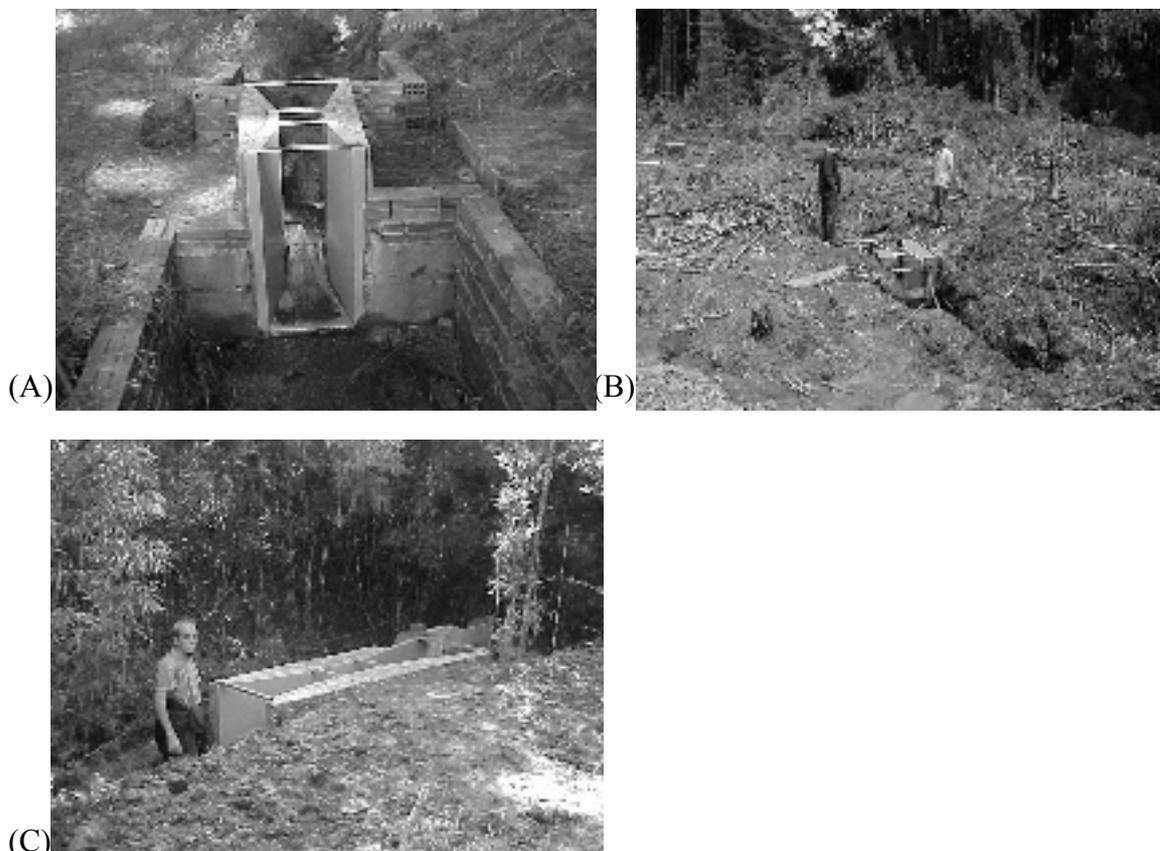
Quanto à precipitação, os dados utilizados foram do período de 1980 a 1997, vindos da Estação Corredeira, situada no município de Rio Negrinho, (Código: 0264955; Latitude  $26^{\circ}26'00''S$ ; Longitude  $49^{\circ}34'00''O$ ; Altitude 750m) e foram obtidos da Rede Nacional de Agrometeorologia (RNA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. INSTALAÇÃO DE CALHA

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.



**Figura 3.** Calha Parshall instalada na bacia experimental. (a) Bacia 1, (b) Bacia 2 e (c) Bacia

### 4.2. CARACTERIZAÇÃO DE SOLO

Os resultados obtidos com o levantamento de solos realizado nas três bacias hidrográficas experimentais estão colocados separadamente para cada bacia experimental em termos de área (ha) e percentual de cada classe de solo na bacia. A classificação está de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos estabelecido por EMBRAPA (1999).

A Tabela 1 apresenta as classes de solo que foram encontradas na Bacia 1. Nota-se que mais de 57% da área é representada pela classe CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico “Profundo”. O termo “Profundo” não faz parte da simbologia padrão, usada pela EMBRAPA e foi utilizado aqui apenas para diferenciar uma característica física que foi observada no campo e que tem grande importância nos processos hidrológicos ao nível de solo. Esta área tem uma capacidade de armazenamento de água maior do que as demais classes encontradas na Bacia. Outra classe de solo encontrada na área foi o CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico representando pouco mais de 36% da área da bacia. Esta classe de solo é a mesma daquela apresentada anteriormente, porém, apresenta menor profundidade



efetiva e conseqüentemente, menor capacidade de armazenamento de água no perfil. A última classe encontrada foi o GLEISSOLO MELÂNICO Distrófico que se encontra principalmente nas áreas marginais ao canal de drenagem.

Tabela 1 - Solos da Bacia 1.

Solo	Simbologia	Área (ha)	Percentual (%)
CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico "Profundo"	CXvd_P	17,200	57,86
CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico	CXvd	10,784	36,27
GLEISSOLO MELÂNICO Distrófico	GMd	1,744	5,87
<b>TOTAL</b>	-	<b>29,728</b>	<b>100,00</b>

A distribuição espacial das classes de solo encontradas na Bacia 1 estão representadas na Figura 4. A simbologia apresentada na legenda está descrita na Tabela 2.

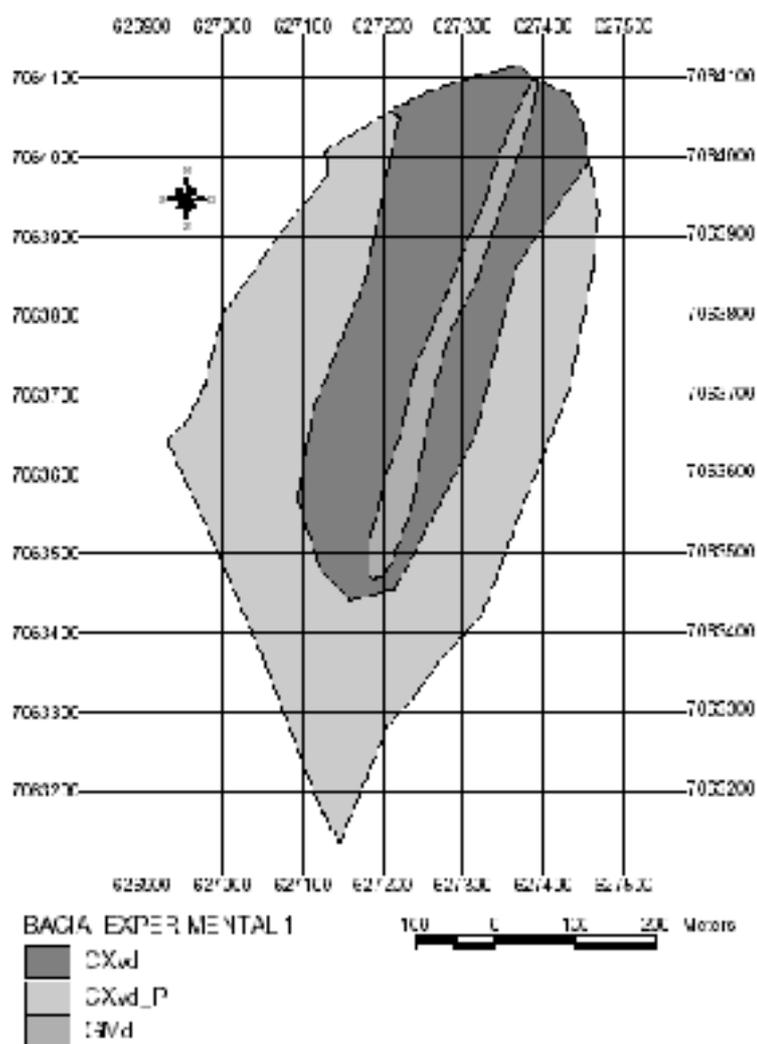


Figura 4 - Mapa de Solos Bacia Experimental 1.

Na Tabela 2 estão as informações relativas às classes de solo encontradas na Bacia 2. Diferentemente da Bacia 1, a principal classe encontrada nesta área foi o NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico, que representa quase 50% da área. Como este solo tem pequena profundidade efetiva, isso pode aumentar a possibilidade desta bacia ter um escoamento de base menor. Isto é, em períodos de recessão, a vazão desta Bacia 2 é menor do que a apresentada na Bacia 1 que possui área territorial semelhante. Possivelmente, a vazão de pico (durante ou logo



após o término da chuva) é maior na Bacia 2, já que com a predominância deste solo, sua capacidade de armazenar a água, é menor.

Tabela 2 - Solos da Bacia 2.

Solo	Simbologia	Área (ha)	Percentual (%)
CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico "Profundo"	CXvd_P	6,060	18,66
CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico	CXvd	8,923	27,47
GLEISSOLO MELÂNICO Distrófico	GMd	1,916	5,90
NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico	RRd	15,581	47,97
<b>TOTAL</b>	-	<b>32,480</b>	<b>100,00</b>

Outra classe encontrada foi o CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico "Profundo", que representa menos de 20% da área da bacia. O CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico (menos profundo que o anterior) representa quase 30% da área. Nesta bacia também existe o GLEISSOLO MELÂNICO Distrófico que representa menos de 6 % da área. A distribuição espacial dos solos da Bacia 2 estão representados na Figura 5.

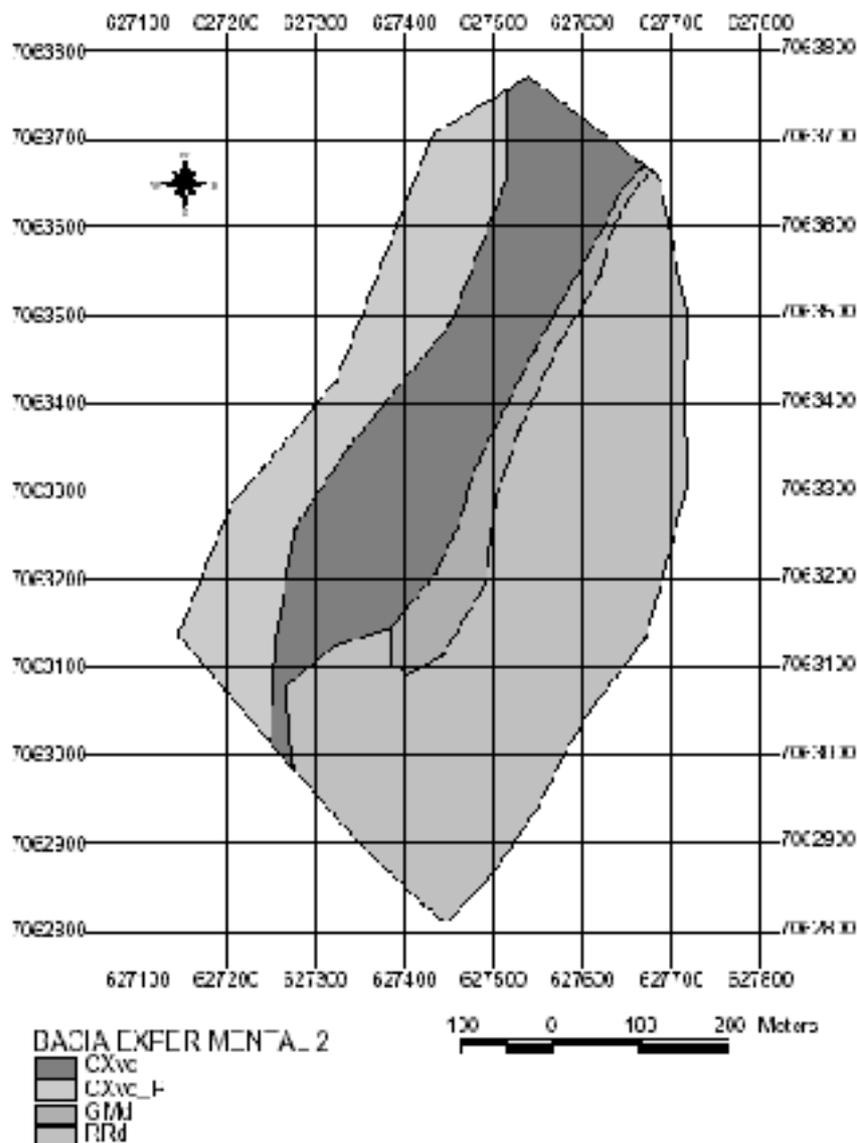


Figura 5 - Mapa de Solos Bacia Experimental 2.

Na Bacia 3, as classes de solo predominantes são o CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico e o NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico. O primeiro representa quase 60% da área e o segundo aproximadamente 40% (Tabela 3). Em alguns locais o CAMBISSOLO poderia ser considerado



“profundo”, como ocorreu nas Bacias 1 e 2. Porém, como a topografia da Bacia 3 é mais *movimentada*, estas áreas de ocorrência são pequenas e isoladas. Sendo assim, considerou-se apenas as duas classes aqui apresentadas. Outra observação é que o NEOSSOLO encontrado nesta bacia, em vários pontos é mais profundo do que aquele encontrado na Bacia 2. Também foram constatadas algumas ocorrências pontuais de NEOSSOLO LITÓLICO, classe que apresenta características físicas semelhantes ao NEOSSOLO REGOLÍTICO e por isso foi colocada como uma classe representativa da área. A distribuição espacial das classes de solo encontradas na Bacia 3 estão dispostas na Figura 6.

Tabela 3 - Solos da Bacia 3.

Solo	Simbologia	Área (ha)	Percentual (%)
CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico	CXvd	30,728	58,54
NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico	RRd	21,763	41,46
<b>TOTAL</b>	-	<b>52,491</b>	<b>100,00</b>

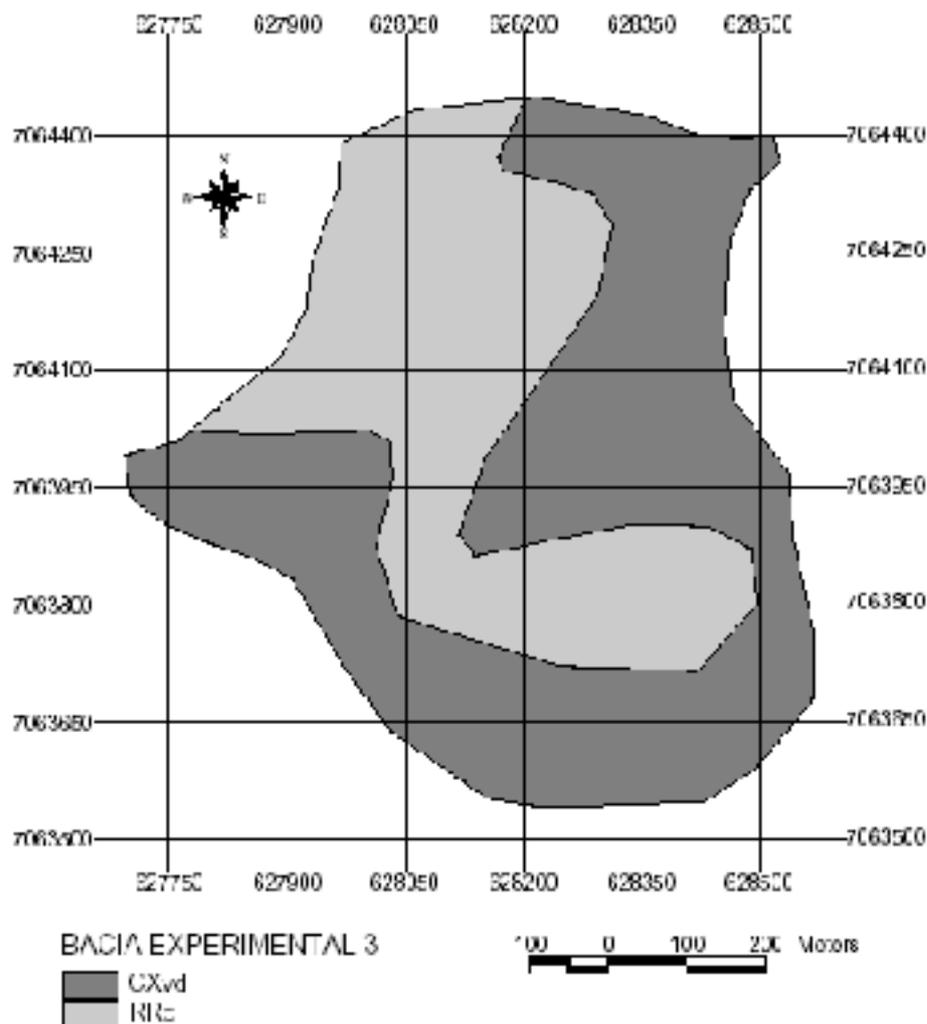


Figura 6 - Mapa de Solos Bacia Experimental 3.

Com relação aos solos encontrados nas três bacias hidrográficas experimentais, vale enfatizar que as classes aqui descritas são aquelas predominantes nas áreas, não foram discriminadas associações de solos e outras formas de ocorrência, devido a sua pequena representação. Porém, é bom lembrar que certamente, em menor proporção, ocorrem estas



manifestações de solos nas áreas, bem como, outras classes, como é o caso do NEOSSOLO LITÓLICO.

#### 4.3. CARACTERÍSTICA CLIMÁTICA DA REGIÃO

Os valores mensais de temperatura mínima, média e máxima da região de Rio Negrinho – SC para o período de 1990 a 1998 encontram-se na Figura 7. Neste período, a temperatura média anual da região foi de 18,3 °C, sendo que a média mensal variou de 8,2 a 27,7 °C. Estes dados foram aplicados à Equação 1 e assim, foi obtida a evapotranspiração média mensal, juntamente com a precipitação média mensal calculada com dados obtidos no período de 1980 a 1997, e a vazão estimada (Tabela 4).

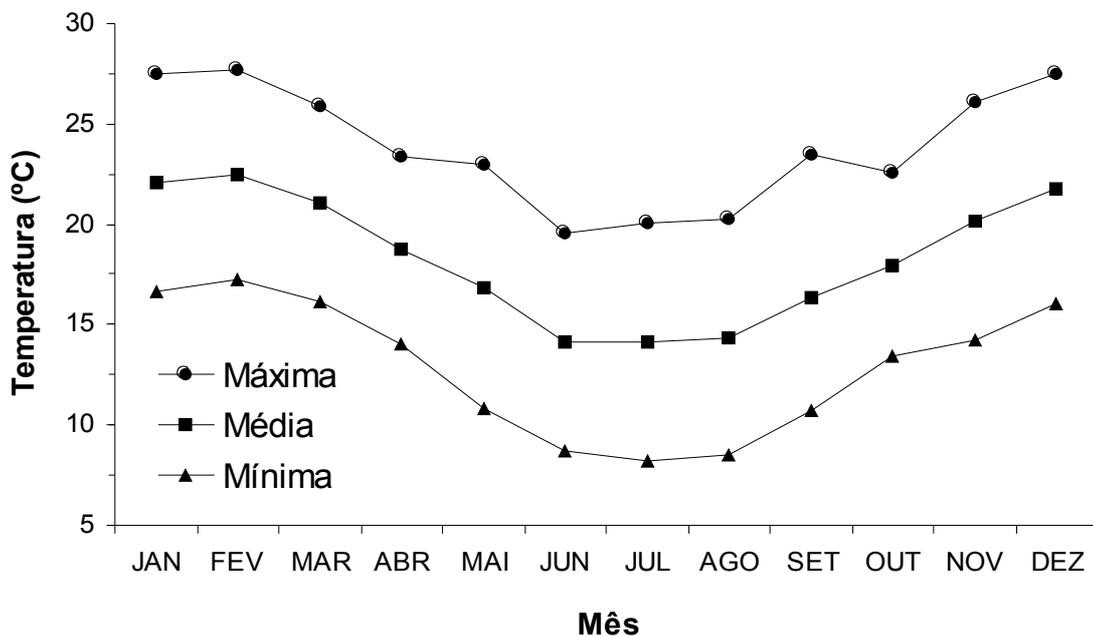


Figura 7 - Temperaturas mínimas, médias e máximas mensais na região de Rio Negrinho - SC, no período de 1990 a 1998.

Ainda com relação ao clima regional, foram obtidos e analisados os dados de precipitação média mensal para o período de 1980 a 1997. A precipitação média anual na região de Rio Negrinho foi de 1.572 (mm/ano). Nos meses de abril e agosto ocorrem menos chuvas (abaixo de 90 mm/mês). Já no mês de janeiro a precipitação chegou próximo a 200 mm/mês.

A evapotranspiração potencial representa em média durante o ano 54,6% da precipitação, tendo um valor mínimo de 26,8% em julho e um máximo de 87,2% em março, o restante é vazão, que em média é de 45,4% da precipitação. Porém, do mês de maio até o setembro, a vazão é maior que a evapotranspiração, para o restante do ano o comportamento é inverso.

TABELA 4 - Evapotranspiração potencial mensal (*ETp*), precipitação (*P*) e vazão estimada (*Q*) para a região de Rio Negrinho - SC.

Mês	<i>ETp</i> (mm/mês)	<i>P</i> (mm/mês)	<i>Q</i> (mm/mês)
-----	---------------------	-------------------	-------------------



---

---

Janeiro	110,74	198,26	87,52
Fevereiro	97,24	163,89	66,65
Março	94,34	108,16	13,82
Abril	67,58	84,35	16,77
Maió	50,00	133,02	83,02
Junho	36,11	117,51	81,40
Julho	36,19	135,21	99,02
Agosto	40,14	90,86	50,72
Setembro	52,58	126,53	73,95
Outubro	71,25	139,61	68,36
Novembro	86,93	126,30	39,37
Dezembro	106,95	148,13	41,18

---

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para avaliar influências de diferentes usos do solo: vegetação nativa e reflorestamento com pinus e também de diferentes manejos florestais na qualidade e quantidade de água, o presente trabalho instalou três pequenas bacias experimentais no município de Rio Negrinho no Estado de Santa Catarina. A Bacia 1 e 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.

Considerando as três bacias hidrográficas experimentais, as principais classes de solo encontradas foram: CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico “Profundo”, CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico, GLEISSOLO MELÂNICO Distrófico e NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico. A Bacia 2 apresenta grande percentual de solo raso, o que pode ser a causa de uma diferença significativa na sua vazão, quando comparada com a Bacia 1, já que ambas possuem áreas semelhantes.

Analisando os dados de temperatura e precipitação da região, conclui-se que a temperatura média anual na região é de 18,3 °C e a precipitação média anual é de 1.572 mm/ano. Também a evapotranspiração média durante o ano é de 54,6% da precipitação, sendo assim, a vazão representa 45,6% da precipitação.

No futuro próximo, o levantamento fitossociológico e o levantamento de propriedades hidráulicas do solo nas bacias serão realizados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A NOTÍCIA **Florestas de pinus comprometem mananciais**

[www.na.com.br/anverde/especial12](http://www.na.com.br/anverde/especial12), 2002 (Especial para o AN Verde).

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.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SPDI – Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FREITAS, M.A.V.; SANTOS, A.H.M. Importância da água e da informação hidrológica. In: FREITAS, M.A.V. (ed.) **O Estado das águas no Brasil – 1999: Perspectivas de**



**gestão e informação de recursos hídricos.** Brasília: ANEEL, SIH; MMA, SRH; MME, 1999. p.13-16.

JOHNSTON, R. (1991) Aquatic chemistry and the human environment. In: ROSE, J. (ed.) **Water and the environment.** Philadelphia: Gordon & Breach Science Pub., 1991. P.71-115.

KOBIYAMA, M.; FRUET, D.; SAGARA, F.T.; MINELLA, J.P.G.; ZILLOTTO, M.A.B. Monitoramento e modelagem de uma pequena bacia hidrográfica experimental no município de General Carneiro – PR, Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (15: 2001: Aracajú) **Anais** ABRH, 2001. CD-ROM.

KOBIYAMA, M.; FRUET, D.; LIMA, R.T.; MARSCHNER, S.; GUIMARÃES, L.M.R.; CHAFFE, P.L.B. Estudo hidrológico comparative entre três pequenas bacias experimentais no município de Rio Negrinho – SC: (2) Resultados preliminares. 2004. (Nesta edição).

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração.** Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

TEBBUTT, T.H.Y. **Principles of water quality control.** 4th ed. Oxford: Pergamon, 1992. 251p.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev.**, v.38, p.55-94, 1948.