

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

**ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DE UM ARROIO
PERTENCENTE À BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO CAÍ, RS**

Fabiana Schneck

Trabalho de Conclusão apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como um dos requisitos
para obtenção do título de Bacharel em Ciências
Biológicas – Ênfase Ambiental

Orientador: Dr. Albano Schwarzbold

Porto Alegre, janeiro de 2004

Este trabalho está sendo apresentado sob a forma de artigo, de acordo com as normas exigidas pelo periódico **Biociências** da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DE UM ARROIO PERTENCENTE À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ, RS

Fabiana Schneck; Albano Schwarzbold

- Laboratório de Limnologia, Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves 9500, prédio 43422, CEP 90540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: fabischneck@hotmail.com -

RESUMO

Neste estudo avaliou-se a qualidade da água do arroio Capim, micro-bacia pertencente à bacia hidrográfica do rio Caí, nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, através da análise de algumas variáveis físicas, químicas e microbiológicas no tempo e no espaço. Foram avaliados os parâmetros oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, DBO₅, pH, fosfato total, nitrato, turbidez, sólidos totais, sólidos suspensos totais, condutividade elétrica, alcalinidade, temperatura da água e coliformes fecais, em amostragens sazonais no período de um ano (2003), em quatro estações amostrais ao longo do arroio. Os resultados foram interpretados em termos de médias e desvio padrão, comparação entre médias, análise de componentes principais e análise de grupamento. A precipitação foi fator determinante na sazonalidade do arroio, afetando valores de condutividade elétrica, alcalinidade, turbidez, coliformes fecais e cargas de nutrientes e de sólidos suspensos totais. O arroio Capim parece seguir as características do conceito de rio contínuo, com oxigênio dissolvido, pH, temperatura da água, fosfato total e nitrato apresentando tendência de aumento em direção à foz, enquanto que alcalinidade, sólidos totais e sólidos suspensos totais, tendem a diminuir.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, ecossistemas lóticos, características limnológicas, sazonalidade, conceito de rio contínuo.

ABSTRACT**Limnological aspects of a stream belonging to the Caí river basin, RS, Brazil.**

This research made an assessment about the water quality of Capim stream, belonging to the Caí river basin, northeast Rio Grande do Sul, through the analysis of some physical, chemical and microbiological variables in time and space. Dissolved oxygen, O₂ saturation, biochemical oxygen demand, pH, total phosphate, nitrate, turbidity, total solids, total suspended solids, electrical conductivity, alkalinity, water temperature and fecal coliforms were evaluated in four sample stations along the stream, in each season of 2003. The results were interpreted in terms of averages, variance analysis, comparison among averages, principal component analysis (PCA) and cluster analysis. The precipitation was a determinant factor in the seasonability of the stream, affecting values of electrical conductivity, alkalinity, turbidity, fecal coliforms, nutrients and total suspended solids. The results also suggest that Capim stream follows the characteristics of the river continuum concept, with dissolved oxygen, pH, water temperature, total phosphate and nitrate showing increasing tendency in direction to the river's mouth, while alkalinity, total solids and total suspended solids tend to decrease.

Key words: hydrographic basin, lotic ecosystems, limnological characteristics, seasonability, river continuum concept.

INTRODUÇÃO

Rios são sistemas contínuos e abertos que interagem com os ecossistemas terrestres adjacentes de tal maneira que as características físico-químicas das águas estão diretamente relacionadas às áreas drenadas (Payne, 1986). Segundo o conceito de rio contínuo de Vannote *et al.* (1980), todos os trechos de um rio são interdependentes e qualquer alteração influencia o rio à jusante.

A composição físico-química da água é decorrente da interação de diversos fatores, como intemperismo das rochas da bacia de drenagem, precipitação, reações químicas entre água e sedimento ou solo, processos biológicos, ações antrópicas pontuais (poluição) e não pontuais como desmatamento, adubação e uso do solo (Silva *et al.*, 1998)

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como a área da superfície terrestre drenada por um rio e seus tributários, sendo limitada por divisores de água (Botelho *et al.*, 1999), ou então, a área total de drenagem que alimenta uma determinada rede hidrográfica (Brasil, 1987). Segundo Lanna (1995), a bacia hidrográfica, por representar uma unidade espacial bem definida, está sendo cada vez mais utilizada como unidade de planejamento e gestão.

Os impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos têm provocado a redução da qualidade e da disponibilidade de água e, segundo Assad & Sano (1993) a descarga de efluentes industriais e orgânicos nas áreas urbanas e a degradação da vegetação natural e do solo nas áreas rurais são as principais causas da poluição dos corpos d'água.

Tais condições têm levado a uma crescente preocupação com a utilização racional dos recursos hídricos, tanto para a manutenção equilibrada dos ecossistemas naturais como para o bem-estar da humanidade. Políticas que regulamentam o uso da água (CONAMA, 1986; Rio Grande do Sul, 1989; Rio Grande do Sul, 1994) são resultado da conscientização da sociedade civil organizada.

Sendo assim, a adoção de critérios adequados e rigorosos de qualidade da água, a persistência na conservação de fontes não contaminadas e investimentos na recuperação dos recursos hídricos devem ser paradigmas fundamentais do gerenciamento no século XXI (Tundisi, 2000). Uma utilização menos impactante dos recursos hídricos torna importante o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso e conservação (Rio Grande do Sul, 1994). Para isso são necessários estudos limnológicos e de qualidade da água em micro-bacias (Almeida, 1999), permitindo que

se determine a participação das micro-bacias na degradação ambiental das bacias maiores nas quais estão inseridas, além de fornecer subsídios para o seu gerenciamento e manejo.

Os impactos em ecossistemas lóticos têm sido estudados tanto em pequenos cursos d'água como em grandes bacias hidrográficas. Rios & Calijuri (1995) descreveram o Ribeirão do Feijão (SP) como um ambiente pouco impactado pela ação antrópica, pois suas águas permaneceram em condições satisfatórias durante quase todo o período de estudo. Já Silva *et al.* (1998) demonstraram alterações nas características limnológicas do rio Pardo (SP), ocorridas devido às descargas de esgotos orgânicos. Para o rio Caí, FEPAM (1998) concluiu que ocorreu uma redução na qualidade das águas durante o período estudado, principalmente em relação aos parâmetros de contaminação inorgânica, em função do crescimento populacional, do não tratamento dos esgotos gerados e do mau uso da terra.

Outros trabalhos realizados em micro-bacias demonstram a relação entre a qualidade da água e as características dos ecossistemas terrestres, como em Haase & Schäfer (1992), Camargo *et al.* (1996), Carvalho *et al.* (1998), Oliveira & Calheiros (1998), Almeida (1999) e Soares (2002).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água do arroio Capim, pertencente à bacia hidrográfica do rio Caí, através da análise de algumas variáveis físicas, químicas e microbiológicas no tempo e no espaço.

DESCRIÇÃO DA ÁREA

A micro-bacia hidrográfica do arroio Capim (Figura 1), um arroio de terceira ordem na sua foz, localiza-se nos municípios de Dois Irmãos e Ivoti, nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, sobre as encostas basálticas da Serra Geral. Pertence à bacia hidrográfica do rio Caí (5057,25 km²). Possui uma área de aproximadamente 18 km² e extensão de 8,8 km, entre as coordenadas 29°38'29,14'' e 29°35'09,59'' S e 51°09'15,31'' e 51°05'02,73'' W.

A drenagem da micro-bacia do arroio Capim está inserida sobre rochas que compõem a seqüência vulcano-sedimentar da Bacia do Paraná. De acordo com a classificação de Köppen, predomina o clima tipo Cfa, subtropical úmido com precipitações durante todo ano. Pertence a uma área predominantemente rural, com a

utilização da terra para criação de gado, agricultura e florestamentos de *Eucalyptus* sp. e *Acacia mearnsii* (acácia-negra).

MATERIAL E MÉTODOS

Realizaram-se amostragens sazonais em 4 estações amostrais (EA) em locais representativos ao longo do arroio, totalizando 4 campanhas de campo durante o ano de 2003. A estação amostral 1 está localizada na nascente; as estações 2 e 3 no curso médio e a estação amostral 4 na foz do arroio.

Os parâmetros avaliados foram: oxigênio dissolvido (OD), saturação de oxigênio, DBO₅, pH, fósforo total, nitrato, turbidez, sólidos totais (ST), sólidos suspensos totais (SST), condutividade elétrica, alcalinidade, temperatura da água e coliformes fecais. As coletas e análises de água foram realizadas conforme APHA (1995).

As cargas de nutrientes (fósforo total e nitrato) e de sólidos suspensos totais são o produto de suas concentrações (mg/L) pela vazão (m³/s) na estação amostral 4.

Para verificar o comportamento de cada variável ao longo das coletas, foram realizadas análises de variância seguidas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Aplicou-se também o coeficiente de correlação de Pearson (r) para a Análise de Componentes Principais (PCA) e análise de agrupamento (Pillar, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores encontrados por estação amostral, em cada coleta, para as variáveis analisadas.

Segundo Esteves (1998), o oxigênio é um dos gases dissolvidos mais importantes na dinâmica e na caracterização dos ecossistemas aquáticos, sendo seu teor e sua solubilidade diretamente afetados pela temperatura, cujo aumento ocasiona acréscimo na intensidade de respiração dos organismos e depleção da solubilidade do oxigênio na água. O arroio Capim apresentou alta concentração de oxigênio dissolvido (Figura 2), que se mostrou altamente correlacionado com a temperatura da água ($r = -0,88$; $p < 0,001$), o que é comum em águas naturais. Os valores extremos registrados foram 7,56 mg/L na coleta de verão, com a maior temperatura da água (20° C), e 11,04 mg/L na coleta de inverno, que apresentou a menor temperatura da água (9° C).

Observou-se diferença significativa da coleta de inverno em relação às demais ($p < 0,05$). Em um arroio de condições similares - o arroio Velhaco - Haase & Schäfer (1992) encontraram altos índices de OD com médias entre 7,8 mg/L e 9,1 mg/L.

Segundo Almeida (1999), o oxigênio costuma apresentar-se próximo ou acima da saturação em águas turbulentas de pequenos riachos. Este mesmo autor constatou que a percentagem de saturação de oxigênio encontrada no arroio da Cria, afluente do baixo rio Caí, foi de 26,18% a 90,88%, sendo que as águas do arroio Capim são mais oxigenadas, variando entre 81,65% e 99,57% (Figura 2).

A DBO (demanda bioquímica de oxigênio) é a quantidade de oxigênio necessária para que ocorra a oxidação biológica da matéria orgânica (Silva *et al.*, 1998). No arroio estudado, a DBO₅ variou de valor não detectado a 1,32 mg O₂/L, indicando que o aporte de poluição de origem doméstica é muito pequeno, apresentando porém, variação significativa entre as coletas de primavera e verão ($p < 0,05$) (Figura 2). Pineda & Schäfer (1987), citam que baixos valores de DBO podem estar relacionados à ausência de poluição orgânica ou então à presença de substâncias tóxicas que inibem a decomposição bacteriana, o que não se aplica ao arroio Capim. Haase & Schäfer (*op cit.*), em uma bacia de uso predominantemente agrícola, obtiveram concentrações que variaram entre níveis não detectados e 5,8 mg O₂/L, enquanto no arroio do Salso (Porto Alegre, RS), que sofre descargas de origem doméstica e industrial, foram encontrados valores entre 5,56 mg O₂/L e 14,8 mg O₂/L (Soares, 2002).

A ocorrência de bactérias coliformes na água é uma evidência de contaminação fecal da mesma, já que estes organismos vivem no trato intestinal do homem e de outros animais de sangue quente e estão sempre presentes nas excretas. Os coliformes fecais não são necessariamente patogênicos, mas indicam a presença de outros microrganismos que podem causar doenças (Almeida, *op cit.*). Segundo FEPAM (1998), os coliformes fecais costumam ser adotados como referência para indicar e medir a grandeza da poluição orgânica.

A figura 3 mostra que a partir da coleta de inverno houve um aumento nos valores de coliformes fecais, principalmente na estação amostral 2 que atingiu 2400 NMP/100ml (Tabela 1). Este aumento parece estar relacionado à recente ocupação da área próxima à estação amostral 2 para criação de gado bovino (a partir de junho de 2003, entre as coletas de outono e inverno), além da influência exercida pela maior precipitação que antecedeu a coleta de inverno, provocando o carreamento de excretas animais pela água da chuva. Coliformes fecais apresentaram correlação positiva com

DBO ($r = 0,60$; $p < 0,05$) e negativa com alcalinidade ($r = -0,72$; $p < 0,05$). Esta última correlação evidencia a relação da pluviosidade com as variáveis analisadas, pois as chuvas provocam um maior arraste superficial, aumentando a concentração de coliformes fecais, e diminuem os valores de alcalinidade devido à diluição. FEPAM (1998) e Carvalho *et al.* (1998), observaram que os valores de coliformes fecais apresentaram-se maiores na época de chuvas mais intensas, em razão do arraste superficial.

O pH interfere principalmente na biota, em processos bioquímicos, no balanço de CO_2 e na solubilidade de sais (Wetzel, 1983). Segundo Silva *et al.* (1998), pH abaixo de 6 já causa danos aos organismos e inferior a 5 provoca o desaparecimento da vida aquática normal. No corpo d'água estudado, o pH apresentou alterações sazonais significativas, com médias entre 6,68 na coleta de verão e 7,49 na coleta de primavera (Figura 3). Almeida (1999), no arroio da Cria, observou uma tendência de menores valores nos meses mais quentes. Os valores de pH encontrados no arroio Capim estão de acordo com o intervalo (6-9) definido por CONAMA (1986).

Uma das variáveis mais importantes em limnologia é a condutividade elétrica, pois esta pode fornecer informações sobre o metabolismo do ecossistema aquático e sobre fenômenos que ocorrem na bacia de drenagem, indicando a magnitude da concentração iônica e detectando fontes poluidoras (Esteves, 1998). A amplitude de variação observada na condutividade elétrica é de 83,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 175,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, representando alto teor de eletrólitos para águas que possuem geoquímica de drenagem do basalto. Haase & Schäfer (1992) encontraram para o arroio Velhaco valores entre 48,4 e 152,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto o arroio da Cria apresentou uma variação entre 4,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 720 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo que estes valores extremos ocorreram devido a grande quantidade de descargas industriais e domésticas (Almeida, *op cit.*).

Já a alcalinidade é a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos, dependendo principalmente de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes na água (Esteves, *op cit.*). Encontrou-se uma alcalinidade alta, variando de 0,686 a 1,509 mEq/L. Trabalhos como os de Andrezza (1997) e Oliveira & Calheiros (1998) citam alcalinidades máximas de 0,36 e 0,68 mEq/L, respectivamente. Porém, Almeida (*op cit.*), no arroio da Cria, também pertencente à bacia hidrográfica do rio Cai, encontrou valores de alcalinidade de até 1,21 mEq/L. Isso pode indicar que os corpos d'água de baixa ordem pertencentes a esta bacia sofrem forte influência do

intemperismo de rochas da bacia de drenagem, que acrescentam hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos às águas, aumentando os valores de alcalinidade.

Condutividade elétrica e alcalinidade apresentaram-se altamente correlacionadas ($r = 0,79$; $p < 0,001$), provavelmente em função de íons bicarbonato, carbonato e hidróxidos, que contribuem para o aumento da condutividade. Tanto a condutividade elétrica como a alcalinidade, foram significativamente maiores na coleta de outono ($p < 0,05$), o que pode ter ocorrido devido à concentração de substâncias presentes na água, em função da menor pluviosidade e menor nível d'água no arroio. Já as menores concentrações encontradas na coleta de inverno (Figura 3), antecedida por maior precipitação, indicam um efeito de diluição característico da sazonalidade de rios tropicais (Payne, 1986). Arocena *et al.* (1992) observaram quedas significativas de condutividade, alcalinidade e pH do arroio Toledo-Carrasco (Uruguai) na época de chuvas e, segundo Lane (1975), a concentração inversamente proporcional dessas variáveis em relação aos índices pluviométricos é comum em águas naturais.

A turbidez (Figura 4) foi maior na coleta de inverno, atingindo o valor máximo de 39 NTU na estação amostral 1, com a coleta de inverno diferindo significativamente das demais ($p < 0,05$), o que pode ser explicado pelo fato desta coleta ter sido antecedida por maior precipitação, caracterizando, segundo Almeida (1999), a ação exercida pelo arraste superficial. Necchi Jr. *et al.* (1996), estudando o Córrego da Barra Funda (SP), também concluíram que a turbidez foi maior em período chuvoso devido à influência das chuvas fortes. A turbidez é causada principalmente por partículas suspensas, como bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos e inorgânicos, e em menor quantidade por compostos dissolvidos (Esteves, 1998). Indica a quantidade relativa de sólidos em suspensão (USEPA, 1986), que são decorrentes de processos de erosão, como desmatamento e uso agrícola do solo, sendo responsáveis por variações quantitativas e qualitativas da qualidade da água, afetando a penetração de luz, fotossíntese e produtividade.

Haase & Schäfer (1992) observaram valores de sólidos suspensos totais entre 2,2 mg/L e 68,3 mg/L no arroio Velhaco, enquanto que no arroio Capim a quantidade encontrada foi menor (Figura 4) devido à atividade agrícola menos intensa nesta bacia, garantindo assim alto nível de proteção às comunidades aquáticas (< 25 mg/L) (USEPA, *op cit.*).

Ainda a respeito da turbidez e dos sólidos, tanto ST como SST, é importante mencionar que, apesar de não haver diferença significativa entre as estações amostrais,

foram encontrados valores altos na nascente (Tabela 1), quando o comum em ecossistemas lóticos não perturbados é que essas variáveis aumentem em direção à foz da bacia de drenagem (Schäfer, 1984; Karnchanawong & Koottatep, 1993). Estes resultados devem-se provavelmente ao assoreamento do solo na nascente, em função de sua utilização para agricultura. Outro fator que pode ter influenciado estes resultados é o fato do arroio estudado, apesar da baixa ordem, encontrar-se em uma baixa altitude, podendo já ser caracterizado como zona de deposição.

O fósforo e o nitrogênio participam de processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, como o armazenamento de energia e a formação de proteínas, respectivamente. Ambos são considerados os principais responsáveis pela eutrofização das águas. Porém, em baixas concentrações atuam como fatores limitantes da produtividade de um ecossistema aquático, principalmente o fósforo. Suas fontes naturais são as rochas e material alóctone orgânico e inorgânico. Já as fontes artificiais são os esgotos domésticos e industriais, fertilizantes agrícolas, entre outras (Esteves, 1998).

Toda forma de fósforo presente em águas naturais encontra-se sob a forma de fosfato (Esteves, *op cit.*). Os valores de fosfato no arroio estudado foram relativamente baixos, apesar de maiores que o limite máximo aceito pelo CONAMA (1986), atingindo concentração máxima de 0,193 mg/L, provavelmente em razão do uso de fertilizantes. No arroio da Cria o valor máximo registrado foi 0,202 mg/L, devido à presença de detergentes e esgotos de pequenos matadouros (Almeida, 1999).

O nitrato é a forma de nitrogênio que ocorre normalmente em águas correntes, assumindo grande importância nos ecossistemas aquáticos por representar a principal fonte de nitrogênio para os produtores primários (Esteves, *op cit.*). O arroio Capim apresentou altas concentrações de nitrato (Figura 4), atingindo média máxima de 1,64 mg/L, valor este 4,2 vezes superior ao encontrado por Rios & Calijuri (1995) no ribeirão do Feijão (SP), evidenciando a utilização de fertilizantes nitrogenados.

A tabela 2 apresenta as cargas de nutrientes (fosfato total e nitrato) e de sólidos suspensos totais que são exportados pelo arroio Capim para o seu receptor (arroio Feitoria), em kg/dia. As maiores taxas de exportação ocorreram na coleta de inverno, que apresentou a maior vazão, podendo-se observar altos valores principalmente de nitrato, com carga de 70,44 kg/dia.

Na figura 5 são apresentados os dois primeiros componentes da Análise de Componentes Principais (eixos 1 e 2), que responderam por 60,22% da variabilidade

encontrada, sendo que o componente principal 1 apresenta forte correlação positiva com coliformes fecais e turbidez e negativa com temperatura da água, enquanto o componente principal 2 correlaciona-se positivamente com sólidos suspensos totais e negativamente com fosfato total (Tabela 3). A Análise de Componentes Principais e o dendograma resultante da análise de agrupamento (Figura 6) sugerem a formação de quatro grupos, cada qual representando uma estação do ano (coleta). Esta divisão evidencia o caráter sazonal das variáveis analisadas, influenciadas sobremaneira pela pluviosidade, e se manifesta, principalmente, devido aos parâmetros mais fortemente correlacionados com o componente principal 1. O fato da estação amostral 1 nas coletas de outono e primavera (O1 e P1) estar se correlacionando positivamente com o componente principal 2 deve-se aos sólidos suspensos totais, que se mostraram altos em função do assoreamento na nascente.

CONCLUSÕES

O corpo d'água estudado recebe baixa carga poluidora de origem doméstica, mas por se tratar de uma área rural e em razão da degradação da vegetação ripária, há o carreamento de sedimentos e nutrientes para o arroio, alterando as características naturais das águas.

Todavia, a qualidade da água do arroio Capim, durante a maior parte do ano, pode ser considerada boa, com os parâmetros OD, DBO₅, pH, nitrato, turbidez e sólidos totais, em todas coletas e estações amostrais, enquadrados na Classe 1 de classificação da qualidade das águas da resolução nº 20/86 do CONAMA (1986), permitindo o abastecimento doméstico após tratamento simplificado. Coliformes fecais, nas coletas de verão e outono também estão enquadrados na Classe 1, mas nas coletas seguintes seu aumento provoca a depleção da qualidade da água, sendo enquadrados na Classe 3 nas EA2 e EA4 no inverno e em todas estações amostrais na primavera. A exceção é fosfato total, que apresentou Classe 4 em todas amostragens. Porém, o padrão de qualidade de fosfato total do CONAMA (0,025 mg/L) está sendo questionado, pois não corresponde às concentrações naturais encontradas (FEPAM, 1998). Em monitoramentos realizados pela FEPAM (*op cit.*) nas bacias hidrográficas do rio Caí e do Guaíba, foram encontradas concentrações superiores ao padrão do CONAMA mesmo em áreas pouco alteradas.

Segundo Schwarzbold (2000), a precipitação é o condicionante básico da tipologia de um rio, definindo as condições hidrológicas e ecológicas do mesmo. No arroio estudado, a precipitação foi fator determinante na sazonalidade, provocando variações significativas nos valores de condutividade, alcalinidade, turbidez, coliformes fecais e cargas de nutrientes e de sólidos suspensos totais. Estas e outras variáveis que apresentaram diferenças entre as estações do ano provavelmente exercem forte influência na dinâmica da biota dos ambientes lóticos.

Por fim, verificou-se uma zonação longitudinal do arroio, sendo que os parâmetros OD, pH, temperatura da água, fosfato total e nitrato apresentaram tendência de aumento em direção à foz, enquanto que alcalinidade, sólidos totais e sólidos suspensos totais tenderam a diminuir. Essa constatação é corroborada pelo conceito de rio contínuo de Vannote *et al.* (1980), que postula que um rio apresenta um gradiente contínuo de condições físicas, químicas e biológicas da nascente para a foz.

AGRADECIMENTOS

A todos colegas do laboratório de Limnologia da UFRGS, em especial ao meu orientador, Dr. Albano Schwarzbold, pela confiança e ensinamentos. Ao pessoal do Laboratório de Ecologia Quantitativa pelo auxílio nas análises estatísticas e ao Prof. Heinrich Hasenack pelas sugestões. Agradeço especialmente aos meus pais, Geraldo e Lia, pelo incentivo e amor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. A. B. **Avaliação sazonal da qualidade das águas do arroio da Cria (Montenegro, RS), relacionada à cobertura vegetal e diferentes usos e ocupações do solo na sua bacia hidrográfica.** 1999. 140 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

ANDREAZZA, A. M. P. **Contribuição à gestão ambiental da bacia hidrográfica do arroio do Conde/RS, com ênfase na qualidade das águas superficiais.** 1997. 184 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19th edition. Washington, 1995. 964p.

AROCENA, R.; CHALAR, G.; DE LEON, R.; PINTOS, W. Evolucion anual de algunos parametros físico-químicos del Arroyo Toledo-Carrasco (Uruguay). **Acta Limnol. Brasil.** v. 4, 1992. p. 225–237.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura.** EMBRAPA – CPAC. Planaltina, Brasil. 1993. 274 p.

BOTELHO, R. G. M.; GUERRA, A. J. T.; da SILVA, A. S. **Erosão e Conservação dos Solos.** Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. 1999. 339 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas: Manual Operativo.** Brasília, DF. 1987. 60 p.

CAMARGO, A. F. M.; FERREIRA, R. A. R.; SCHIAVETTI, A.; BINI, L. M. Influence of physiography and human activity on limnological characteristics of lotic ecosystems of the south coast of São Paulo, Brazil. **Acta Limnol. Brasil.** v. 8, 1996. p. 231–243.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Influência da atividade agropecuária na concentração de coliformes fecais e compostos organoclorados em ambientes lóticos (São Carlos, SP). **Acta Limnol. Brasil**. v. 10 (2), 1998. p. 115–124.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Classificação das águas doces, salobras e salinas em níveis de qualidade da água. **Resolução nº 20**. CONAMA, Brasília, DF, 1986. p. 09-23.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler. **Qualidade das águas do rio Caí: período 1992/1997**. Porto Alegre: FEPAM, 1998. 40 p.

HAASE, J.; SCHÄFER, A. Avaliação ecológica do arroio Velhaco, RS. **Acta Limnol. Brasil**. v. IV, 1992. p. 95–109.

KARNCHANAWONG, S.; KOOTTATEP, S. Monitoring and evaluation of shallow well water quality near a waste disposal site. **Environ. Inter.** 19: 583. 1993

LANE, W. L. **Extraction of information on inorganic water quality**. Colorado State University, Colorado. 1975. 74 p.

LANNA, A. E. **Gerenciamento de bacia hidrográfica. Aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília, DF. IBAMA. 1995. 170 p.

NECCHI Jr., O.; BRANCO, L. H. Z.; BRANCO, C. C. Z. Análise nictemeral e sazonal de algumas variáveis limnológicas em um riacho no noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Limnol. Brasil**. v. 8, 1996. p. 169–182.

OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F. Transporte de nutrientes e sólidos suspensos na bacia do rio Taquari (Mato Grosso do Sul). **Acta Limnol. Brasil**. v. 10 (2), 1998. p. 35–45.

PAYNE, A. I. **The ecology of tropical lakes and rivers**. John Wiley & Sons, Chichester, 1986. 301 p.

PILLAR, V. P. **MULTIV, Software para análise multivariada e testes de aleatorização**. Depto. Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1998.

PINEDA, M. D. S.; SCHÄFER, A. Adequação de critérios e métodos de avaliação de águas superficiais baseada no estudo ecológico do rio Gravataí, RS, Brasil. **Ciência e Cultura**. v. 39, nº 2. 1987. p. 198–255.

RIO GRANDE DO SUL. **Constituição do Estado do Rio Grande do Sul**. Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1989.

RIO GRANDE DO SUL. Sistema Estadual de Recursos Hídricos. Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 30 de dezembro de 1994.

RIOS, L.; CALIJURI, M. C. A bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão: uma proposta de ordenação das sub-bacias através de variáveis limnológicas. **Acta Limnol. Brasil**. v. 7, 1995. p. 151–161.

SCHÄFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: Ed. da Universidade - UFRGS. 1984. 532 p.

SCHWARZBOLD, A. O que é um rio? **Ciência e Ambiente**, nº 21. 2000. p. 57–68.

SEPLAN / IBGE. **Levantamento de recursos naturais**. Radambrasil, v. 33. Rio de Janeiro, 1986. 791 p.

SILVA, A. M. M.; HENRY, R.; CARVALHO, L. R.; SANTINI, J. A. J. A capacidade de autopurificação de um curso de água: um estudo de caso no rio Pardo (Botucatu, SP). **Acta Limnol. Brasil**. v. 10 (2), 1998. p. 83–99.

SOARES, M. C. C. **Avaliação geoambiental da bacia hidrográfica do arroio do Salso, Porto Alegre, RS.** 2002. 100 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

TUNDISI, J. G. Limnologia e gerenciamento integrado de recursos hídricos: avanços conceituais e metodológicos. **Ciência e Ambiente**, nº 21. 2000. p. 9-20.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Quality criteria for water.** Office of Water, Regulations and Standards. Washington. 1986. 477 p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/waterscience/criteria/goldbook.pdf>>. Acesso em 16/12/2003.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The River Continuum Concept. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v.37, 1980. p. 130-137.

WETZEL, R. G. **Limnology.** 2ª ed., Philadelphia Saunders, 1983. 767 p.

Tabela 1: Valores das variáveis analisadas nas estações amostrais (EA) do arroio Capim, em cada coleta no ano de 2003. (nd = não detectado)

Variáveis analisadas	VERÃO				OUTONO				INVERNO				PRIMAVERA			
	EA1	EA2	EA3	EA4	EA1	EA2	EA3	EA4	EA1	EA2	EA3	EA4	EA1	EA2	EA3	EA4
OD (mg/L)	7,80	7,56	7,80	8,28	8,40	9,72	8,52	8,64	9,96	10,92	11,04	11,04	9,00	8,28	8,16	8,64
Saturação OD (%)	82,13	82,33	86,10	92,88	84,38	99,57	87,28	91,26	81,65	95,78	94,56	96,65	87,81	86,59	85,34	93,14
DBO (mg/L)	0,48	nd	0,36	0,60	0,36	1,32	0,48	0,24	0,84	0,60	0,84	0,48	0,96	0,96	1,20	1,32
pH	6,77	6,70	6,51	6,72	7,11	7,37	7,43	7,60	7,22	7,34	7,26	7,38	7,35	7,35	7,74	7,52
Condutividade (uS/cm)	101,6	113,5	107,3	102,7	124,1	175,8	159,5	145,6	92,3	90,2	86,1	83,2	104,8	127,4	119,2	111,6
Alcalinidade (mEq/L)	1,047	1,072	0,985	0,948	1,509	1,484	1,421	1,247	0,885	0,798	0,748	0,686	0,748	0,823	0,835	0,810
Fosfato total (mg/L)	0,042	0,144	0,165	0,176	0,063	0,193	0,189	0,185	0,069	0,091	0,095	0,113	0,066	0,138	0,139	0,146
Nitrato (mg/L)	0,840	1,710	1,310	1,040	nd	1,800	2,130	2,630	1,090	1,380	1,580	1,580	0,480	1,290	1,450	1,430
Turbidez (NTU)	25	20	20	18	10	17	17	13	39	34	36	35	21	15	26	24
ST (mg/L)	137	130	105	106	105	152	136	117	219	145	140	125	224	149	175	152
SST (mg/L)	20,60	12,80	7,80	6,00	4,20	7,40	4,20	1,00	6,43	2,43	8,28	3,28	19,12	4,87	6,87	5,62
Temperatura água (°C)	19	20	21	21	17	17	17	18	8	10	9	10	18	18	18	19
Col.Fecais (NMP/100ml)	nd	nd	nd	nd	3	3	3	3	75	2400	460	1100	1100	2400	2400	1100

Tabela 2: Cargas de fósforo total (PO_4), nitrato (NO_3) e sólidos suspensos totais (SST) exportadas pelo arroio Capim, em cada coleta no ano de 2003, em kg/dia. Vazão na estação amostral 4 (m^3/s).

	Vazão	PO_4	NO_3	SST
Verão	0,210	3,18	18,88	108,85
Outono	0,074	1,18	16,82	6,38
Inverno	0,516	5,04	70,44	146,22
Primavera	0,164	2,05	20,25	79,64

Tabela 3: Correlação das variáveis com os dois primeiros componentes principais e percentagem de variação explicada em cada componente no período de estudo.

Variáveis	Componentes principais	
	I	II
OD	0,795	-0,316
Saturação OD	0,327	-0,689
DBO	0,517	-0,249
pH	0,457	-0,635
Condutividade	-0,652	-0,539
Alcalinidade	-0,769	-0,237
Fósforo total	-0,455	-0,735
Nitrato	0,023	-0,675
Turbidez	0,828	0,185
Sólidos totais	0,608	0,134
Sólidos suspensos totais	-0,017	0,728
Temperatura água	-0,803	0,049
Coliformes fecais	0,832	-0,168
% de variação explicada	37,18	23,04
% de variação acumulada		60,22

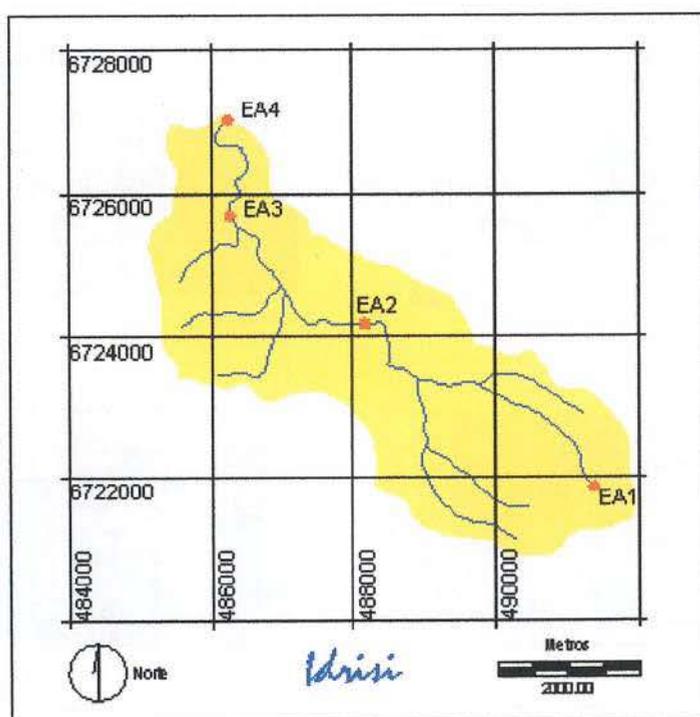


Figura 1: Micro-bacia hidrográfica do arroio Capim, RS, com a localização das estações amostrais (EA).

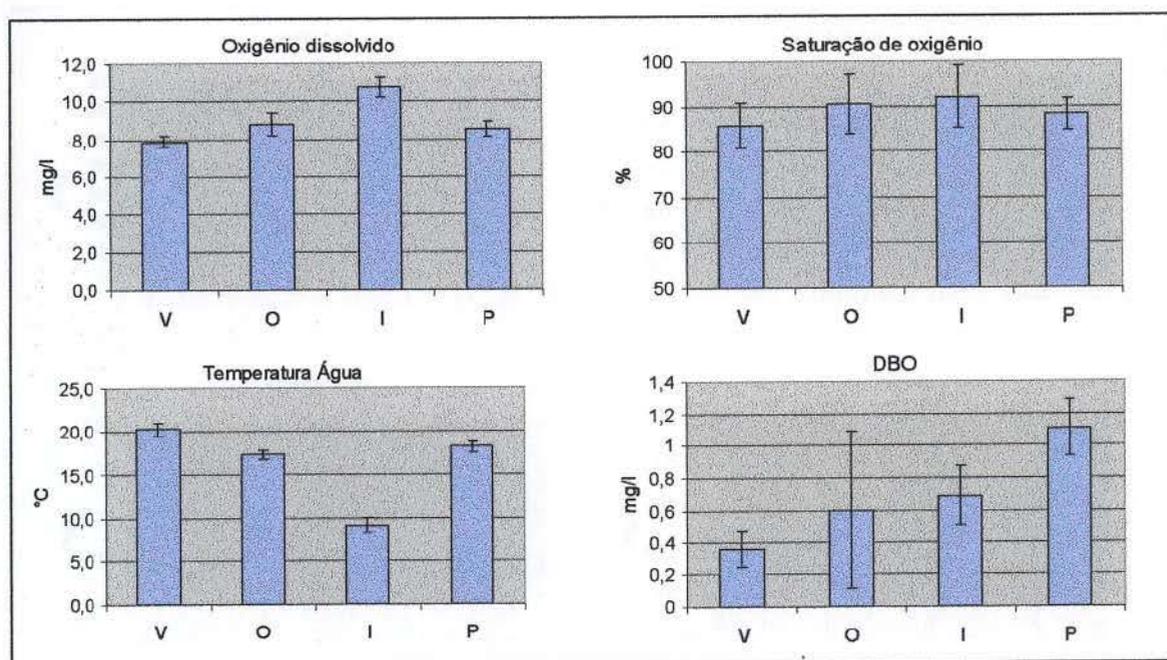


Figura 2: Média e desvio padrão de oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, temperatura da água e DBO por coleta, nas águas do arroio Capim, RS, no ano de 2003.

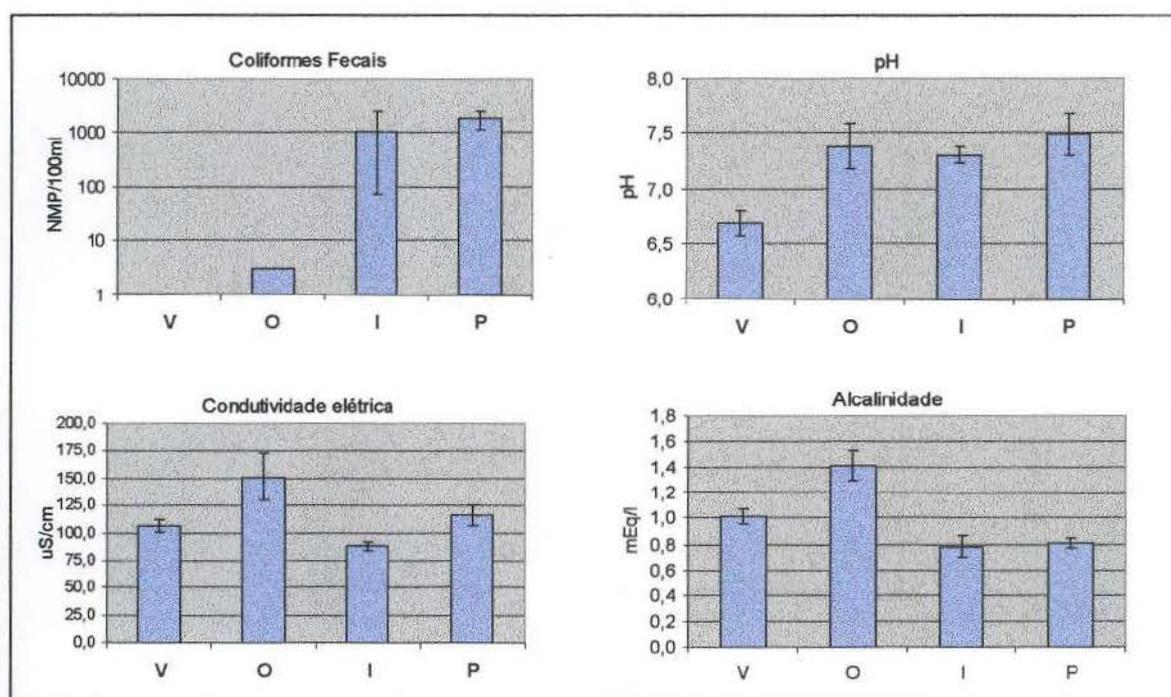


Figura 3: Média e desvio padrão de coliformes fecais, pH, condutividade elétrica e alcalinidade por coleta, nas águas do arroio Capim, RS, no ano de 2003.

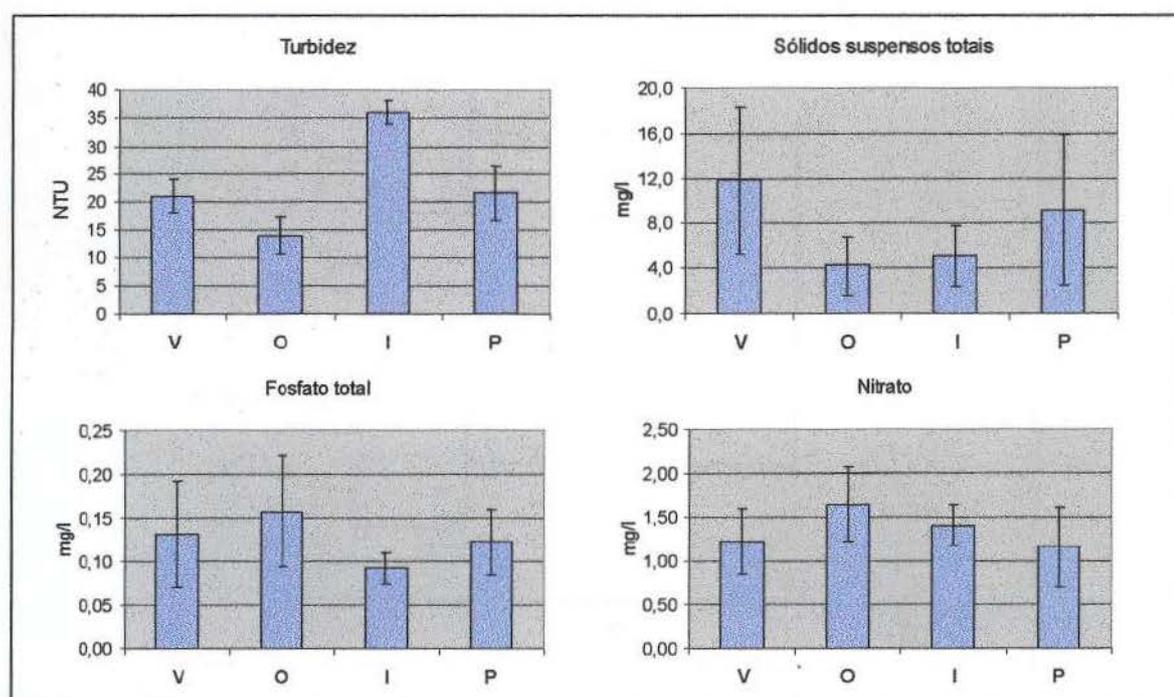


Figura 4: Média e desvio padrão de turbidez, sólidos suspensos totais, fosfato total e nitrato por coleta, nas águas do arroio Capim, RS, no ano de 2003.

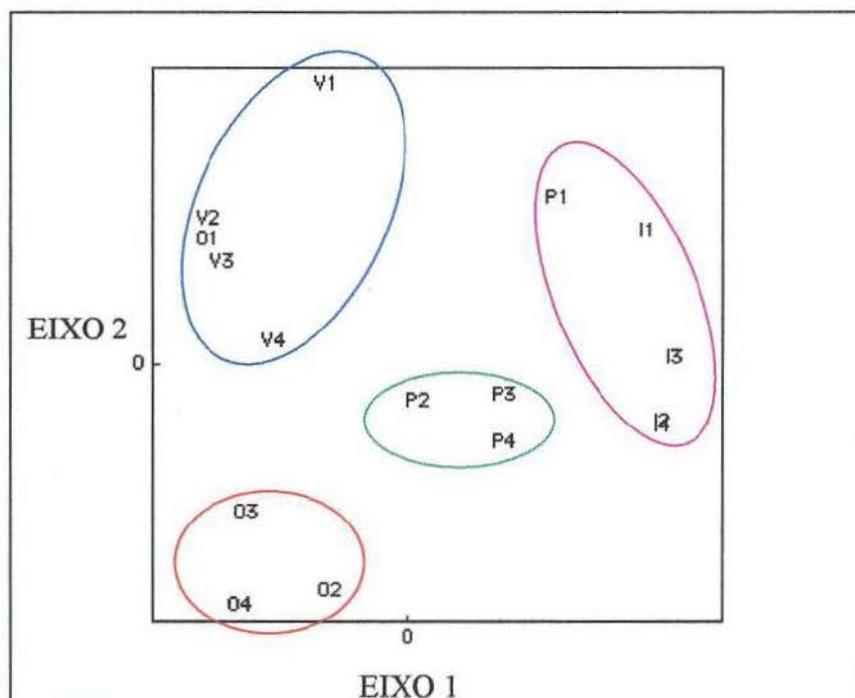


Figura 5: Ordenação (PCA) das estações amostrais nos diferentes períodos do ano, em função das variáveis físicas, químicas e microbiológicas (eixos I e II).

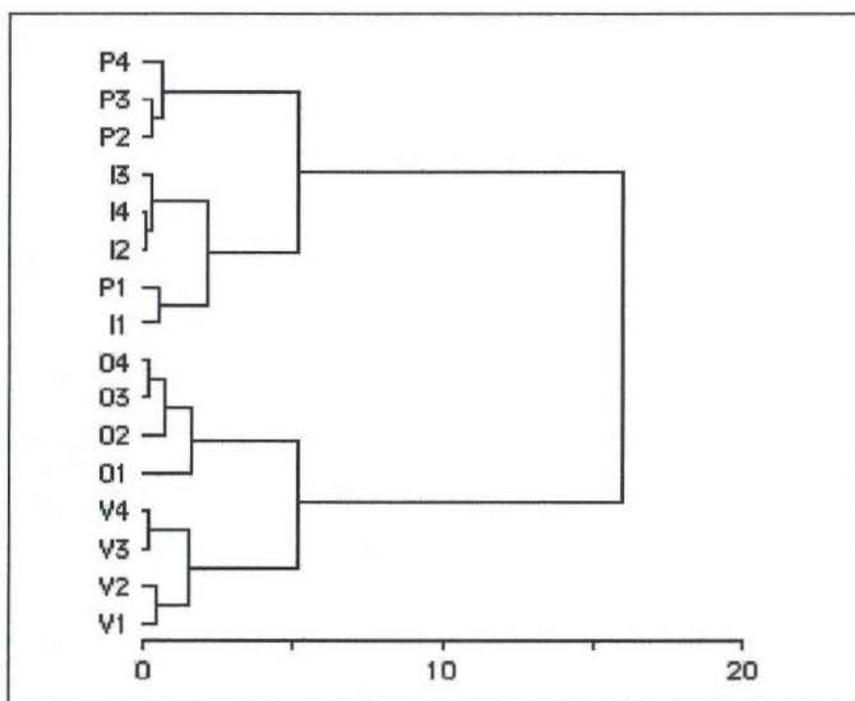


Figura 6: Dendrograma de similaridade entre as estações amostrais nos diferentes períodos do ano, em função das variáveis físicas, químicas e microbiológicas.