

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**INFLUÊNCIA AMBIENTAL NA QUALIDADE DA ÁGUA
DO ARROIO DOZE PASSOS, OURO, SC**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Charles Seidel

**Santa Maria, RS, Brasil
2012**

INFLUÊNCIA AMBIENTAL NA QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO DOZE PASSOS, OURO, SC

Charles Seidel

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. Adroaldo Dias Robaina

**Santa Maria, RS, Brasil
2012**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Seidel, Charles
Influência ambiental na qualidade da água do Arroio
Doze Passos, Ouro, SC / Charles Seidel.-2012.
90 p.; 30cm

Orientador: Adroaldo Dias Robaina
Coorientadores: Marcia Xavier Peiter, Angelo Mendes
Massignam

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2012

1. Qualidade da água 2. Impacto ambiental 3. Recursos
hídricos I. Robaina, Adroaldo Dias II. Peiter, Marcia
Xavier III. Massignam, Angelo Mendes IV. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**INFLUÊNCIA AMBIENTAL NA QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO
DOZE PASSOS, OURO, SC**

elaborada por
Charles Seidel

como requisito parcial para a obtenção de grau de

Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

**Adroaldo Dias Robaina, Dr.
(Presidente / Orientador)**

Angelo Mendes Massignan, Dr., (Epagri/SC)

Alexandre Swarowsky, Dr., (UNIFRA)

Santa Maria, 11 de junho de 2012.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e todos os Seres de Luz que iluminaram o meu caminho. Aos meus pais Alfredo e Ericka Seidel, e em especial a minha esposa Janne e aos filhos, Shannina e Maurício Seidel, dos quais eu tive que estar afastado fisicamente, mas mesmo à distância, sempre conectados por todo este tempo que estava dedicado aos estudos.

AGRADECIMENTOS

Ao Orientador Adroaldo Dias Robaina, pela confiança, incentivo e amizade.

Aos co-orientadores Marcia Xavier Peiter e Angelo Mendes Massignam pelo excelente e fundamental apoio e pela paciência.

Aos colegas do PPGEA que contribuíram com o trabalho: Rafael, Danton, Zamberlan e Mario.

Aos amigos do Laboratório de Engenharia de Irrigação: Rafael, Angélica, Mario, Leonita, Natália, Zamberlan pela companhia e apoio.

Ao amigo e colega da Epagri, Daniel Uba, que foi contemporâneo e que tivemos grandes conversas durante nossos deslocamentos para Santa Maria.

A colega e amigo Mario por compartilhar comigo sua morada.

Aos colegas do EPAGRI/CIRAM: Zampieri, Bacic, Hamilton Vieira, Raphael Ribeiro, Iria e Denilson pela disponibilização de dados, mapas e outros que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

Ao colega da Epagri de Ouro, Helio Basei e ao produtor rural Dirceu Viganó pelo apoio.

Ao Ivan Dallazem e demais amigos de Rio das Antas que acreditaram neste trabalho.

A minha família que sempre me apoiou.

A Epagri por acreditar na formação técnica voltada a preservação e qualidade desse bem tão valioso, a água.

A Embrapa pela bolsa concedida.

A UNIARP pelo apoio e confiança.

EPÍGRAFE

“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba”.

Guimarães Rosa

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

INFLUÊNCIA AMBIENTAL NA QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO DOZE PASSOS, OURO, SC

AUTOR: CHARLES SEIDEL
ORIENTADOR: ADROALDO DIAS ROBAINA
Santa Maria, 11 de junho de 2012

A água é o principal fator para o desenvolvimento e crescimento das comunidades, especialmente das rurais. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a qualidade da água e determinar a influência dos fatores ambientais naturais e antropogênicos na qualidade da água do Arroio Doze Passos. Este trabalho foi desenvolvido na microbacia Arroio Doze Passos, na região Meio-Oeste do Estado de Santa Catarina, com dados obtidos no período de novembro de 2004 a outubro de 2009. Essa microbacia tem área de 17,78km², onde é desenvolvida intensa atividade agrícola (principalmente lavouras de milho e trigo) e de criação de animais, (principalmente suínos, gado leiteiro e aves). Observou-se que a água do arroio encontra-se com baixa qualidade devido aos altos teores de P total, P orto, turbidez e coliformes totais e fecais. A água do Arroio Doze Passos é enquadrada na Classe 4 da CONAMA. A principal causa da baixa qualidade da água é a presença de dejetos de origem orgânica, os quais são causados pela utilização do solo fora de sua capacidade de aptidão, pelo manejo inadequado dos dejetos e pela falta de planejamento paisagístico-ambiental. Entretanto, a qualidade da água, de forma geral, aumenta da nascente para a foz. A redução do percentual da área agricultável, de campo e do número de complexos domésticos ao longo do trajeto do arroio, aliada ao aumento da área de florestas e da área com APP preservada, somados ao efeito da aeração gerada pela declividade, explica a considerável capacidade de recuperação da qualidade da água quando da aproximação com a foz.

Palavras-Chaves: recursos hídricos, poluição hídrica, uso do solo

ABSTRACT

MSC Dissertation
Postgraduate Program in Agricultural Engineering
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

INFLUENCE OF THE ENVIRONMENT ON THE WATER QUALITY OF DOZE PASSOS STREAM, OURO, SC, BRAZIL

AUTHOR: CHARLES SEIDEL
ADVISOR: ADROALDO DIAS ROBAINA
Santa Maria, June 11, 2012

Water is the main factor for the development and growth of communities, especially the rural ones. The objectives of this study were to evaluate the water quality and to determine the influence of natural and anthropogenic environmental factors on the water quality of Doze Passos stream. This study was conducted in the watershed Arroio Doze Passos in the Midwest region of Santa Catarina state, southern Brazil, with data obtained from November 2004 to October 2009. This watershed has an area of 17.78km², where intensive agriculture is developed (mainly corn and wheat) and livestock (mainly pigs, dairy cattle and poultry). It was observed that the stream water has low quality due the high values of total P, ortho P, turbidity, total coliform bacteria, and fecal coliforms. The water the Doze Passos stream is framed in Class 4 of the CONAMA classification. The main factor of poor water quality is the presence of organic-origin manure, which is caused by land use out of its fitness ability, coupled with inadequate management of waste, and lack of environmental planning. However, water quality, in general, increases from the stream's spring to its mouth. The reduction in the percentage of arable land and field, and in the number of domestic complexes along the stream, coupled with the increase of forest area with APP and preserved, added to the effect of aeration caused by the slope, explain the considerable capacity recovery of water quality as it approaches the stream mouth.

Key-Words: water resources, water pollution, use of soil

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 3.1-	Localização espacial da microbacia Arroio Doze Passos – Ouro, SC..	37
FIGURA 3.2-	Mapa da Microbacia Hidrográfica Arroio Doze Passos com a identificação dos pontos de coleta sobre imagem Quickbird	38
FIGURA 3.3-	Diagrama unifilar da microbacia Arroio Doze Passos.	41
FIGURA 3.4-	Vista parcial da microbacia Arroio Doze Passos próximo a nascente..	44
FIGURA 3.5-	Ponto 5 onde foram realizadas as medições de vazão no Arroio Doze Passos no período de novembro de 2004 a novembro de 2009	45
FIGURA 4.1-	Variação de Coliformes totais e Fecais (NMP), turbidez (UT), DBO, DQO, fósforo total e fósforo-orto (mg L^{-1}) encontrados nas campanhas em relação aos limites CONAMA 357/2005.	53
FIGURA 4.2-	Teores médios de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) encontrado na microbacia Arroio Doze Passos em 6 campanhas de coletas no período de novembro de 2004 a novembro de 2009	54
FIGURA 4.3-	Valores diários de pH, nitrito, nitrato e amônia (mg L^{-1}) em comparação ao limite mínimos/máximos permitido pelo CONAMA para águas de Classe 1 e valores de temperatura($^{\circ}\text{C}$) e condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) encontrados na microbacia Arroio Doze Passos.....	56
FIGURA 4.4-	Mapa do uso do solo, áreas de APP, hidrografia e rede viária da microbacia Arroio Doze Passos no ano de 2003	59
FIGURA 4.5-	Mapa de declividade (cm m^{-1}), pontos de coleta de água e complexos domésticos da Microbacia Arroio Doze Passos.....	64
FIGURA 4.6-	Área de APP ocupada por aviário (a) e por pastagem degradada (b) às margens do Arroio Doze Passos em março de 2012.....	69
FIGURA 4.7-	Vazão (l s^{-1}) obtida durante o monitoramento da qualidade da água da microbacia Arroio Doze Passos	73

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes de acordo com CONAMA 357/2005	35
TABELA 2.2 - Valores de referência disponíveis na legislação da Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 para as análises de qualidade de água	36
TABELA 3.1 - Normais climatológicas para o município de Ouro, SC.....	38
TABELA 3.2 - Fórmulas e coeficientes utilizados para a caracterização física da microbacia Arroio Doze Passos	42
TABELA 3.3 - Caracterização física da MB Arroio Doze Passos, Ouro, SC	43
TABELA 3.4 - Localização geográfica dos pontos de coleta das amostras de água da rede hídrica da Microbacia Arroio Doze Passos	44
TABELA 3.5 - Classes de relevo. Adaptado de Embrapa (2006).....	47
TABELA 4.1 - Médias por ponto e geral dos indicadores de qualidade da água, valores limitantes para Classe 2 da microbacia Arroio Doze Passos...	50
TABELA 4.2- Área total, área e porcentagem de culturas anuais, campos, capoeiras, floresta nativa e reflorestamento da microbacia Arroio Doze Passos no ano de 2004	58
TABELA 4.3- Concentração anual (média \pm desvio padrão) dos indicadores de qualidade da água nos diferentes pontos de coleta e média geral dos pontos de coletas na microbacia Arroio Doze Passos no período de novembro de 2004 à outubro de 2009.....	61
TABELA 4.4- Declividade média do canal principal, área de declividade com até 20 cm m^{-1} e de 20 a 45 cm m^{-1} da microbacia Arroio Doze Passos.....	63
TABELA 4.5- Área total e ocupada por estradas, APP (existente e ideal), déficit e porcentagem relativa ao déficit por gleba da microbacia Arroio Doze Passos	66
TABELA 4.6- Número de cabeças de suínos, bovinos aves e de complexos domésticos existente na microbacia Arroio Doze Passos	68
TABELA 4.7- Coeficientes de correlação médios das variáveis indicadoras da qualidade da água com a precipitação para cada ponto de coleta da água ao longo do Arroio Doze Passos	70
TABELA 4.8- Data de coleta, vazão (l s^{-1}), precipitação (mm) e correlação vazão X precipitação, considerando o dia atual e os 4 dias anteriores do Arroio Doze Passos no período de abril de 2005 e junho de 2009.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	-	Agência Nacional de Águas
APP	-	Área de preservação permanente
PRAPEN	-	Programa de Recuperação Ambiental e Apoio ao Pequeno Produtor Rural do Estado de Santa Catarina
SINGREH	-	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
MB	-	Microbacias
MB2	-	Projeto Microbacias 2 do Estado de Santa Catarina
EPAGRI	-	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de SC
OPS	-	Organização Pan-Americana de Saúde
ETA's	-	Estações de Tratamento de Águas
CE	-	Condutividade Elétrica
pH	-	Potencial hidrogeniônico
DBO	-	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	-	Demanda química de oxigênio
OD	-	Oxigênio Dissolvido
P total	-	Fósforo total
Orto-P	-	Ortofosfato
Col.Fec.	-	Coliforme fecal
Col. Tot.	-	Coliforme total
NMP	-	Número máximo provável
UT	-	Unidade de turbidez
CONAMA	-	Comissão Nacional do Meio Ambiente
mg L ⁻¹	-	Miligramas por litro
µScm ⁻¹	-	Microsiemens por centímetro
cm m ⁻¹	-	Centímetros por metro
mm	-	Milímetro
°C	-	Graus centígrados
l s ⁻¹	-	Litros por segundo
tc	-	Tempo de concentração
Kc	-	Coefficiente de compacidade
Dd	-	Densidade de drenagem
L	-	Extensão Média de escoamento
Is	-	Índice Sinuosidade

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A -	Área das glebas e principais culturas anuais semeadas e fração correspondente a cada gleba na MB Arroio Doze Passos	84
Apêndice B -	Precipitação diária e relativos dias de campanhas para coletas de amostras de água para análise no ano de 2005.....	85
Apêndice C -	Precipitação diária e relativos dias de campanhas para coletas de amostras de água para análise no ano de 2006.....	86
Apêndice D -	Precipitação diária e relativos dias de campanhas para coletas de amostras de água para análise no ano de 2007.....	87
Apêndice E -	Precipitação diária e relativos dias de campanhas para coletas de amostras de água para análise no ano de 2008.....	88
Apêndice F -	Precipitação diária e relativos dias de campanhas para coletas de amostras de água para análise no ano de 2009.....	89
Apêndice G -	Confirmação da vazão mínima do Arroio Doze Passos, com a participação do produtor rural Dirceu Viganó e do técnico da Epagri Helio Basei, realizada em março de 2012	90

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos e Contextualização	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Importância do Estudo	18
2.2 Água: uso, manejo e poluição	22
2.3 Microbacia Arroio Doze Passos	26
2.4 Qualidade da água	27
2.4.1 Características da qualidade da água	27
2.4.1.1 Características Físicas.....	28
2.4.1.1.1 Temperatura	28
2.4.1.1.2 Turbidez	28
2.4.1.1.3 Sólidos em suspensão	29
2.4.1.1.4 Condutividade Elétrica	29
2.4.1.2 Características Químicas.....	30
2.4.1.2.1 pH (potencial hidrogeniônico)	30
2.4.1.2.2 Cloretos	31
2.4.1.2.3 Nitrogênio	31
2.4.1.2.4 Fósforo (P)	32
2.4.1.2.5 Oxigênio Dissolvido (OD)	32
2.4.1.2.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	33
2.4.1.2.7 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	33
2.4.1.3 Características Biológicas	34
2.4.1.3.1 Coliformes	34
2.4.2 Classificação das águas doces	35
3 MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1 Área de Estudo	37
3.1.1 Caracterização climática	38
3.1.2 Caracterização Física da Microbacia	39
3.2 Qualidade da água e sua relação com componentes da paisagem da microbacia	43
3.2.1 Análise da água em relação aos padrões da Resolução CONAMA 357 .	46
3.2.2 Influência dos fatores ambientais naturais e antropogênicos na qualidade da água	47
3.3 Análise Estatística	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 Qualidade da água em relação aos padrões da Resolução CONAMA 357/2005	49
4.2. Influência dos fatores ambientais naturais e antropogênicos na qualidade da água	57
4.2.1 Declividade	62
4.2.2 Mata ciliar (APP), estradas e açudes	65
4.2.3 Pecuária e complexos domésticos	68
4.2.4 Precipitação e vazão	69
5 CONCLUSÃO	74
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
APÊNDICE	83

1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos, a água desempenhou um importante papel para o estabelecimento e desenvolvimento das nações. Grandes cidades floresceram quando na região havia água em abundância, e morreram assim que ela acabou. Exemplo disso está na região de Los Angeles, que ainda seria um deserto se não tivesse sido abastecida pela água de outras regiões, obras estas iniciadas por volta de 1890, e que, na época, geraram grandes conflitos de uso com comunidades vizinhas (LEWIS, 1965).

Diante da discussão atual sobre as mudanças climáticas, da poluição e da escassez de água, bem como dos conflitos de uso dos recursos hídricos, torna-se cada vez mais importante adquirir dados hidrológicos e realizar análises que permitam contribuir para a gestão dos recursos hídricos, quer seja em nível de grandes bacias ou em microbacias.

Nos últimos anos, o grande crescimento populacional associado ao desenvolvimento das atividades econômicas potencialmente poluentes tem demonstrado que é necessário atentar para as alterações da quantidade e qualidade da água disponível à população, quer seja no meio urbano ou rural.

No Brasil um levantamento da Agência Nacional de Águas (ANA) indica que o problema de abastecimento de água é generalizado, e apesar da Lei Federal Nº 9433 determinar que a água é um bem de domínio público, dos 5.565 municípios brasileiros, estima-se que mais da metade terá problemas de abastecimento até 2015. Atualmente 13% dos brasileiros ainda não têm um banheiro em casa. E mais de 700 mil pessoas são obrigadas a recorrer aos serviços de saúde a cada ano, vítimas de doenças provocadas pelo contato com água contaminada por esgotos.

O monitoramento hidrológico em pequenas bacias hidrológicas se torna interessante quando teoricamente pode-se usar os dados para estimar as condições hidrológicas de um infinito número de outras microbacias com características semelhantes. Isso permite justificar os investimentos para o monitoramento hidrológico, uma vez que é um grande desafio em função das dificuldades econômicas para instrumentação e acesso, em função das suas dimensões e localização.

O Meio-Oeste catarinense é caracterizado pela predominância de pequenas propriedades, em função disso, para sua viabilidade econômica predominam atividades agropecuárias de alto valor agregado, como plantio direto de milho, criação de gado leiteiro, suinocultura e/ou avicultura em sistema de integração e de alta densidade. A região ainda é a principal produtora de suínos do estado, tendo na região do Vale do Rio do Peixe uma grande concentração de produtores de pequeno e médio porte. Assim como a avicultura, a suinocultura é de fundamental importância no contexto sócio-econômico, pois contribui para a estabilidade das propriedades rurais de caráter familiar.

Os dados hidrológicos utilizados neste estudo são parte do Projeto de Recuperação Ambiental e Apoio ao Pequeno Produtor Rural do Estado de Santa Catarina - Projeto Microbacias 2 (PRAPEM/MB2) desenvolvido no período de 2004 a 2010, no qual foram monitoradas sete microbacias hidrográficas distribuídas por diversas regiões do estado de Santa Catarina. A Microbacia Hidrográfica Rio Doze Passos foi considerada representativa da região Meio-Oeste catarinense em função do potencial poluidor devido às suas características ambientais. No projeto MB2, trabalhou-se um complexo hidrológico formado pelo Arroio Doze Passos, do Ouro e outros nove córregos e arroios, sendo que neste estudo trabalhou-se somente com a microbacia do Arroio Doze Passos.

A Microbacia Arroio Doze Passos possui uma característica comum à maioria das microbacias afluentes do Rio do Peixe em SC: grande declividade, alta concentração de instalações produtoras de aves e suínos, pastagens para gado de leite e pouca área própria para agricultura mecanizada. Essa condição resulta no cultivo e construções em áreas próximas aos riachos e uso inadequado do solo, que normalmente seriam utilizadas para Áreas de Preservação Permanentes (APP's), condição conflitante com a legislação ambiental vigente. Outra particularidade é que, diferentemente de outras microbacias de Santa Catarina, há uma intensa atividade agropecuária e pouca mata nativa nas partes iniciais da microbacia. Todo este ambiente físico, composto por fatores ambientais naturais (clima, solo, relevo e recursos naturais), somado aos fatores ambientais antropogênicos (benfeitorias, estradas, criações, cultivos, etc.), constituem o ambiente que influencia a qualidade da água desse arroio.

1.1 Objetivos e Contextualização

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a qualidade da água e determinar a influência dos fatores ambientais naturais e antropogênicos na qualidade do Arroio Doze Passos.

Como objetivos específicos pretende-se estudar a influência do uso do solo e demais fatores ambientais na qualidade de água do Arroio Doze Passos; bem como, comparar individualmente os parâmetros físicos, químicos e biológicos da qualidade da água, com os valores máximos permitidos pela legislação brasileira.

Espera-se que quanto menor a interferência antrópica e maior for a área com florestas e mata ciliar, melhor será a qualidade da água na rede de drenagem da microbacia, pois a vegetação tende a exercer um efeito de filtro que diminui a transferência de sedimentos e compostos solúveis para a rede de drenagem através do escoamento superficial. Através desta pesquisa esperamos contribuir para traçar planos de gerenciamento dos recursos hídricos, tanto da microbacia Arroio Doze Passos quanto em outras microbacias rurais com características semelhantes, visando à conservação e recuperação dos recursos naturais existentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A água é um bem comum e solúvel, e o mais importante composto químico da natureza, essencial para qualquer atividade humana e imprescindível à sobrevivência de qualquer espécie. Desde a pré-história, a água foi fator determinante da concentração de populações que deram origem aos núcleos urbanos. O intenso crescimento demográfico e o desenvolvimento industrial baseado em tecnologias não sustentáveis acabam comprometendo de forma crescente a qualidade dos recursos hídricos superficiais, e isso tem dificultado a obtenção de água potável para abastecimento público, que é seu uso mais nobre.

Neste capítulo procurou-se revisar os diferentes temas que são importantes ao desenvolvimento deste trabalho proposto, visando dar respaldo teórico à essa dissertação.

2.1 Importância do Estudo

Os problemas que afetam o nosso meio ambiente e, em especial, os recursos hídricos, têm sido objeto de várias ações governamentais e da sociedade, por meio de iniciativas voltadas à preservação e conservação desses recursos. O Brasil já dispunha de um texto sobre o direito da água desde 1934, o Código de Águas. Porém, esse código não foi capaz de incorporar meios para combater a contaminação das águas e os conflitos de uso. Para preencher essas lacunas na legislação, foi elaborada a Lei no 9433/97, conhecida como a Lei das Águas, que apresenta a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Um dos seus princípios, o da gestão participativa e descentralizada, requer a adesão da sociedade para sua implementação. Algumas atividades antrópicas, como o desmatamento, a destruição das matas ciliares e a poluição dos mananciais estão afetando a formação e a qualidade dos lençóis freáticos e dos rios (VON SPERLING, 2006).

Uma bacia hidrográfica é um sistema fluvial de grande complexidade devido ao grande número e diversidade de seus componentes, bem como à interação dinâmica entre eles. Se por um lado o ciclo hidrológico é basicamente dependente da hidrologia e do clima, que determinam as características físicas da bacia, do ambiente natural e a variabilidade das trocas energéticas que ocorrem na bacia. Por outro, as atividades humanas causam impactos, principalmente através de uso da terra e da água e causam mudanças na dinâmica do ambiente natural afetando o equilíbrio hidrológico e demais recursos naturais (VICTORIA et al., 2005).

Grande fração do ecossistema natural encontra-se nas microbacias hidrográficas rurais. A preservação deste patrimônio da natureza está sob responsabilidade principal dos agricultores. Entretanto, os agricultores o fazem de forma praticamente empírica, conforme os conhecimentos acumulados ao longo dos tempos. Esse enfoque conduz à necessidade de buscar conhecimentos com potencial de serem aplicados à realidade das microbacias. E assim, contribuir para a orientação da tomada de decisão dos agricultores, técnicos, políticos e administradores no âmbito das microbacias, visando a adoção de adequadas políticas públicas / privadas de desenvolvimento das atividades econômicas regionais (EPAGRI, 2005b).

Como reflexo do crescimento populacional, aumenta a necessidade do aumento da produção agrícola e conseqüentemente, ocorre o uso intensivo do solo. Com o aumento da produção agrícola, a disponibilidade e qualidade da água são modificadas gerando um desequilíbrio no ciclo hidrológico. Além disso, a atividade agrícola é uma grande consumidora de água, portanto, a sustentabilidade da produção de alimentos depende da gestão adequada dos recursos hídricos (DIEBEL et al., 2009; MAXTED et al., 2009).

Quer seja por causas naturais ou antrópicas, a quantidade e a qualidade das águas sofrem alterações constantes. O equilíbrio dinâmico para o ciclo da água depende, basicamente, da quantidade e distribuição das precipitações, do balanço de energia, da geomorfologia, da dimensão e da natureza das formações geológicas, da vegetação natural que cobre a área e da interação das espécies. A oferta de água à curto prazo é controlada pelas variações sazonais da precipitação. Além dessas variações dentro do ano, decorrentes da declinação do sol para as diversas latitudes do planeta, ocorrem oscilações cíclicas, com períodos variáveis de médio e longo prazo, como o fenômeno meteorológico El Niño (SALATI et al., 2002).

Quando analisamos ecossistemas, temos de dar destaque para algumas características, como clima, geomorfologia, solo, vegetação, deflúvio e evapotranspiração, que contribuirão para a quantificação do processo hidrológico da bacia e deverão ser relacionados à quantidade, qualidade e dinâmica da água (ANIDO, 2002; ESTRANY et al., 2010).

O estudo do uso e cobertura do solo é de grande importância, pois engloba toda tipologia de atividade produtiva, não produtiva e cobertura da terra de uma determinada área, que refletem na forma pela qual os recursos do espaço geográfico estão sendo apropriados por diferentes interesses econômicos, sociais, políticos e ecológicos (GUERRA et al., 2005).

Um dos pilares do manejo sustentável se refere aos aspectos ecológicos, englobados no princípio de manutenção da integridade do ecossistema. No contexto da bacia, tal integridade envolve a manutenção de seu funcionamento hidrológico, o que significa perpetuar os processos hidrológicos (deflúvio, regime de vazão e qualidade da água) e manter sua capacidade natural de suporte produtivo (biogeoquímica), além da perpetuação de diversidade ecológica (vegetação ciliar, protegendo as zonas ripárias, reservas de vegetação natural) e sua estabilidade e capacidade de resistir a mudanças ambientais (LIMA, 1986).

O manejo de uma microbacia consiste na elaboração e aplicação de diagnóstico físico, hídrico, ambiental, sócio – econômico, edáfico, botânico e faunístico, de forma a identificar problemas da bacia e propor soluções compatíveis com cada situação (ROCHA, 2001).

Do ponto de vista hidrológico, o deflúvio de uma bacia pode ser considerado como produto residual do ciclo hidrológico, o qual é influenciado por três grandes grupos de fatores: clima, fisiografia, cobertura e uso do solo (RANZINI, 2002).

As bacias hidrográficas são unidades ambientais ou paisagens, nas quais todos os elementos naturais ou humanos se relacionam de maneira efetiva e inseparável. Qualquer efeito de ação antrópica ou fenômeno natural tende a dirigir-se para o sistema aquático, que é o espelho do que acontece na região. Para Magossi (2003) a poluição das águas origina-se principalmente de efluentes domésticos, efluentes industriais e da exploração agrícola, associada, principalmente, ao tipo de uso e ocupação do solo. Araújo et al. (2010) citam a importância da poluição causada pelos complexos domésticos, que é a área composta pela residência e demais instalações da propriedade.

A região Sul do Brasil foi pioneira em trabalhos de monitoramento de microbacias (MB). Podemos destacar pelo menos dois aspectos para este sucesso. O primeiro diz respeito à real adoção da microbacia como unidade espacial de planejamento, rompendo com a tradição da extensão rural de prestar assistência técnica a cada propriedade isoladamente. O segundo é considerar a microbacia como um espaço geográfico onde se adotam práticas integradas facilitando o planejamento e o gerenciamento. Essa metodologia favoreceu a organização comunitária e despertou a consciência conservacionista, os quais criam condições compatíveis às atividades produtivas com a conservação ambiental (ALMEIDA et al., 2001).

No Programa Paraná Rural o monitoramento e planejamento de microbacias proporcionou melhorias na qualidade da água, diminuindo em até seis vezes o índice de turbidez, comparativamente às microbacias cujo programa de manejo dos recursos naturais não foi implementado. Também diminuiu o consumo de fertilizantes químicos em função do melhor aproveitamento dos dejetos de suínos e da utilização de plantas de cobertura do solo (LIMA, 1986). A readequação das estradas rurais integrando-as com as estradas de lavouras diminuiu a perda de sedimentos (SILVA; PRUSKI, 1997). Do mesmo modo, o programa de microbacias do Estado de Santa Catarina tem gerado melhorias na qualidade de vida dos agricultores e na qualidade ambiental. No caso das microbacias do oeste catarinense, onde predominam pequenas propriedades de agricultura familiar, após a implantação do programa de manejo dos recursos naturais diminuiu a degradação do solo, aumentou a produtividade das culturas e melhorou a qualidade da água (ICEPA, 1999). O controle da erosão nas lavouras provocou impactos positivos na qualidade da água, pois diminuíram as perdas de solo e nutrientes. Isso diminuiu os custos de tratamento da água para consumo urbano (ICEPA, 1999). Segundo Lima e Zakia (1994) estes programas também adotaram critérios políticos e administrativos para caracterização dos limites de atuação de cada microbacia. Porém as práticas de manejo foram semelhantes em ambos programas e estão baseadas na introdução de práticas conservacionista do solo e no saneamento ambiental. As principais práticas de conservação foram o uso de plantas de cobertura, reflorestamento conservacionista, adoção do sistema plantio direto, cultivo mínimo, adubação verde e práticas complementares. Já no que se refere ao saneamento ambiental, o trabalho foi focado na proteção de fontes d'água,

construção de esterqueiras e instalações sanitárias, aproveitamento dos dejetos animais para adubação orgânica, destino adequado das embalagens de agrotóxicos e ao lixo doméstico, etc..

2.2 Água: uso, manejo e poluição.

A poluição da água é definida como alteração na condição natural da água, contaminação que ocorre com substâncias que interferem na saúde das pessoas e animais, na qualidade de vida e no funcionamento dos ecossistemas. Alguns tipos de poluição têm causas naturais - erupções vulcânicas, por exemplo - mas a maioria é causada pelas atividades humanas, que prejudicam seus legítimos usos. À medida que a tecnologia foi se desenvolvendo, o risco de contaminação tornou-se maior (MAGOSSI, 2003).

Hoje as águas superficiais carregam diversos tipos de poluentes e seu tratamento é cada vez mais complexo e oneroso. A escassez das águas superficiais é iminente e a tendência de racionamento é inevitável para o próximo século (VON SPERLING, 1996).

Este fator preocupa autoridades e a comunidade em geral, pois o futuro dos recursos hídricos está ameaçado pelas ações irresponsáveis dos homens. A redução da cobertura vegetal influencia diretamente no armazenamento da água, causando problemas de cheias momentâneas, estiagens, erosão e assoreamento de rios, bem como as poluições urbanas, industriais e dejetos animais (MAGOSSI, 2003).

O uso de água residuária de animais como fertilizante no solo é interessante, entretanto, ao contrário dos fertilizantes químicos, que poderão ser formulados especificamente para cada tipo de cultura e de solo, as águas residuárias de atividades pecuárias possuem, simultaneamente, vários minerais que se encontram em proporções desequilibradas, em relação à capacidade de absorção das plantas. Em razão disso, o uso excessivo poderá resultar em desequilíbrios químicos, físicos e biológicos do solo, comprovados tanto na região Sul quanto em outras partes do Brasil (SEGANFREDO, 2004).

Em ambientes ecologicamente frágeis, onde predominam um intenso uso do solo, com agricultura e pecuária intensiva, com utilização excessiva de fertilizantes e agrotóxicos e em solos pouco profundos e de alta declividade, o potencial de contaminação dos cursos de água é extremamente alto (MERTEN; MINELLA, 2002), principalmente durante o período de intensa precipitação pluviométrica (TAKEDA et al., 2009).

A ocupação urbana desregrada, o desrespeito à legislação ambiental e a falta de planejamento são agravantes de uma situação que, mesmo se tomarmos as decisões corretas, ainda levará décadas para mostrar sinais de melhora (GÜNTER, 1980).

Segundo Günter (1980) a pecuária contribui com o despejo de uma grande quantidade de detritos orgânicos de origem animal. Estes ultrapassam freqüentemente em quantidade aos detritos humanos. Aos detritos propriamente ditos, devem-se acrescentar as águas de limpeza das instalações. Excetuando apenas estas águas de lavagem citadas por último, os detritos animais não deveriam alcançar águas superficiais ou lençóis subterrâneos, mas sim deveriam ser aproveitados para a obtenção de estrume e esterco para a adubação de diversas culturas. Entretanto, parte dos dejetos animais atinge as águas superficiais por vazamento de esterqueiras ou pelo arraste de detritos das pastagens para os rios e lagos por ação das águas pluviais.

As atividades humanas causam impacto sobre os recursos naturais – solo e água - e produzem alterações na dinâmica natural do ambiente, o que pode alterar as interações, afetando diretamente o equilíbrio hidrológico e dos recursos naturais em geral. Determinar processos decisórios que garantam o uso sustentável dos recursos hídricos e o equilíbrio nas atividades humanas são desafios para a sociedade como um todo, principalmente em regiões onde há escassez de água (PEREIRA et al., 2002a).

Em uma microbacia agrícola o uso do solo fora da capacidade de aptidão, o manejo inadequado do solo, o uso indiscriminado de fertilizantes e a falta de saneamento nas moradias comprometem a qualidade da água (GONÇALVEZ et al., 2005).

Em bacias hidrográficas onde temos a agricultura como atividade dominante, a responsabilidade do produtor rural inclui o bom uso da terra,

água e recursos energéticos naturais, a preservação da natureza e da conservação dos recursos ambientais (PEREIRA et al., 2002b).

Adotar a bacia hidrográfica como unidade de estudo é justificada porque é uma unidade biogeofísica bem delimitada, onde atividades sócio-econômicas (urbanas, industriais ou agrícolas), lhe causam transformações ambientais, bem como, é nela que ocorrem interações entre os participantes e o meio estudado. Com isso conseguimos identificar as causas e efeitos das ações humanas sobre os recursos naturais, refletidos nos cursos d'água (LANNA, 1995; PISSARRA, 1998). Dentre esses componentes, destaca-se a cobertura vegetal que merece atenção especial uma vez que, os mecanismos de controle de fluxo de água pela vegetação são fundamentais para a definição do balanço hídrico em bacias hidrográficas (ARAUJO et al., 2010).

As microbacias constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica, que é potencialmente causadora do desequilíbrio ambiental. A necessidade do estudo da dinâmica de uso das microbacias acontece em função da necessidade de se obter conhecimento que possibilite o planejamento para o uso do solo e da água (RANZINI et al., 2004).

A ordem dos cursos da água reflete o grau de ramificação do curso principal e a densidade de drenagem reflete a topografia, a litologia e algumas características dos solos da área são indicações da eficiência de drenagem da microbacia. A densidade de drenagem fornece um indicativo do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem (BACK, 2000).

O desenvolvimento urbano, agrícola e industrial vem causando sérios problemas ambientais em toda a região do Meio-Oeste catarinense, onde o aumento de dejetos gerados pela agropecuária acarreta aumento da carga poluidora no solo, ar e em corpos d'água, onde geralmente são lançados de maneira inadequada (MEDRI, 1997).

O Meio-Oeste Catarinense é principal produtor de suínos do estado, tendo na região do Vale do Rio do Peixe uma grande concentração de produtores de pequeno e médio porte. A suinocultura é de fundamental importância no contexto sócio-econômico, pois contribui para a estabilidade das propriedades rurais de caráter familiar (TESTA et al., 1996). A pequena área das propriedades e o relevo acidentado da região fazem com que haja insuficiência de áreas agrícolas para a

aplicação agronômica de todo o resíduo gerado pela suinocultura nessas propriedades. Portanto, uma grande quantidade de dejetos acaba sendo aplicado sobre o solo, sem passar por qualquer tipo de tratamento ou estabilização e sem levar em consideração critérios agronômicos e legais (KUNZ et al., 2005). Na região de Lavras, em duas sub-bacias onde predominava a pecuária leiteira e criação de suínos, Rocha et al. (2006) encontraram índices de coliformes, turbidez e cor que ficavam fora do padrão de potabilidade na maioria das amostras.

De acordo com Kunz et al. (2005) os problemas de contaminação ambiental associados aos dejetos de suínos apresentam-se como um grande desafio para a pesquisa, haja vista que os custos das tecnologias desenvolvidas são muitas vezes difíceis de serem transferidos para o setor produtivo por causa da baixa capacidade de investimento do produtor. Esse aspecto dificulta a mitigação dos impactos ambientais da suinocultura, pois, na maioria dos casos, não é possível reduzir a poluição sem agregar tecnologia.

A análise do uso e ocupação quantifica a utilização da terra com a agricultura e com os complexos domésticos em uma microbacia, possibilitando a correlação com a qualidade da água nos diferentes pontos de coleta (ARAÚJO et al., 2010).

No estado de Santa Catarina o uso simultâneo da água em diferentes atividades econômicas gera conflitos, principalmente entre a demanda para fins agrícolas e a necessidade de água potável para consumo humano, fato este que contribui para a diminuição da qualidade de vida da população (ARAÚJO et al., 2010).

Ao estudar o uso do solo na região de Colombo-PR, Ribeiro (2009) dividiu os principais usos considerando a área ocupada por: vegetação nativa, reflorestamento, agricultura, campo e outros usos. Já SANTA CATARINA (2005) considerou em seus levantamentos a área ocupada por capoeiras. Segundo Ferreira (1986) a capoeira pode ser definida como vegetação composta por gramíneas e arbustos que nasce no local de uma floresta desmatada.

2.3 Microbacia Arroio Doze Passos

Com a implantação de Ferrovia Paraná/Santa Catarina, que depois recebeu o nome de Rede Ferroviária Federal S/A, imigrantes de origem italiana, vindos do Rio Grande do Sul, instalaram-se no Meio-Oeste Catarinense, formando pequenos grupos de habitantes, que deram origem á varias vilas. Uma delas, Ouro, situada às margens do Rio do Peixe, foi fundada em 20 de outubro de 1906, ficando vinculada administrativa e politicamente ao município de Campos Novos (IBGE, 2011).

O nome “Ouro” foi dado em função dos trigais dourados da região, colonizada principalmente por descendentes de italianos, Ouro desmembrou-se de Capinzal em 23 de janeiro de 1963 e foi instalado oficialmente no dia 07 de abril do mesmo ano. Os armazéns, como eram chamados, comercializavam gêneros alimentícios para suprir as necessidades dos trabalhadores da ferrovia e suas famílias. Essa foi a primeira atividade econômica do lugar, onde paralelamente, desenvolvia-se a criação e abate de gado e de suínos, dando suporte ao comércio, que prosperou com a fixação das famílias, após a conclusão da ferrovia. A boa infra-estrutura para escoamento da produção agrícola foi responsável pela instalação das Indústrias Reunidas Ouro, estimulando a atividade econômica. Hoje, o município é destaque em nível estadual na produção de suínos e aves, também devido ao grande número de propriedades rurais (EPAGRI, 2005a).

No município de Ouro, conseqüentemente na microbacia Arroio Doze Passos, predominam os seguintes sistemas produtivos: (i) leite associado a produção de grãos e suínos; e (ii) leite associado ao cultivo de grãos e aves, em que se combinam os plantios de grãos com suínos e aves. Em 2003 predominavam as seguintes lavouras: (i) milho (7.500 ha); trigo (1.000 ha); e feijão (550 ha); e outros plantios, tais como arroz, cana de açúcar, fumo, mandioca e soja. Quanto aos cultivos permanentes, as principais atividades são: (i) erva mate (102 ha); (ii) laranja (22 ha); (iii) tangerina (11 ha); e (iv) uva (5 ha). Na pecuária o grande destaque é o plantel de frangos e outras aves, que totalizam (3.028.800 aves); suínos com (68.000 cabeças); e bovinos (14.600 cabeças). A quantidade de leite produzida anualmente totaliza 7.752.000 litros. A atividade agrícola de lavoura de maior expressão econômica é o milho (EPAGRI, 2005a).

A microbacia do Ribeirão Doze Passos é de 3ª ordem indicando uma drenagem eficiente e que, aliada a litologia (basalto), confirma a ramificação dos canais de drenagem. Predominam na microbacia os cambissolos, neossolos litólicos, nitossolos e argissolos (EPAGRI, 2005b).

2.4 Qualidade da água

A qualidade da água compreende uma série de parâmetros, principalmente químicos, físicos e biológicos que têm influência direta na integridade da bacia hidrográfica, que por sua vez, está ligada a fatores antrópicos e naturais ocorrentes em uma microbacia. Assim sendo, a qualidade da água é um bom indicador da condição atual e da tendência de uma microbacia (RODRIGUES; PISSARA, 2007). Segundo Araújo et al. (2010) o monitoramento de parâmetros de qualidade da água é uma ferramenta para determinar a intensidade das alterações ambientais causadas pelas ações antrópicas.

A Organização Pan-Americana de Saúde (OPS) preconiza que uma pessoa precisa de, no mínimo, 50 litros de água por dia, enquanto que com 200 litros ela vive confortavelmente. Uma água de má qualidade pode causar sérios riscos à saúde humana. 30% das mortes de crianças com menos de 1 ano ocorre por diarreia e 80% das enfermidades no mundo são contraídas por causa da água poluída. É importante então lembrar que 58% dos municípios do país não possuem Estações de Tratamento de Águas (ETA's) e que apenas 8% tratam corretamente os seus esgotos (PHILIPPI, 2002).

2.4.1 Características da qualidade da água

A qualidade da água define-se por uma ou mais características químicas, físicas ou biológicas (AYERS; WESCOT, 1991). As químicas estão relacionados com o pH da água, com os sólidos dissolvidos totais, dureza e concentração de

elementos químicos presentes na água. As físicas dizem respeito à turbidez, temperatura, sólidos em suspensão, condutividade elétrica e outros relacionados à cor, sabor e odor. As biológicas estão relacionados principalmente a contaminação microbiana (LIMA; CHAVES, 2008).

2.4.1.1 Características Físicas

Normalmente estas são as características relativas à nossa capacidade de visão, tato e olfato, e que na água, via de regra podem ser mensurados por medições diretas à campo.

2.4.1.1.1 Temperatura

Segundo Von Sperling (1996) a medida da intensidade de calor é uma característica importante, pois influi em algumas propriedades da água: acelera reações químicas, reduz a solubilidade dos gases e interfere no sabor, odor, na densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido, com reflexos sobre a vida aquática. A temperatura pode variar em função de fontes naturais (energia solar) e fontes antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). Hadlich e Sheibe (2007) citam que a água com temperatura ligeiramente elevada, resulta na perda de gases, gerando odores e desequilíbrio ecológico. Portanto, a presença de oxigênio na água é diretamente dependente da temperatura, bem como, da pressão atmosférica.

2.4.1.1.2 Turbidez

Determinada pela presença de matéria em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras

partículas, inclusive metálicas. O padrão de potabilidade ocorre quando a turbidez é inferior a 1 unidade (VON SPERLING, 2005). Em uma microbacia no sul de Santa Catarina, Hadlich e Sheibe (2007) encontraram uma correlação elevada entre turbidez e sólidos totais.

2.4.1.1.3 Sólidos em suspensão

Os sólidos são oriundos principalmente do deflúvio superficial em suspensão que carregam partículas sólidas do solo para os corpos hídricos. São considerados os resíduos mais comuns existentes nas águas superficiais, e podem ser medidos através de um filtro de asbesto. São constituídos por areias, siltes, e algumas partículas de argilas com diâmetros maiores que 10 micrômetros (VANZELA, 2004).

Geralmente os filtros usados em microirrigação são o suficiente para tratar a água, mas em grande quantidade podem se tornar em um problema de qualidade na água de irrigação, chegando a muitas vezes interromper atividades (NAKAYAMA et al., 2007). O mesmo problema pode ser observado no caso do abastecimento público.

Os sólidos são considerados: sedimentáveis quando sedimentam após um período de repouso; não sedimentáveis quando podem ser removidos por processos de coagulação, floculação e decantação.

2.4.1.1.4 Condutividade Elétrica

É a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Esta variável está relacionada com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Os sais contidos nas águas encontram-se em quantidades muito pequenas, mas significativas, tendo sua origem na dissolução ou intemperização de rochas e solos, incluindo a dissolução do calcário e de outros minerais (AYERS; WESTCOT, 1991).

Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica (CE) na água. Segundo Girão et al. (2007) existe uma alta correlação entre CE e sódio no Rio Jaibas, no Ceará. Helena et al. (2000) também encontraram boa correlação entre CE e cloro. Para Almeida e Schwarzbald (2003), a condutividade elétrica foi a mais importante na determinação da qualidade da água, e está relacionada aos sais não naturais dissolvidos na água, oriundos dos dejetos de banheiros e esgotos domésticos. Para causar salinização em sistemas de irrigação os valores de CE devem ser superiores a $750 \mu\text{Scm}^{-1}$ (PRIMAVESI, et al., 2000).

2.4.1.2 Características Químicas

De forma geral as características químicas são os mais difíceis de controlar, o que torna o processo de tratamento bastante oneroso. Mesmo assim, a determinação destas é fundamental para definir a qualidade das águas tanto no meio urbano como no rural.

2.4.1.2.1 pH (potencial hidrogeniônico)

Representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- ; varia de 7 a 14; indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7); o pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; pH baixo torna a água corrosiva; águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações; a vida aquática depende do pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9 (AYERS; WESCOT, 1991).

Águas com valores de pH acima de 7,0 favorecem a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio em águas com alta dureza (NAKAYAMA; BUCKS, 1986). Hadlich e Sheibe (2007) encontraram uma correlação positiva entre pH e coliformes fecais, e que pode estar associado ao pH alcalino dos dejetos de animais.

2.4.1.2.2 Cloretos

Os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar; podem, também, advir dos esgotos domésticos ou industriais; em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003). Geralmente encontram-se boa relação do cloro com a CE (HELENA et al., 2000).

2.4.1.2.3 Nitrogênio

O nitrogênio pode estar presente na água sob várias formas: molecular, amônia, nitrito, nitrato; é um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos, fenômeno chamado de eutrofização. A presença de N na água deve-se principalmente ao escoamento proveniente da adubação em cultivos agrícolas e de dejetos de animais oriúdos da pecuária intensiva; além disso, áreas urbanas, sem tratamento adequado do esgoto, contribuem pelo nitrogênio presente na urina (HADLICH; SHEIBE, 2007). Segundo Von Sperling (1996), o nitrogênio na forma de nitrato pode ser associado a doenças, e o seu excesso de aplicação também acarreta contaminação do ambiente. O nitrato, na água, pode causar a metemoglobinemia; quando a amônia torna-se tóxica aos peixes (GIRÃO et al., 2007). De acordo com Takeuchi et al. (2005) a poluição por nitratos na agricultura é causada por fontes difusas. Além disso, por causa dos complicados processos de movimento de água e nitrogênio em solos é muito difícil para prever como a carga de N em campos flui em corpos de água e resulta em poluição. Segundo Girão et al. (2007), a amônia e os nitratos são indicativos do grau de poluição do corpo d'água pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais, e lixiviação de solos onde foram aplicados fertilizantes nitrogenados. Segundo Assis e Muratori (2007) o nitrato é a principal forma de nitrogênio associada à contaminação da água pelas atividades agropecuárias. Na suinocultura, o nitrato presente nos dejetos é altamente poluente. Segundo Anami et al. (2008) o íon nitrato possui um rápido deslocamento no perfil

do solo, portanto tem grande potencial de contaminação das águas do lençol freático e até mesmo subterrâneo.

2.4.1.2.4 Fósforo (P)

O fósforo apresenta-se na água principalmente nas formas orgânica e inorgânica. Dentro das formas inorgânicas, o ortofosfato é o mais comum, comumente utilizado na formulação de fertilizantes (LIMA; CHAVES, 2008).

Em dejetos frescos, aproximadamente 73% do fósforo encontra-se na forma orgânica (SEIFFERT, s.d. Apud HADLICH; SHEIBE, 2007). É um elemento essencial para o crescimento de algas, porém, quando em elevadas concentrações pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos causando a eutrofização da água; suas principais fontes são: dissolução de compostos do solo; decomposição da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais; fertilizantes; detergentes; excrementos de animais (ASSIS; MURATORI, 2007).

Segundo Hadlich e Sheibe (2007) existe uma correlação positiva entre P-total e DQO, quando a origem do poluente é predominantemente química (normalmente detergentes), e com coliformes fecais, indicando uma origem orgânica do material. Segundo Anami et al. (2008), diferentemente do nitrato, o íon fosfato possui pequena mobilidade devido a sua reatividade com o solo, com isso a possibilidade de poluição de águas subterrâneas é menor.

2.4.1.2.5 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio é considerado pouco solúvel, em função de não reagir quimicamente com a água, portanto sua solubilidade depende da temperatura e da pressão atmosférica (COSTA et al., 2005).

Esteves (1998) afirmou que o oxigênio dissolvido encontra-se entre os parâmetros que apresentam maiores variações diárias, pois é um gás que está diretamente envolvido com o processo de fotossíntese e respiração e/ou

decomposição que, por sua vez, estão inteiramente relacionados com o fotoperíodo, a intensidade luminosa e a temperatura. Além disso, quantidade de OD está relacionada com o perfil do rio, e os fluxos mais turbulentos podem fazer ultrapassar os de saturação. No meio rural, a elevada turbulência e oxigenação elevam os teores de OD. Além de afetar a dinâmica do N, o OD também influencia o número de coliformes fecais, pois é evidente a redução de microorganismos em ambientes lóticos oxigenados (HADLICH; SHEIBE, 2007).

2.4.1.2.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

É a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias. Representa, portanto, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto). A DBO é determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20°C. É o indicador mais comumente utilizado para a medida do consumo de oxigênio na água (ASSIS; MURATORI, 2007).

2.4.1.2.7 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

É a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, através de um agente químico. A DQO também é determinada em laboratório, em prazo muito menor do que o teste da DBO. Para o mesmo líquido, a DQO é sempre maior que a DBO. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial (CARVALHO, 2005). Em uma microbacia rural, Hadlich e Sheibe (2007) encontraram relação positiva da DQO com detergentes provavelmente usados na limpeza das granjas e/ou esgoto doméstico. Quando a relação DQO/DBO for menor que 5, o esgoto é considerado biodegradável (VALENTE et al., 1997).

2.4.1.3 Características Biológicas

As características biológicas dizem respeito a diversos seres de origem, vegetal, animal e microorganismos. Porém vamos tratar somente dos microorganismos que são introduzidos na água, portanto de origem externa (ex: microorganismos patogênicos introduzidos na água junto com matéria fecal). Normalmente não se alimentam ou se reproduzem no meio aquático, tendo caráter transitório nesse ambiente (PRIMAVESI, 2000).

2.4.1.3.1 Coliformes

As maiorias das bactérias encontradas na água são provenientes do solo, sendo a maior parte composta de bactérias saprófitas, nitrificadoras e fixadoras de nitrogênio, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. No entanto, existem bactérias presentes na água, que podem ser patogênicas, como as do grupo coliformes (SOARES; MAIA, 1999).

Os coliformes fecais são indicadores de presença de microorganismos patogênicos nas águas e encontram-se em grande quantidade nas fezes de animais de sangue quente. Os coliformes são bactérias aeróbicas facultativas que envolvem uma gama de organismos de origem intestinal que por ventura podem estar presentes nas águas de irrigação, através da lixiviação de fezes de animais ou de efluentes urbanos. São bactérias caracterizadas como bacilos gram-negativos não esporulados (VASCONCELOS et al., 2009).

O aumento nos níveis de coliformes na água esta relacionado ao nível em que se encontram os corpos hídricos, pois quanto menor o volume, maior a concentração do organismo (LIMA; GARCIA, 2008).

No meio rural, o aumento do nível de OD tem relação com a diminuição do número de coliformes fecais e da DQO. A presença de coliformes fecais na água possui correlação positiva com o nitrogênio amoniacal, e indica contaminação recente por efluentes orgânicos (HADLICH; SHEIBE, 2007).

2.4.2 Classificação das águas doces

As águas doces brasileiras segundo a legislação em vigor (Resolução CONAMA 357/2005) devem ser classificadas de acordo com o uso a que estão destinadas em 5 classes (Brasil, 2005).

Segundo Von Sperling (1996) a cada uma das classes de uso da água corresponde uma determinada qualidade a ser mantida no corpo d'água. Esta mesma qualidade é expressa na forma de padrões, através da referida Resolução CONAMA (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes de acordo com CONAMA 357/2005

Uso do solo	Classes				
	Especial	1	2	3	4
Abastecimento doméstico	X	X(a)	X(b)	X(b)	
Preserv. equil. natural de comum. aquáticas	X				
Proteção das comunidades aquáticas	X	X	X		
Recreação de contato primário*		X	X		
Recreação de contato secundário				X	
Dessedentação de animais				X	
Irrigação		X(c)	X(d)	X(e)	
Aquicultura e pesca		X	X	X	
Navegação					X
Harmonia Paisagística					X
Usos menos exigentes					X

Notas: (a) após tratamento simples; (b) após tratamento convencional; (c) hortaliças e frutas rentes ao solo; (d) hortaliças, jardins e plantas frutíferas; (e) culturas arbóreas, de cereais e forrageiras, (*) natação, esqui-aquático e mergulho.

Fonte : Adaptado de Von Sperling (1996)

Durante a realização do projeto Microbacias 2 - MB2, por ocasião de seu diagnóstico da microbacia Doze Passos, EPAGRI (2005) utilizou a Resolução CONAMA 357/2005 e suas classes 1,2 e 3 para determinação da qualidade da água em rios (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Valores de referência disponíveis na legislação da Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 para as análises de qualidade de água

Variável Indicadora	CONAMA 357/2005 Classe 1	CONAMA 357/2005 Classe 2	CONAMA 357/2005 Classe 3
Condutividade El.(mg L ⁻¹)	n.d	n.d.	n.d
Amônia (mg L ⁻¹) (NH ₃)	2mg L ⁻¹ _N	3 mg L ⁻¹ _N	n.d.
Coliformes Fecais (NMP)	200	1000	4000
Coliformes Totais (NMP)	1000	5000	20.000
DBO (mg L ⁻¹)	< 3mg L ⁻¹	< 5mg L ⁻¹	<10mg L ⁻¹
DQO (mg L ⁻¹)	< 10 mg L ⁻¹	n.d.	n.d.
Fosfato Total (mg L ⁻¹ P)	0,025	0,03	0,15
Fosfato-Orto (mg L ⁻¹ - P)	0,025	0,03	0,15
Nitrato (mg L ⁻¹ - N)	10	10	10
Nitrito (mg L ⁻¹ - N)	1	1	1
OD (mg L ⁻¹)	> 6,0	> 5,0	>4
pH (logarítmica)	6,0 até 9,0	6,0 até 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez (NTU)	40	100	100

n.d. – Informação não disponível

Fonte: Adaptado de EPAGRI (2005b)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A microbacia Rio Doze Passos do Projeto Microbacias do Estado de Santa Catarina localiza-se no município de Ouro, SC e é um complexo hidrológico formado por 7 pequenas microbacias com área total de 52,28 km² que foi considerada representativa da região meio-oeste catarinense devido ao intensivo uso do solo e grande concentração de criações de suínos, aves e bovinos (EPAGRI, 2005). A microbacia Arroio Doze Passos (Figura 3.1), que é o objeto deste estudo, é parte deste complexo hidrológico, com área de 17,74 km². Sua nascente localiza-se nas coordenadas 27° 15'47.09" S e 51° 41'15,41" W e sua foz localiza-se nas coordenadas 27° 20'53.43" S e 51° 39'12.93" W. O Arroio Doze Passos é um pequeno afluente do Rio do Peixe, que por sua vez faz parte da Bacia do Uruguai.

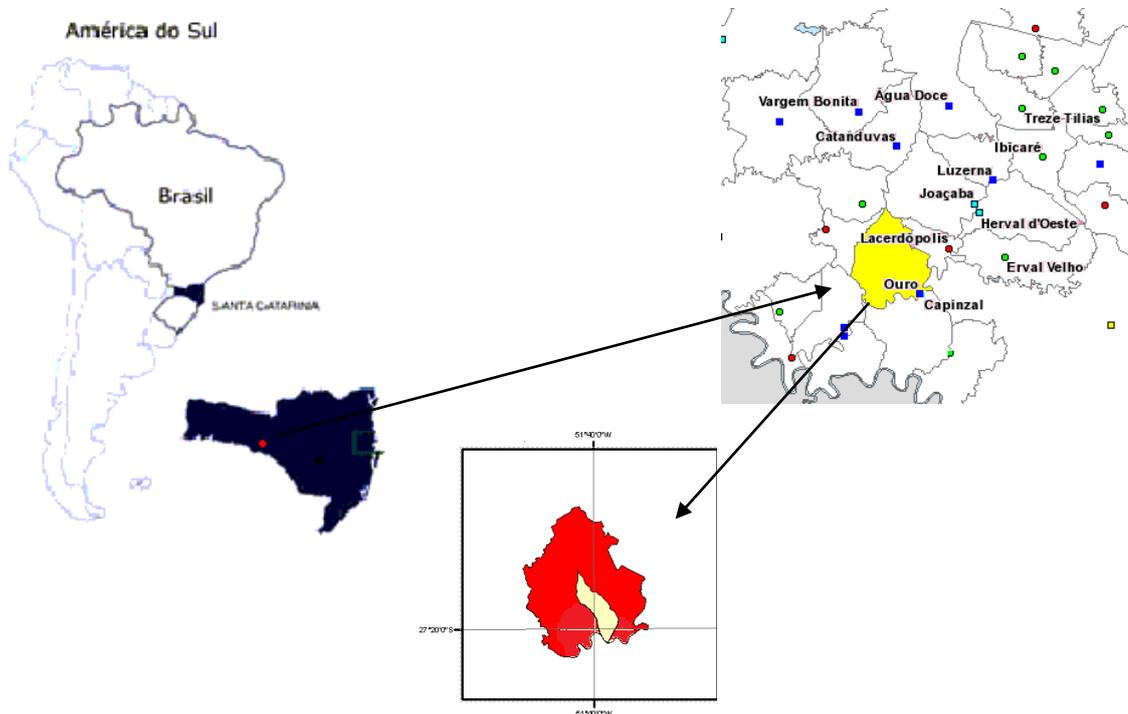


Figura 3.1 - Localização espacial da microbacia Arroio Doze Passos – Ouro, SC – Brasil

3.1.1 Caracterização climática

O município de Ouro situa-se numa zona de transição entre os climas Cfa e Cfb de Köeppen. Predominantemente 78% do município e 96,7% da microbacia Doze Passos localiza-se em cotas acima de 500m, na Zona Agroecológica 3A - Vale do Rio do Peixe e Planalto Central, sendo esta classificada como clima Cfb, segundo Köeppen, ou seja, clima temperado constantemente úmido, sem estação seca, com verão fresco (temperatura média do mês mais quente < 22,0°C).

A temperatura média anual é de 17,5 °C. A temperatura média das máximas é de 25 °C e das mínimas de 12,5°C. A precipitação pluviométrica média é de 1500 mm por ano, com o total anual médio de 136,5 dias de chuva. Os valores de horas de frio iguais ou abaixo de 7,2°C ficam em torno de 539 horas acumuladas por ano. A insolação média é de 2.270 horas nesta sub-região (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Normais climatológicas para o município de Ouro, SC.

Mês	Temperatura Média (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Precipitação Total (mm)	ETP (mm)	Insolação (h)
Janeiro	20 a 24	15 a 18	27 a 31	130 a 170	100 a 130	200 a 220
Fevereiro	20 a 23	15 a 18	27 a 31	130 a 170	90 a 110	180 a 200
Março	19 a 22	14 a 17	25 a 30	110 a 130	80 a 100	200 a 220
Abril	15 a 19	11 a 14	22 a 26	90 a 130	50 a 70	160 a 200
Mai	13 a 16	8 a 11	20 a 23	90 a 130	40 a 50	140 a 180
Junho	11 a 14	7 a 9	18 a 21	110 a 130	30 a 40	120 a 160
Julho	11 a 14	6 a 8	18 a 22	90 a 130	30 a 40	160 a 180
Agosto	12 a 15	7 a 10	19 a 23	110 a 130	40 a 50	160 a 180
Setembro	14 a 17	9 a 12	21 a 24	130 a 150	50 a 60	160 a 180
Outubro	16 a 19	10 a 13	23 a 27	130 a 190	60 a 80	200 a 220
Novembro	18 a 21	12 a 15	25 a 29	90 a 130	80 a 100	220 a 240
Dezembro	19 a 23	14 a 17	27 a 32	110 a 150	100 a 120	220 a 240
Anual	16 a 19	11 a 14	23 a 27	1300 a 1700	700 a 1000	2120 a 2420

Fonte: Adaptado do Atlas Climatológico de Santa Catarina elaborado por Pandolfo et al. (2002).

3.1.2 Caracterização Física da Microbacia

A microbacia é composta pelo Arroio Doze Passos e seus afluentes e sua foz é no Rio do Peixe (Figuras 3.2 e 3.3).

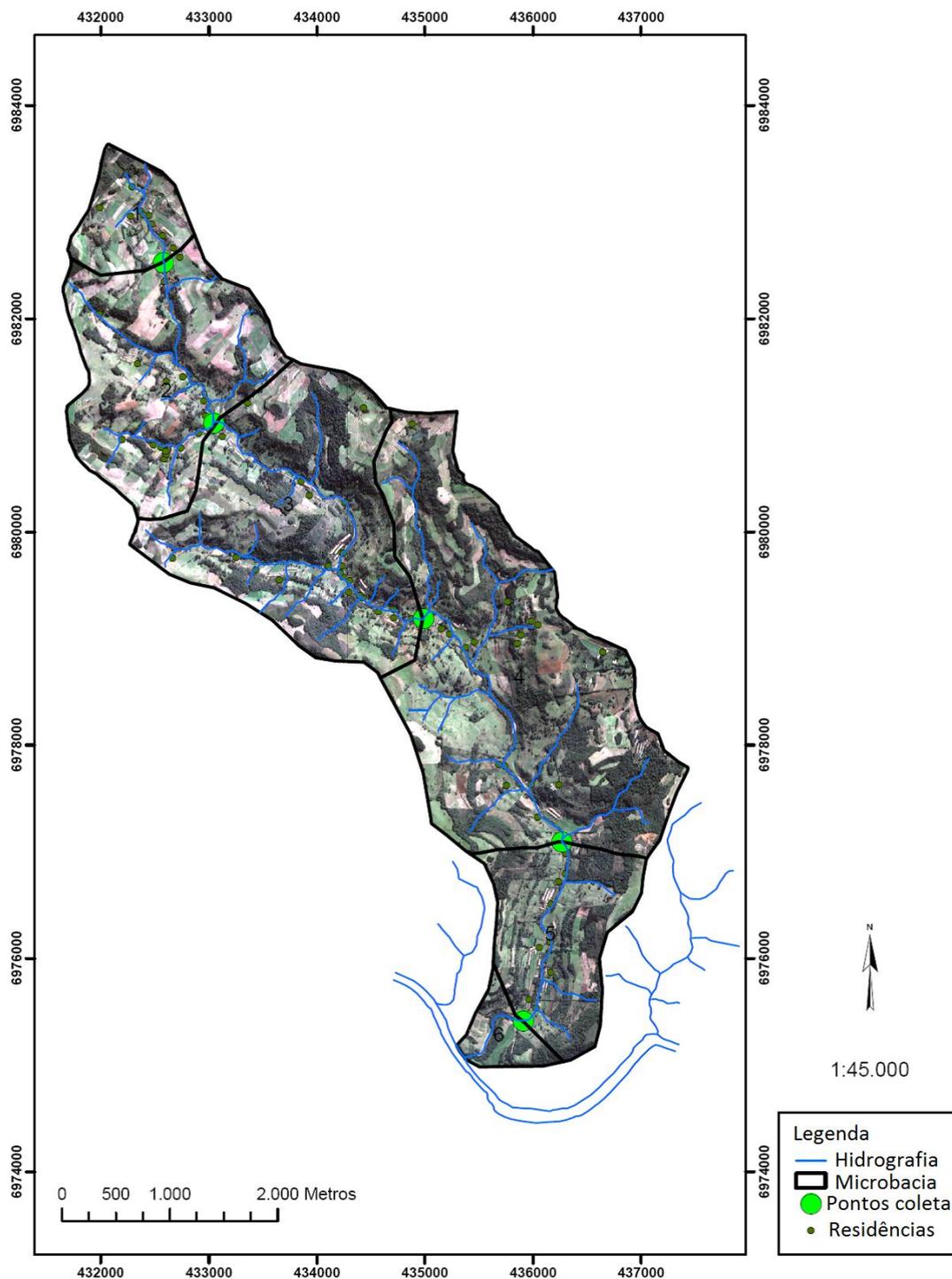


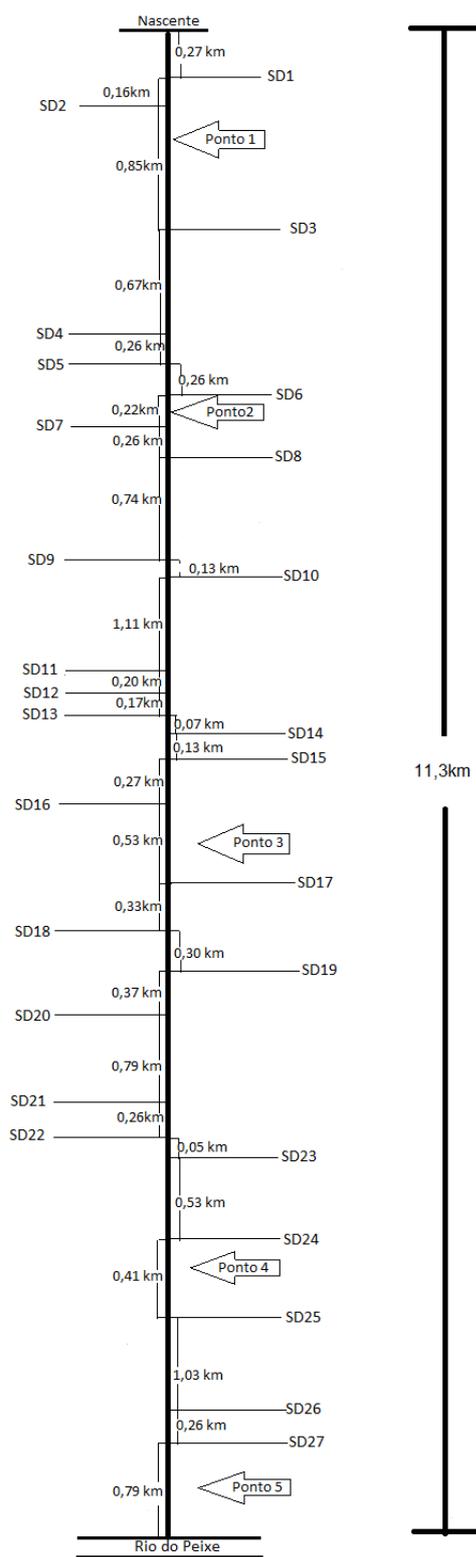
Figura 3.2 - Mapa da Microbacia Hidrográfica Arroio Doze Passos com a identificação dos pontos de coleta e das residências sobre imagem Quickbird.

Para análise da área foi elaborado mapa com o croqui da área utilizando imagem do satélite Quickbird, onde foi sobreposto o mapa com a hidrografia e as divisões das glebas estudadas. Apesar de existirem seis glebas, somente as glebas de 1 a 5 foram consideradas para o estudo da qualidade da água, sendo que a gleba 6 corresponde a área próxima da foz do Arroio Doze Passos na qual a qualidade não foi monitorada (Figura 3.2).

Foram produzidos mapas específicos para a área do Arroio Doze Passos, de uso do solo, de declividade e distribuição dos complexos doméstico através do aplicativo ARCGIS.

Para análise fisiográfica da microbacia foram utilizados imagens de satélite obtidas através do Software Google Earth, e de mapas em escala 1:25000 disponibilizados pela Epagri. Através do Google Earth foi elaborado um mosaico com recortes feitos, tomando-se por base a visualização a 1km de altura gerando com isso um mapa detalhado da área estudada.

A figura 3.3 apresenta o diagrama unifilar da microbacia, que mesmo sem estar em escala, permite ter uma noção da localização dos pontos de coleta, do número de afluentes existem na microbacia, a distância entre eles e em relação aos pontos de coleta das amostras (Figura 3.3). Observa-se que os pontos não foram distribuídos em distância equitativa, mas sim buscando identificar quais os elementos da paisagem que causavam maior impacto na qualidade da água. O ponto 1 foi localizado a cerca de 0,89 km da nascente, após passar por diversas propriedades. O ponto 2 ficou cerca de 1,79km abaixo do primeiro. Já a distância entre o ponto 2 e 3 foi a maior de todas, com cerca de 3,45km, que foi localizado na sede da maior comunidade da microbacia, a comunidade Sagrado Coração de Jesus. Observa-se que nesta gleba localizam-se a maior área de drenagem, com 10 córregos afluentes. A distância entre os pontos 3 e 4, que caracterizam a Gleba 4, foi um pouco menor, com 2,73 km, e possui 8 afluentes. Já a Gleba 5, tem apenas 3 afluentes localizados todos no mesmo lado e o ponto 5 esta a 1,88 km distante do ponto 4 e a 0,73 km da foz.



SD= Sem denominação

Figura 3.3 - Diagrama unifilar da microbacia Arroio Doze Passos

Para obter as características hidrológicas da microbacia hidrográfica, as medidas foram feitas utilizando o aplicativo Adobe Acrobat 7.0 Profissional, e através do mapa em escala 1: 20000, onde foram mensuradas as seguintes variáveis: área (A), perímetro (P), largura (L), declividade em m. km⁻¹ (i), comprimento do rio principal (L), comprimento axial (Lx), comprimento nascente-foz (Ev), e comprimento total dos cursos (Lt). Para o cálculo do tempo de concentração foi utilizada a fórmula Vem Te Chow. A densidade de drenagem foi calculada conforme Horton (HIRUMA; PONÇANO, 1994). O Coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius (Kc) também foi determinado (Tabelas 3.2 e 3.3).

Tabela 3.2 - Fórmulas e coeficientes utilizados para a caracterização física da microbacia Arroio Doze Passos

Características físicas	Fórmulas e coeficientes
Tempo de Concentração (tc)	$tc = 0,8773 \times (L/\sqrt{i})^{0,64}$
Coeficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \times (P/\sqrt{A})$
Densidade Drenagem (Dd)	$Dd = Lt/A$
Extensão Média de escoamento (I)	$I = A/4Lt$
Índice Sinuosidade (Is)	$Is = 100(L - Ev)/L$

O conhecimento do tempo de concentração (Tc) é fundamental para a determinação da máxima vazão que estará contribuindo para um determinado local da bacia após o início da chuva, bem como para determinação da chuva de projeto, que é igual ao Tc (SILVA, 2007).

A densidade de drenagem, de 2,08 km/km² indica que a microbacia tem capacidade intermediária de drenagem, por estar entre os valores de 1,25 a 2,5km/km² (HIRUMA; PONÇANO, 1994) e significa que por ocasião de precipitações intensas, a bacia consegue drenar com relativa rapidez o excesso de água superficial (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Caracterização física da microbacia Arroio Doze Passos, Ouro, SC.

Característica Física	Valor
Área (A)	17,78 km ²
Perímetro (P)	23,84 km
Comprimento Rio principal (L)	11,30 km
Comprimento Total Cursos (Lt)	37,16 km
Comprimento Nasc-foz (Ev)	8,94 km
Declividade média arroio (D)	3,3%
Tempo de concentração (Tc)	1,45 h
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,58
Densidade Drenagem (Dd)	2,08 km/km ²
Índice Sinuosidade (Is)	20,8%

O Índice de Sinuosidade do rio principal de 20 e 29,9%, indica que esta bacia é considerada de Classe II, ou reta (CRISTOFOLETTI, 1980), portanto, há uma maior facilidade para o escoamento da água na microbacia, o que também contribui para evitar enchentes. Apesar disso, deve-se considerar que está no limite mínimo da Classe II, podendo ser tratada como uma microbacia com característica intermediária entre as classes I(muito reta) e II(reta).

3.2 Qualidade da água e sua relação com componentes da paisagem da microbacia

A figura 3.4 apresenta uma visão panorâmica de local próximo a nascente da microbacia Arroio Doze Passos.



Figura 3.4 – Vista parcial da microbacia Arroio Doze Passos próximo a nascente.

As análises de qualidade de água foram coletadas durante a vigência do projeto, em cinco pontos ao longo do Arroio Doze Passos (Tabela 3.4; Figuras 3.2 e 3.3).

Tabela 3.4 - Localização geográfica dos pontos de coleta das amostras de água da rede hídrica da Microbacia Arroio Doze Passos

Ponto	Pontos de coleta no arroio	Propriedade/produtor	Coordenadas Geográficas		Altitude (metros)
			Sul	Oeste	
01	Nascente	Deoni Savenhago	27°16'427	51°40'525	690
02	Rech	Ilário Rech	27°17'327	51°40'372	614
03	Comunidade	Sagrado Cor.de Jesus	27°18'327	51°39'266	547
04	Prefeitura	Terreno Prefeitura	27°19'418	51°38'391	478
05	Viganó	Dirceu Viganó	27°20'346	51°38'537	449

Os dados diários de precipitação foram obtidos de uma estação pluviométrica automática (pluviologger) e de um pluviômetro Le Ville instalados no ponto 5, onde

está a propriedade do Sr. Dirceu Viganó, localizada nas coordenadas $-27^{\circ} 20,566$ e $-51^{\circ}38,0902$, com altitude de 449m (EPAGRI, 2005).

Os dados utilizados para análise da vazão foram obtidos com o uso de uma régua e molinete no decorrer de 21 das campanhas de coletas (Figura 3.5).



Figura 3.5 – Ponto 5 onde foram realizadas as medições de vazão no Arroio Doze Passos no período de novembro de 2004 a novembro de 2009

As coletas no canal principal do Arroio Doze Passos foram realizadas a 1 metro da margem e a 20 cm da superfície da água, utilizando amostrador para água ou diretamente no frasco de 2 litros.

Os parâmetros analisados nestas amostras foram os seguintes: turbidez; dureza; amônia; nitrato; nitrito; fósforo-orto; fósforo total; pH; temperatura; oxigênio dissolvido; saturação de oxigênio; demanda química de oxigênio; condutividade elétrica; e determinação de coliformes fecais e totais. As medições de temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido foram realizados no momento da coleta das amostras. Estas medidas foram determinadas com uma multissonda de campo da

marca Orion modelo 1230 durante os cinco anos de monitoramento hidrológico. As demais determinações foram realizadas nos laboratórios de análise de água da Epagri, localizados nas Estações Experimentais de Chapecó. As análises realizadas nas amostras obedeceram aos seguintes procedimentos:

- I) as análises colorimétricas para os parâmetros físico-químicos amônia, nitrato, nitrito, orto-fosfato, ferro, potássio e fósforo foram baseadas nos métodos de análise referenciadas no "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 20^a edição", as leituras foram realizadas em colorímetro SMART e espectrofotômetro Bauch e Lomb, modelo spectronic 20. Eventuais aferições foram realizadas em espectrofotômetro Zeiss modelo M500, com duplo feixe;
- II) a medida de turbidez foi efetuada à campo através do equipamento Turbidímetro "HACH" modelo 2100 P.;
- III) na análise bacteriológica foram utilizadas cartelas com reativo "Colilert" para a detecção e confirmação simultâneas de coliformes totais (E. coli). Este produto utiliza nutrientes-indicadores que produzem cor e fluorescência ao serem metabolizados por coliformes totais e fecais, em um período de 24 horas, incubados a 35 °C (\pm 0,5 °C) (EPAGRI, 2005).

3.2.1 Análise da água em relação aos padrões da Resolução CONAMA 357/2005

Em relação aos parâmetros considerados pela resolução do CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), realizou-se uma comparação considerando valores máximos e mínimos permitidos para rios de Classe 1 e 2 com os valores encontrados na microbacia (Tabelas 2.1 e 2.2). A análise foi gráfica procurando identificar valores diários e médios fora dos padrões para cada ponto analisado. Para auxiliar na discussão dos dados, procurou-se relacionar a resultados encontrados com outros trabalhos encontrados na literatura realizados em microbacias de Santa Catarina, bem como, em outras regiões brasileiras.

3.2.2 Influência dos fatores ambientais naturais e antropogênicos na qualidade da água

Nesta análise considerou-se que são indissociáveis os aspectos referentes à qualidade e os diversos componentes da paisagem da microbacia. Na análise ambiental avaliou-se os fatores ambientais que ocorrem ao longo do arroio, que potencialmente podem afetar a qualidade da água, como uso do solo, complexos domésticos existentes, a quantidade de estradas, animais, açudes, conflitos de uso nas áreas de preservação permanentes (APPs), a declividade e a precipitação. Para auxiliar nesta análise foram confeccionados diversos mapas específicos e o diagrama unifilar para microbacia Arroio Doze Passos. A partir do mapa de uso do solo foram estimadas as áreas correspondentes ocupadas pelas estradas e as áreas de conflitos de uso nas APP's. Neste caso foram determinados os pontos do rio onde deveriam ter vegetação ciliar, considerando a legislação vigente, que preconiza uma faixa de 30 metros de cada lado de todos os cursos de água da bacia hidrográfica.

A partir de mapa com curvas de nível em escala de 1: 20.000, foi gerado mapa com a declividade da área. Para a classificação foi adotado escala sugerido por Embrapa (2006), conforme descrito na tabela 3.7 Para dar mais praticidade a este trabalho, buscamos simplificar a declividade em duas classes: as apropriadas para o cultivo agrícola, que vai do relevo plano ao ondulado (0 a 20 cm m^{-1}), e classe impróprias para o cultivo ($20,1 \text{ cm m}^{-1}$ em diante).

Tabela 3.5 – Classes de relevo. Adaptado de Embrapa (2006).

Classe	Declividade (cm m^{-1})	Cultivo
Plano	0 a 3	Apropriado
Suave Ondulado	3 a 8	Apropriado
Ondulado	8 a 20	Apropriado
Forte Ondulado	20 a 45	Impróprio
Montanhoso	45 a 75	Impróprio
Escarpado	> 75	Impróprio

Para verificar qual a contribuição das precipitações na qualidade, buscou-se correlacionar a média de cada parâmetro em separado com as precipitações ocorridas no dia da coleta e do dia posterior, bem como de dois dias anteriores, mais do dia da coleta e dia posterior das campanhas de coleta. Considerou-se o dia posterior, uma vez que as coletas foram feitas sempre no período da tarde, e a média diária da precipitação completa o intervalo considerado às 7 ou 9 horas da manhã, justificando esta análise. Muitas vezes, se já vem ocorrendo chuvas há vários dias, há grande chance de o solo estar saturado, o que justifica considerar os dias que antecedem a coleta. Outrossim foi realizado uma correlação da precipitação com as médias por ponto de coleta, a fim de verificar os diferentes impactos da precipitação ao longo do Arroio Doze passos.

Os dados da população de animais, açúdes existentes, cultivo agrícola e complexos domésticos foram obtidos do Levantamento Agropecuário Catarinense – LAC realizado nos anos de 2002-2003 (SANTA CATARINA, 2005).

3.3 Análise Estatística

Os dados de qualidade de água foram submetidos à análise estatística descritiva. Com o objetivo de avaliar o impacto do uso do solo e dos componentes ambientais (variáveis independentes) com as variáveis de qualidade da água (variáveis dependentes) foi realizada uma Correlação de Pearson (TIBONI, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

É fundamental conhecer a qualidade da água utilizada na atividade rural, para determinar as possibilidades e as limitações de seu uso. Neste capítulo vamos observar que ocorreu grande variação espacial e temporal das variáveis qualitativas e da paisagem, o que enriquece ainda mais a discussão dos resultados.

A apresentação foi dividida em duas partes: o Item 4.1 discute os resultados encontrados referentes a qualidade da água e faz uma relação dos limites de enquadramento preconizados na Resolução CONAMA 357/2005 conforme tabelas 3.5 e 4.1. Ainda neste Item são analisados os dados qualitativos considerando a média dos 5 pontos no arroio em cada campanha de coleta em relação à Classe 1, e por fim, buscou-se verificar em qual classe de uso se enquadra o Arroio Doze Passos. Já o Item 4.2, trata da relação do uso do solo e demais fatores ambientais com a qualidade da água na microbacia Arroio Doze Passos. O principal fator analisado foi o uso do solo, que engloba as áreas ocupadas por culturas anuais, campos, capoeiras, floresta nativa e de reflorestamento. Além destes buscou-se verificar a influência de todos os fatores passíveis de influenciar a qualidade da água como: declividade, área de estradas, açudes, deficiência de APP, pecuária, complexos domésticos e precipitação.

4.1 Qualidade da água em relação aos padrões da Resolução CONAMA 357/2005

Na tabela 4.1 observa-se os valores médios dos indicadores de qualidade e os valores máximos e mínimos de acordo com Classe 2 da resolução do CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

Tabela 4.1 – Médias por ponto e média geral dos indicadores de qualidade da água, valores limitantes para Classe 2 do Arroio Doze Passos

Indicadores	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Média Microbacia	CONAMA Classe 2
Colif. Tot(NMP)	46484,5	48187,4	49849,0	39516,1	27248,8	42257,1	5000
Colif. Fec(NMP)	4937,1	4126,6	5519,1	7004,9	3237,5	4965,0	1000
OD (mg L ⁻¹)	7,6	7,1	7,6	7,4	6,9	7,3	n.d.
Temp. (°C)	18,4	18,2	19,0	18,5	19,1	18,6	n.d.
Turbidez (UT)	61,1	80,9	197,0	154,9	63,7	111,5	100
pH	7,48	7,48	7,62	7,52	7,35	7,5	6,0 a 9,0
P Total (mg L ⁻¹)	0,209	0,183	0,180	0,190	0,181	0,189	0,025
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,018	0,016	0,020	0,020	0,011	0,017	1
Nitrato (mg L ⁻¹)	2,79	2,86	2,55	2,96	1,01	2,43	10
Amônia (mg L ⁻¹)	0,68	0,65	0,70	0,75	0,64	0,68	3,0
CE (µS cm ⁻¹)	100,11	93,45	87,51	78,94	99,02	91,8	n.d.
Orto-P(mg L ⁻¹)	0,035	0,028	0,033	0,030	0,048	0,035	0,025
DQO (mg L ⁻¹)	9,75	11,72	9,01	8,29	7,39	9,34	10
DBO (mg L ⁻¹)	2,78	3,18	2,40	2,34	2,15	2,57	3
DQO/DBO	3.50	3,69	3,75	3,54	3,43	3,63	--

Analisando as médias para cada ponto, grande parte das variáveis atingiram valores médios bem acima do permitido. Pode-se citar na ordem: coliformes totais e fecais (100%), fósforo total e orto-fósforo (100%).

A média da turbidez foi maior nos pontos 3 e 4. Assim como observa-se que a média das variáveis DBO e DQO também ficaram acima dos limites preconizados pela CONAMA somente no ponto 2 considerando o uso em Classe 2

A relação média de DBO/DQO foi de 3,6, caracterizando o esgoto do arroio como biodegradável, concordando com dados obtidos por Valente et al. (1997), que obteve relação de 3,4 em Ribeirão Lavapés, em Botucatu-SP, que recebe grande parte da carga de efluentes domésticos.

Na tabela 4.1 observa-se que os teores médios de coliformes totais ficaram em 42257,15 NMP, sendo que pela legislação, o máximo permitido seria de 1000 NMP de coliforme para rios de Classe 1, ou seja, 42 vezes mais. Para Classe 2 os valores foram 8,4 vezes acima do permitido. Também é expressiva a quantidade encontrada de coliformes fecais, com valores 26,6 vezes maior do que o permitido para rios de Classe 1, e 5,3 vezes para classe 2. Considerando coleta diária por ponto, os valores variaram de 0 a 111.985 NMP, e com grande variação entre os

pontos, concordando com dados obtidos por Hadlich e Scheibe (2007) numa microbacia com grande quantidade de produtores de suínos no Sul de Santa Catarina. Considerando a média diária, somente em uma campanha, o índice de coliformes fecais ficou abaixo do preconizado pelo CONAMA.

Os resultados de coliformes fecais apresentaram valores superiores aos estipulados para as classes 1 e 2, de acordo com a Resolução CONAMA n. 357, segundo Rocha et al. (2006), que encontrou valores semelhantes em uma microbacia da área rural de Lavras, isso desqualifica a utilização dessas águas para uso doméstico e agropecuário sem tratamento prévio. Primavesi et al. (2000) e Back et al. (2008) e Back et al. (2009) encontraram dados de coliformes acima do permitido nas microbacias, Ribeirão Canchim – SP, Maracanã – SC e Mato Escuro - SC respectivamente.

Percebe-se que a contaminação por coliformes foi menor no ponto 5, o que concorda com Gonçalves et al. (2005) que numa microbacia com predomínio de cultivo de fumo, na região montanhosa de Agudos-RS, registraram uma redução nos teores de coliformes no último ponto de monitoramento. Os mesmos autores citam que isso ocorre provavelmente devido ao fato de que antes deste ponto onde ocorre redução dos valores, o arroio escoar por uma extensão de aproximadamente 1 km sobre um leito muito inclinado, inclusive com a presença trechos de escoamento turbulento e por dentro de uma mata nativa madura, com grande declividade no terreno que não permite a presença de residências. Coincidentemente o Arroio Doze Passos possuem um trecho com características semelhantes.

A turbidez média encontrada foi de 111,53 UT, acima do nível permitido para rios de Classe 1 e 3, que ficam entre 40 e 100 UT, e correspondem aos valores encontrados nas sub-bacias dos ribeirões Água Limpa e Santa Cruz na região de Lavras-MG (ROCHA, 2006) . Observa-se ainda que, assim como nos coliformes, há um incremento dos valores médios de turbidez até chegar ao máximo de 197 UT no ponto 3, depois há um decréscimo, chegando a valores próximos aos da nascente no ponto 5.

Segundo Bassi (2000) em monitoramento realizado na microbacia Lajeado São José, que possui características semelhantes, através de técnicas de extensão rural conscientizando para o plantio direto, construção de esterqueiras e tratamento de esgoto doméstico, reflorestamentos, etc., houve uma redução de 61% da

turbidez, que passou de uma média de 130 UT para 50 UT em um período de 9 anos.

Na figura 4.1 observa-se que os valores de DBO extrapolaram o máximo permitido pela legislação em 20 campanhas (34,4%) considerando a classe 1. Observa-se ainda que essas ocorrem normalmente no período de safra de verão, sendo que em duas campanhas no inverno também ocorreu excesso.

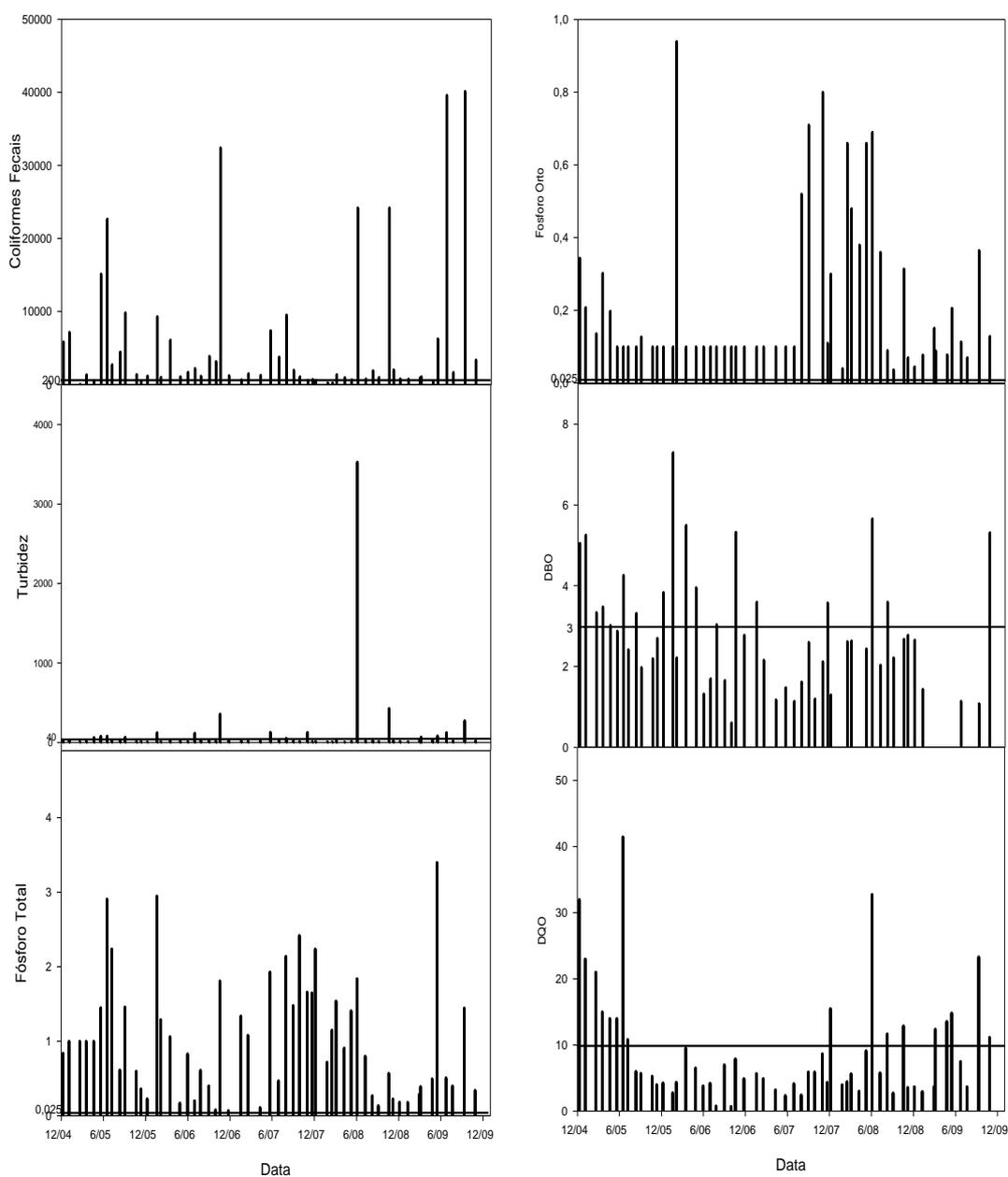


Figura 4.1 – Variação de Coliformes totais e Fecais (NMP), turbidez (UT), DBO, DQO, fósforo total e fósforo-orto (mg L^{-1}) encontrados nas campanhas em relação aos limites CONAMA 357/2005 para classe 1 no período de novembro de 2004 e novembro de 2009

Quanto a DQO, observa-se valores próximos ao limite máximo permitido para águas de classe 1, com 18 campanhas com ocorrência de valores significativos. Valente et al. (1997) encontraram valores médios de DQO com $43,3 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$, no Ribeirão Lavapés, na saída da cidade de Botucatu, em função de que ele é praticamente um esgoto a céu aberto.

O teor médio de fósforo total foi de $0,19 \text{ mg L}^{-1}$, e superou em 7,5 vezes o limite máximo permitido pela legislação. Concordando com estes, Primavesi et al. (2000) e Back et al. (2009) encontraram dados de P total acima do permitido nas microbacias, Ribeirão Canchim - SP e Mato Escuro - SC respectivamente. Back et al. (2008) na microbacia Maracanã, município de Sombrio-SC, encontraram valores de fósforo acima do limite estabelecido pela legislação em 43,2 e 72,7 % das amostras da nascente e foz, respectivamente, sendo que os valores variaram entre 0,0 e $1,6 \text{ mg/L}$. Já na microbacia Ribeirão Gustavo, em Massaranduba (SC), Araujo et al. (2010) encontraram valores dentro dos padrões nos pontos iniciais da microbacia Ribeirão Gustavo. SMITH et al. (1999) Apud Ribeiro (2009) associam o ambiente eutrofizado de rios a teores acima de $0,075 \text{ mg L}^{-1}$ de P total.

O oxigênio dissolvido (OD) esteve sempre acima do mínimo esperado para a Classe 2 (Figura 4.2). A variação nos teores foi muito pequena, mínimo de 5,5 e máxima de $8,8 \text{ mg L}^{-1}$. Os valores médios variaram entre 6,9 a 7,6 concordando com dados encontrados por Araujo et al. (2010) na microbacia Ribeirão Gustavo, e descreve que estes valores altos devem estar vinculados à capacidade de aeração do talvegue, pela diferença acentuada entre as nascentes e a foz. O menor valor médio de OD foi registrado no final da microbacia, onde a declividade já é amenizada pela aproximação com a sua foz no Rio do Peixe. Back et al. (2008) em 9,1% das nas amostras da nascente da microbacia Maracanã - SC encontrou valores de OD abaixo do limite mínimo estabelecido pela resolução, enquanto que todas as amostras da foz apresentaram valores de oxigênio dissolvido acima do limite mínimo. Segundo Back et al. (2008) o oxigênio dissolvido é essencial para a sobrevivência dos organismos aquáticos aeróbicos, dependendo da quantidade de oxigênio dissolvido e o tipo de matéria orgânica instável que está presente na água. O oxigênio dissolvido também é essencial para a manutenção de processos autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estação de tratamentos de esgotos. Apesar dos altos índices médios de OD, encontrou-se relação negativa entre OD e amônia nos pontos 3,4 e 5 ($r = -0,5, -0,5$ e $-0,89$ respectivamente) e

relação positiva com nitrato principalmente nos pontos 1, 2 e 4 ($r = 0,5$, $0,95$ e $0,42$ respectivamente), cujas declividades do córrego principal são maiores (Tabela 4.1). Segundo Hadlich e Sheibe (2007) que encontraram relação semelhante, em trechos sem turbulência predominam condições redutoras, sendo necessário fazer a análise do N amoniacal, já em áreas mais turbulentas, há maior oxigenação, o que favorece a mineralização da matéria orgânica, destacando-se a importância da análise de nitratos.

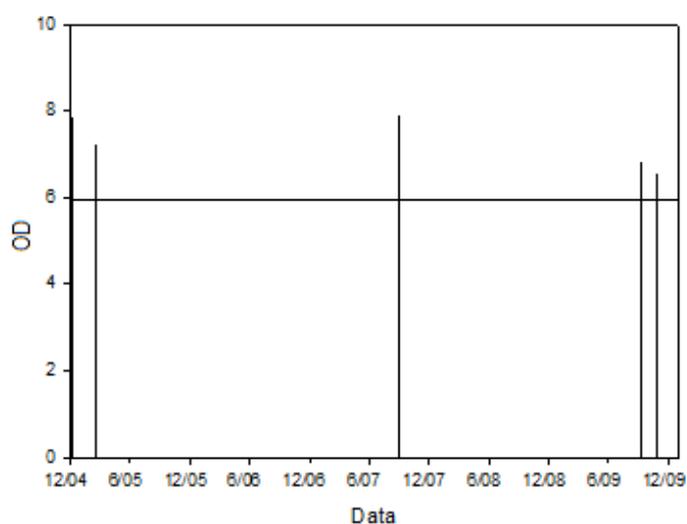


Figura 4.2 – Teores médios de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) encontrado na microbacia Arroio Doze Passos em 6 campanhas de coletas no período de novembro de 2004 a novembro de 2009

A temperatura ficou levemente mais alta na parte final da microbacia, coincidindo com uma queda no teor de oxigênio (Tabela 4.1). Hadlich e Sheibe (2007) encontraram alta correlação negativa ($r = -1$) entre estes parâmetros, porém, na microbacia Arroio Doze Passos somente no ponto 2 encontrou-se uma pequena correlação negativa ($r = -0,22$). Em função disso, acredita-se que o teor de oxigênio está mais relacionado com a declividade. Back et al. (2008) encontraram temperaturas variando entre $11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $26,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, refletindo as características climáticas da região do litoral Sul de Santa Catarina

Os teores médios de nitrato, amônia e nitrito ficaram dentro dos limites preconizados pela norma CONAMA 357/2005. Analisando os dados por campanha, observa-se que somente nitrato e amônia tiveram índice de 1,8 e 6,8% de amostras com teor acima do estabelecido na legislação. Apesar disso, houve uma grande variação com os teores, Borges et al. (2003) encontraram resultados semelhantes no estudo de monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Córrego Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

Os teores de amônia superaram os limites em apenas 4 coletas, sendo uma ligada ao acidente com despejo de efluentes e as outras 3, ligadas à ocorrência de grandes enxurradas.

Legislação à parte, observa-se valores relativamente altos de nitrato nos pontos 1 a 4, com um decréscimo forte no ponto 5. Isso ocorre pelo processo de mineralização do nitrogênio, provavelmente devido aos altos teores de OD concordando com dados obtidos por Hadlich e Sheibe (2007). Considerando que o Nitrogênio total seria a soma de todas as formas de N encontrada na amostra, de acordo com SMITH et al. (1999) Apud Ribeiro (2009), teores de N total acima de $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ caracterizam condições de ambientes eutróficos em rios.

Segundo Hadlich e Sheibe (2007) a média de um único parâmetro fora dos padrões é suficiente para alterar a classificação de um rio. Portanto com os parâmetros coliformes fecais atingindo valores médios superiores a 4000 NPM, turbidez acima de 100 UNT e P total acima de $0,15 \text{ mg L}^{-1}$ constata-se que o Arroio Doze Passos está fora dos padrões de qualidade desde o ponto 1, próximo a sua nascente, comprometendo seu uso para os fins aos quais a legislação o destina, onde deveria ser enquadrado como Classe 2. A sua condição de qualidade atual corresponde à Classe 4, podendo somente ser utilizado para navegação e harmonia paisagística e outros usos menos exigentes, e não para abastecimento visando consumo humano (mediante tratamento convencional), dessedentação animal, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de frutos ingeridos crus, aquicultura e pesca. Resultado semelhante foi encontrado por Zampieri et al (2006) na microbacia Tarumanzinho, em Águas Frias, no oeste catarinense.

Outras variáveis estiveram dentro dos valores limites, como o pH e oxigênio dissolvido, ou não possuem limites pela nossa legislação, é o caso da temperatura e da condutividade (Figura 4.3). O pH teve pouca variação entre as coletas, sendo que

os valores médios ficaram entre 7,3 e 7,6, com desvio padrão de $\pm 0,3$ (Tabela 4.3). Estes níveis de pH concordam com dados obtidos por Queirós et al. (2010) em uma microbacia rural na região de Cascavel - PR.

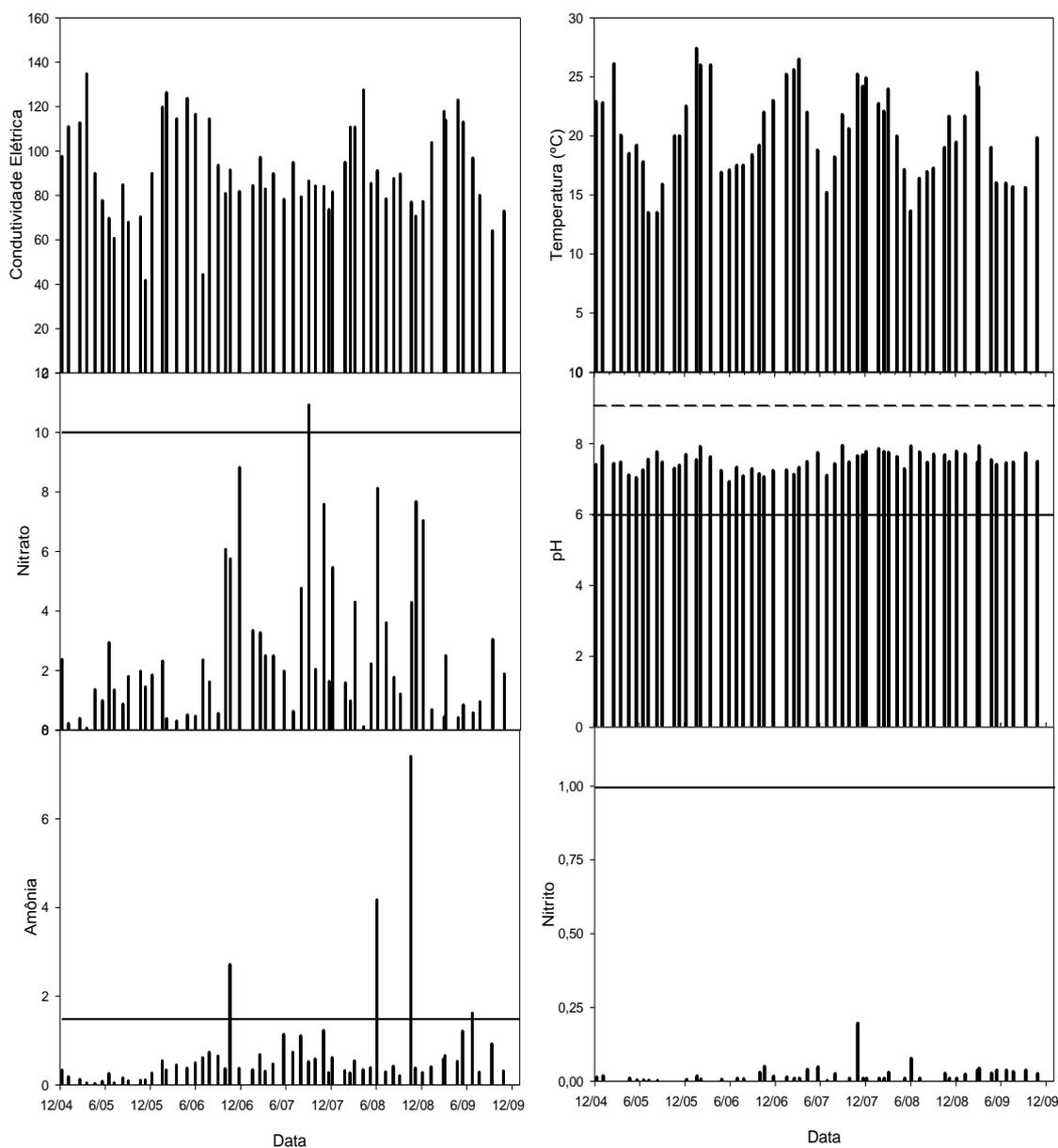


Figura 4.3 - Valores diários de pH, nitrito, nitrato e amônia (mg L^{-1}) em comparação ao limite mínimos/máximos permitido pelo CONAMA para águas de classe 1 e valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) encontrados no Arroio Doze Passos no período de novembro de 2004 a novembro de 2009.

Os valores de condutividade elétrica (CE) tiveram uma grande amplitude, com variação entre 12,6 e 191 $\mu\text{S cm}^{-1}$, concordando com dados de Campagnaro e Lost (2005); Crepalli (2007), que também analisaram o parâmetro em rios sob influência da atividade agrícola na região oeste do Paraná, e discordando de Queiróz et al. (2010), que obteve dados entre 12 e 19 $\mu\text{S cm}^{-1}$ na mesma região. No entanto, a Resolução CONAMA n° 357 não estabelece padrões relativos à condutividade elétrica de águas.

Os teores médios de coliformes, P total e P orto (Figura 4.1) estão associados a ambientes aquáticos considerados eutrofizados e indicam a importância da preservação da área com floresta, das APP's, bem como da boa espacialização das áreas agrícolas, na qualidade da água superficial.

4.2. Influência dos fatores ambientais naturais e antropogênicos na qualidade da água

Os agricultores da microbacia Arroio Doze Passos, em sua maioria utilizam sistema de plantio direto. Porém, em algumas fases do processo o solo pode ficar descoberto, principalmente na fase de implantação das pastagens de inverno, após a retirada do cultivo de verão. Normalmente a semeadura é feita a lanço com posterior gradagem superficial. Além disso, é nesta fase que ocorre o maior volume de aplicação de dejetos gerados nas criações de suínos e aves. O dejetos de suínos é potencialmente poluente por estar na forma líquida, e pode causar contaminação direta dos mananciais, pelo escoamento superficial, ou pela contaminação do lençol freático que acaba atingindo as nascentes.

O uso do solo na microbacia Arroio Doze Passos é bastante diversificado (Tabela 4.2 e Figura 4.4). Destaca-se que, dos 1778 ha que compõem a área total da microbacia, 36,2% é utilizada para o cultivo agrícola sendo que, considerando-se individualmente, as maiores concentrações de cultivo estão localizadas nas glebas 1 e 2, com frações de 60,4 e 51,4% de cada gleba respectivamente. Concordando com isso, Lopes et al. (2010) encontraram no município de Videira, região localizada a montante no Vale do Rio do Peixe, valores próximos, com cerca de 41,3% de cultivo agrícola.

Tabela 4.2 – Área total, área e porcentagem de culturas anuais, campos, capoeiras, floresta nativa e reflorestamento da microbacia Arroio Doze Passos no ano de 2004

	Gleba			Campos		Capoeiras		Floresta Nativa		Reflorestamento	
	ha	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1	105,49	63,81	60,49	12,07	11,44	4,37	4,14	23,69	22,46	1,55	1,47
2	353,06	181,41	51,38	77,78	22,03	2,76	0,78	86,11	24,39	5,00	1,42
3	446,78	134,61	30,13	145,83	32,64	8,23	1,84	157,08	35,16	1,02	0,23
4	656,80	214,44	32,65	208,17	31,69	7,40	1,13	217,41	33,10	9,38	1,43
5	181,01	38,07	21,03	58,15	32,13	0,00	0,00	77,85	43,01	6,94	3,83
6	35,11	11,60	33,04	7,98	22,73	0,00	0,00	14,75	42,01	0,78	2,22
Total	1778,25	643,94	36,21	509,98	28,68	22,76	1,28	576,89	32,44	24,67	1,39

Outros usos que se destacam é a área de campos para a criação de gado bovino, e a área ocupada com florestas nativas com respectivamente 28,7 e 32,44% da área total da microbacia. Uma pequena fração que soma 2,7% do total, é ocupado por reflorestamentos e capoeiras.

As principais culturas anuais semeadas são o milho no verão e o trigo no inverno. O milho ocupa cerca de 88,5% da área utilizada para cultivo anual de verão, com total de 570,2 ha semeados, e fica concentrado nas glebas 1, 2 e 3 em função da declividade, com 60,2; 38,5 e 44,6% respectivamente da área total de cada gleba

O cultivo do trigo ocupa apenas 25 ha (1,4% da área total de culturas anuais), e concentra-se nas glebas 1,2 e 3, com respectivamente 9,0; 2,1 e 1,7% das áreas ocupadas pelas glebas. A maioria dos produtores de trigo se concentram nas glebas 1 e 2, com 9 e 6 produtores respectivamente, sendo que há somente mais um produtor na Gleba 3 (Apêndice A). Portanto, no inverno a maior parte da área produtora de milho serve para o cultivo de pastagens para o gado, que normalmente formam a cobertura para o plantio direto. Existem em menor escala outras espécies cultivadas que ocupam pequenas áreas como o feijão, soja, e hortaliças.

A área composta por campos na microbacia Arroio Doze Passos representa 28,6% da área total e com predominância de pastagens para criação de gado leiteiro, que ficam concentrados nas glebas 3, 4 e 5, com índices acima de 32% de campos em cada gleba.

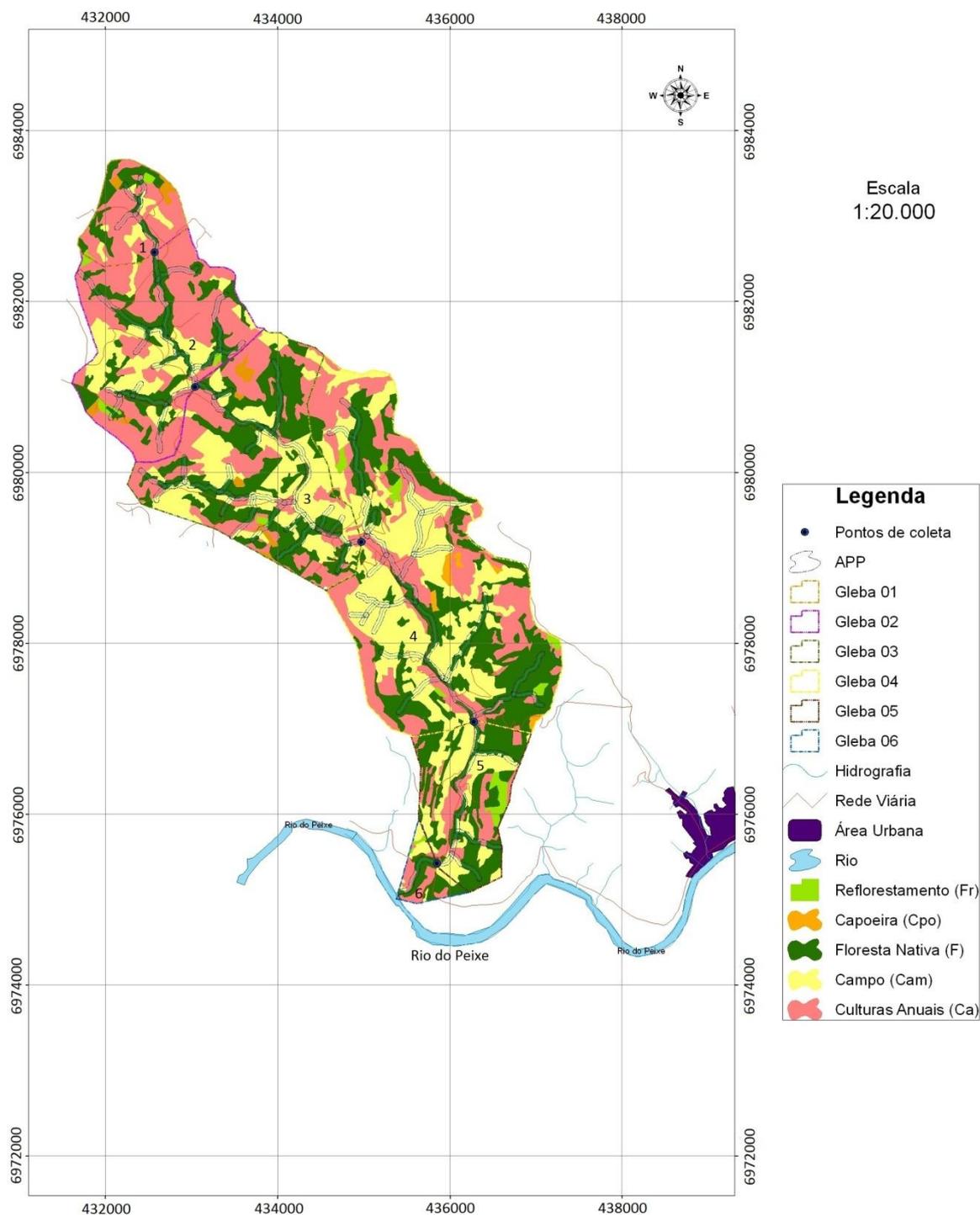


Figura 4.4 - Mapa do uso do solo, áreas de APP, hidrografia e rede viária da microbacia Arroio Doze Passos no ano de 2003

A área coberta com floresta nativa na microbacia representa o segundo maior uso do solo da microbacia, com cerca de 32,4% da área total. É expressiva e relativa

a porcentagem de áreas de maior declividade, portanto fica mais concentrada nas glebas 3, 4, 5, e 6. A maior concentração de florestas nativas está localizada na gleba 5 que possui 43% da sua área coberta por vegetação nativa, lembrando que é a última que contribui para a análise da qualidade da água. Outros usos, como áreas de capoeira e reflorestamentos, apesar de somados representarem apenas 2,6% da área, seus efeitos auxiliam a redução do processo erosivo, somando-se a área de mata nativa, na função da conservação da estrutura do solo (Tabela 4.2 e Figura 4.4).

Na tabela 4.3 apresentam-se os dados médios e o desvio padrão dos índices de qualidade de água. Analisando-se a variação entre os pontos de coleta, percebe-se que no ponto 5 ocorrem reduções significativas na poluição do Arroio Doze Passos.

Em relação ao desvio padrão, percebe-se que os indicadores coliformes totais e fecais apresentaram uma grande amplitude. Analisando-se especificamente a questão dos coliformes fecais, que está relacionado com a presença de esterco de animais de sangue quente, nos dá um indicativo que esta concentração variou muito em função da época de coletas, bem como das condições relacionadas principalmente a ocorrência de precipitações ao longo das coletas.

Em todos os pontos analisados encontrou-se boa correlação da área com culturas anuais e a contaminação, principalmente com coliformes fecais, turbidez, nitrato e amônia com as respectivas correlações com "r" de 0,78, 0,65, 0,71, e 0,65. Conseqüentemente o percentual de floresta teve correlações negativas principalmente com P total, nitrito, nitrato, DQO e DBO com "r" de -0,61, -0,43, -0,83 e -0,86 respectivamente. Concordando com isso Yang et al. (2007) e Yang e Zhang (2003) observaram que a concentração de amônio, nitrato, nitrogênio total, fósforo solúvel, fósforo particulado e P total diminuiu exponencialmente com o aumento da área ocupada com floresta em uma microbacia de 407 hectares monitorada durante um ano na região subtropical da China.

Tabela 4.3 – Concentração anual (média \pm desvio padrão) dos indicadores de qualidade da água nos diferentes pontos de coleta e média geral dos pontos de coletas no Arroio Doze Passos no período de novembro de 2004 à outubro de 2009

Indicadores	Pontos					Média
	1	2	3	4	5	
Colif. total(NMP)	46484 ± 57416	48187 ± 67964	49849 ± 64500	39516 ± 59448	27249 ± 46321	42257 ± 51505
Colif. fecal(NMP)	4937,1 $\pm 11038,2$	4126,6 $\pm 5602,0$	5519,1 $\pm 12892,0$	7004,9 $\pm 19312,5$	3237,5 $\pm 7235,1$	4965,0 $\pm 8868,5$
OD (mg L ⁻¹)	7,60 $\pm 0,71$	7,09 $\pm 0,93$	7,62 $\pm 0,92$	7,36 $\pm 0,86$	6,94 $\pm 0,80$	7,32 $\pm 0,57$
Temperatura(°C)	18,4 $\pm 6,7$	18,2 $\pm 6,6$	19,0 $\pm 7,0$	18,5 $\pm 6,8$	19,1 $\pm 7,1$	18,6 $\pm 6,8$
Turbidez (UT)	61,1 $\pm 125,8$	80,9 $\pm 240,4$	197,0 $\pm 1101,7$	154,9 $\pm 747,5$	63,7 $\pm 147,2$	111,5 $\pm 463,3$
pH	7,5 $\pm 0,3$	7,5 $\pm 0,4$	7,6 $\pm 0,3$	7,5 $\pm 0,3$	7,4 $\pm 0,3$	7,5 $\pm 0,3$
P Total (mg L ⁻¹)	0,209 $\pm 0,259$	0,183 $\pm 0,222$	0,180 $\pm 0,204$	0,190 $\pm 0,232$	0,181 $\pm 0,222$	0,944 $\pm 0,843$
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,018 $\pm 0,029$	0,016 $\pm 0,033$	0,020 $\pm 0,040$	0,020 $\pm 0,048$	0,011 $\pm 0,022$	0,017 $\pm 0,030$
Nitrato (mg L ⁻¹)	2,79 $\pm 3,01$	2,86 $\pm 3,07$	2,55 $\pm 2,78$	2,96 $\pm 3,25$	1,01 $\pm 1,75$	2,43 $\pm 2,54$
Amônia (mg L ⁻¹)	0,68 $\pm 1,06$	0,65 $\pm 1,11$	0,70 $\pm 1,34$	0,75 $\pm 1,65$	0,64 $\pm 0,83$	0,68 $\pm 1,11$
CE (μ S cm ⁻¹)	100,11 $\pm 27,26$	93,45 $\pm 26,69$	87,51 $\pm 19,87$	78,94 $\pm 12,83$	99,02 $\pm 32,17$	91,81 $\pm 20,24$
Orto-Fosfato (mg L ⁻¹)	0,035 $\pm 0,051$	0,028 $\pm 0,036$	0,033 $\pm 0,051$	0,030 $\pm 0,049$	0,048 $\pm 0,121$	0,035 $\pm 0,048$
DQO (mg L ⁻¹)	9,75 $\pm 10,35$	11,72 $\pm 15,01$	9,01 $\pm 8,92$	8,29 $\pm 7,67$	7,39 $\pm 6,03$	9,34 $\pm 8,76$
DBO (mg L ⁻¹)	2,78 $\pm 1,87$	3,18 $\pm 2,51$	2,40 $\pm 1,67$	2,34 $\pm 1,65$	2,15 $\pm 1,89$	2,57 $\pm 1,70$

Donadio et al. (2005) ao comparar nascentes com uso agrícola com vegetação nativa observaram nestas últimas as menores médias, em geral, para todas as variáveis físicas e químicas analisadas (pH, cor, temperatura, turbidez, alcalinidade, dureza total, dureza em magnésio, dureza em cálcio, fósforo, nitrogênio total, e demanda bioquímica de oxigênio).

Mello et al. (2006) identificaram que o risco de erosão em áreas de cultivo agrícola é relativo ao tipo manejo do solo, comprimento da rampa e declividade do terreno. Na microbacia Rio Pinheiro, localizada na Serra do Mar, região sul de Santa Catarina, Marcomim (2002) associou ao cultivo em áreas inapropriadas para agricultura, e ao manejo inadequado do solo, perdas de solo que na média superam as 100 t/ha/ano causando prejuízos aos produtores e contaminação das águas.

Ribeiro (2009) encontrou no estudo da qualidade da água de uma microbacia na região de Colombo-PR, que no ponto que representa a área de nascente, por ter predomínio de vegetação nativa, são observadas as menores médias de turbidez, temperatura, nitrato, amônio, pH, DBO e P total. Segundo Araujo (2010) as áreas de contribuição que possuem maior porcentagem de floresta apresentam nível inferior de contaminação da água, se comparada às demais. Portanto, o maior índice de florestas nativas e de reflorestamento próximos à foz, bem como a maior declividade dos canais afluentes são importantes para explicar porque ocorre uma redução nos níveis de poluição no ponto 5, o que concorda com estudo de Carvalho (2005), que pesquisando uma MB na região do Planalto Central, observou valores menores de poluição no ponto mais próximo à foz.

4.2.1 Declividade

Os dados de declividade da microbacia Arroio Doze Passos são apresentados na tabela 4.4 e figura 4.5. Observa-se que a microbacia possui grande diversidade da declividade, com grande fração de áreas extremamente declivosas e impróprias para o cultivo mecanizável.

Tabela 4.4 - Declividade média do canal principal, área de declividade com até 20 cm m^{-1} e de 20 a 45 cm m^{-1} da microbacia Arroio Doze Passos.

Gleba	Área (ha)	Declividade do Canal principal	Declividade de até 20 cm m^{-1}	de até	Declividade de 20 a 45 cm m^{-1}	
		(cm m^{-1})	(ha)	(%)	(ha)	(%)
1	105,49	5,00	70,17	66,52	35,32	33,48
2	353,06	3,97	325,64	92,23	27,42	7,77
3	446,78	2,52	254,05	56,86	192,73	43,14
4	656,8	2,27	416	63,34	240,80	36,66
5	181,01	1,90	52,78	29,16	128,23	70,84
6	35,18	1,50	22,38	63,62	12,80	36,38
Total	1778,32	3,3	1141,02	64,16	637,30	35,84

Apesar da declividade média do talvegue ser de 3,3 cm m^{-1} , considerando-se as declividades laterais, percebe-se uma grande variação no relevo da bacia. As glebas 1 e 2 são as que apresentam a maior fração de áreas com declividades onduladas (8,1 e 20 cm m^{-1}), conseqüentemente, são as que possuem maior porcentagem de área ocupada com cultivos anuais (Tabelas 4.2 e 4.4). A gleba 2 apresenta ainda a maior porcentagem de áreas planas, suaves onduladas e onduladas (declividade entre 0 a 20 cm m^{-1}). As glebas 3, 4 e 5 apresentam grandes área com declividade forte ondulada, destaque faz-se para a glebas 3 e 5 onde as áreas de declividade se concentram em locais próximos e ao longo do canal principal (Figura 4.5). Além disso, observa-se na tabela 4.4, que a gleba 5 apresenta uma fração de 70,8% das declividades classificadas como forte onduladas.

Observando a figura 4.5 percebe-se que a microbacia Arroio Doze Passos tem áreas de grande declividade na região próxima a foz, o que limita o plantio mecanizado, e também está associado à maior quantidade de área coberta por florestas (Tabela 4.2). Isso resulta em uma maior proteção em caso de erosão e conseqüentemente, maior aeração, pelo fato de que, de forma geral, o sombreamento mantém mais baixa a temperatura da água. Porém, como neste ponto o volume de água proveniente de contribuição lateral é pequeno, acredita-se que a maior contribuição venha do canal principal, que possui pequena declividade neste trecho, conseqüentemente reduzindo levemente o teor de oxigênio da água.

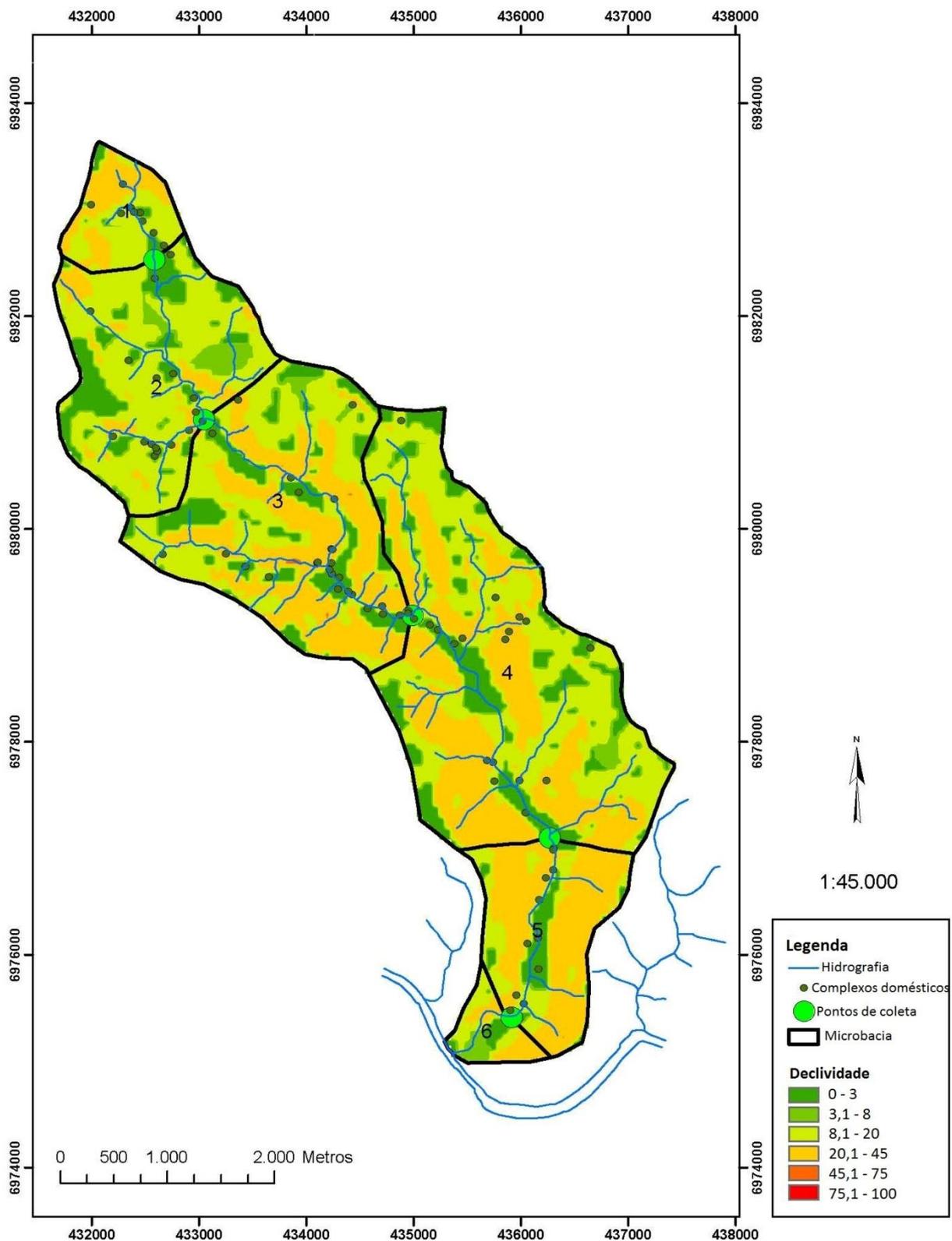


Figura 4.5- Mapa de declividade (cm m^{-1}), hidrografia, pontos de coleta de água e complexos domésticos da Microbacia Arroio Doze Passos.

Pinto et al.(2005) numa microbacia na região de Lavras, consideraram uso conflitante, solos com declividade entre 20-45 cm m⁻¹ que não estavam com culturas permanentes. Os mesmos autores frisam que nas classes de declividades acima de 8 cm m⁻¹ , são necessárias práticas de conservação mais complexas e nas classes de relevo acima de 20 cm m⁻¹ o relevo acentuado faz com que o escoamento superficial seja mais rápido, podendo causar problemas de erosão.

Blainski et al. (2011) destacam a importância da preservação de áreas com elevada declividade, como encostas, topos de morros e nascentes, para a redução da perda de solo e assoreamento dos rios. A declividade, juntamente com a cobertura vegetal, são fatores importantes na determinação das características do escoamento superficial. Regiões de maior declividade estão sujeitas a uma maior erosão e conseqüentemente aumento da turbidez de riachos por ocasião de enxurradas (ARCOVA; CICCIO, 1999). Ribeiro (2009) descreve que o cultivo agrícola em topografia acidentada indica um maior potencial de perda de solo e água e conseqüentemente de transporte de poluentes do solo para a água evidenciada pelas maiores concentrações de nitrogênio e fósforo em todas as formas bem como da demanda química e bioquímica de oxigênio. Tal condição concorda com dados obtidos por Hadlich e Scheibe (2007) em uma microbacia rural do sul de Santa Catarina. Diferente disso, Queirós et al. (2010) encontraram na microbacia da Sanga Mandarina, em regiões de topografia plana no oeste do Paraná, 88% de ocupação agrícola e apesar disso, boa qualidade de água. Minella et al.(2011) lembra que o comportamento da forma do sedimentograma e do hidrograma de determinado evento depende, além das características da precipitação, do centro de massa das áreas que geram o escoamento e sedimentos, e da sua natureza (uso, manejo, relevo).

4.2.2 Mata ciliar (APP), estradas e açudes

A microbacia Arroio Doze Passos pode-se destacar ainda as áreas ocupadas por estradas, açudes, e mata ciliar. Em relação à deficiência de matas ciliares nas APP's na beira dos córregos, pode-se afirmar que houve uma variação significativa

considerando a área total de cada gleba. De uma forma geral as menores deficiências de APP acontecem na região próxima da foz (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 - Área total e ocupada por estradas, APP (existente e ideal), déficit e porcentagem relativa ao déficit por gleba da microbacia Arroio Doze Passos

Gleba	Gleba (ha)	Estradas (ha)	Açúdes (ha)	APP Existente	APP Ideal	Déficit (ha)	Déficit (%)
1	105,49	1,34	2,18	3,31	9,30	5,99	64,37
2	353,06	4,11	1,11	26,58	47,44	20,87	43,98
3	446,78	5,59	5,13	34,52	59,29	24,76	41,76
4	656,8	6,74	1,09	33,58	79,48	45,90	57,75
5	181,01	2,01	0,75	13,10	20,32	7,22	35,53
6	35,11	0,64	0	2,83	4,14	1,31	31,72
Total	1778,25	20,44	10,26	113,92	219,97	106,06	51,79

Observa-se que na microbacia Arroio Doze Passos houve uma falta de 51,79% de área de APP, sendo que a maior deficiência ocorre no ponto 1 com 64,3%, e as menores ocorrem nos pontos 5 e 6 da microbacia com déficits de 35,5 e 31,7% respectivamente. Nas glebas 2 e 3, a deficiência de mata ciliar ficou na faixa de 43,9 e 41,7%. Na gleba 4 a deficiência de mata ciliar aumenta um pouco, chegando a patamares próximos a gleba 1, com 57,7%. Arcova e Cicco (1999) citam que a redução ou ausência de matas ciliares nas microbacias com agricultura proporcionou o maior aquecimento das águas e turbidez. Segundo Ribeiro (2009) a deficiência de APP, associado à grande área de cultivos e de campos propiciam maior potencial de perda de solo e água e conseqüentemente de transporte de poluentes do solo para a água evidenciada pelas maiores concentrações de nitrogênio e fósforo em todas as formas bem como da demanda química e bioquímica de oxigênio. Concordando com Ribeiro (2009) os maiores valores de DQO e DBO ocorreram na gleba 2, que possui 51% da área com cultivo agrícola, 41% de déficit na APP e além de número expressivo de área de campo e complexos domésticos. Os teores de turbidez apresentaram boa correlação com “r” de 0,94 com o falta de área de APP, sendo que, conforme tabela 4.3 nas glebas 3 e 4, com maiores áreas de deficiência, os índices de turbidez foram maiores.

Para Deschamps et al. (2003), as atividades agrícolas podem alterar os diversos componentes físico-químicos na água. O mesmo autor enfoca que, para

garantir a sustentabilidade, devem-se minimizar os efeitos adversos ao ambiente, para isso é primordial o controle dos insumos potencialmente poluentes utilizados na agricultura.

Na tabela 4.5 observou-se que as áreas ocupadas por estradas aumentam proporcionalmente a área de cada gleba, sendo a maiores áreas, de 5,59 e 6,74 ha, são encontradas nas Glebas 3 e 4 respectivamente, também coincidindo com o aumento da poluição. Analisando-se conjuntamente com os dados de declividade (Tabela 4.4), percebe-se que coincidentemente, são as glebas que possuem grandes áreas de terras com alta declividade, o que faz com que as estradas sejam localizadas em regiões próximas aos córregos. Em uma microbacia agrícola, Arcova e Cicco (1999) observaram que a turbidez e a cor aparente da água foram maiores onde a declividade é mais acentuada, e na qual foram construídas duas estradas de terra. Numa microbacia rural do Rio Grande Do Sul, com predomínio de grande declividade e de pequenas propriedades cujo a base era o plantio de fumo e criação de gado, Merten et al. (2009) encontraram que dentre várias fontes, as que mais contribuíram para a produção de sedimentos foram as áreas de cultivo agrícola e as estradas.

Na tabela 4.5 observou-se uma pequena área alagada por açudes, sendo que a mais expressiva é na gleba 1, com 2,07% da área ocupada por açudes. A segunda maior área alagada encontra-se na gleba 3 e representa cerca e 1,14% da área total da gleba. Segundo Ribeiro (2009) a atividade de piscicultura pode provocar o aumento da temperatura pela absorção do calor pela água do tanque e o aumento da turbidez pelo excesso de sedimentos. De acordo com Baumgartner et al. (2007) o uso de água residuária da piscicultura na irrigação da alface, pode causar contaminação por coliformes fecais e totais.

No meio rural, a deficiência de mata ciliar, associado ao cultivo intensivo do solo, à criação de gado, e a áreas de alta declividade são fatores que aumentam as chances de ocorrer uma maior contaminação das águas, quer seja por esterco, como de adubos provenientes dos cultivos o até outros contaminantes.

4.2.3 Pecuária e complexos domésticos

A microbacia Doze Passos possui grande concentração de produção animal, principalmente no sistema integrado de aves e suínos, e bovinocultura leiteira (Tabela 4.6).

Tabela 4.6 - Número de cabeças de suínos, bovinos aves e de complexos domésticos existente na microbacia Arroio Doze Passos

Gleba	Área ha	Suínos	Bovinos	Aves	Complexos domésticos
1	105,49	72	171	105000	9
2	353,06	377	345	312800	17
3	446,78	1355	785	835400	28
4	656,8	1274	747	559400	17
5	181,01	598	493	351400	11
6	35,11	340	8	26000	2
Total	1778,25	4016	2549	2190000	84

A produção de suínos, bovinos e aves se concentra principalmente entre as glebas 3 e 5. A maior concentração de criações de suínos e aves na gleba 3 deve-se ao fato de ter grande declividade nas regiões próximas ao canal principal, sendo que, por ser intensiva, estas criações ocupam pouco espaço, tornando-se uma alternativa viável de renda. Outrossim, deve-se considerar o fato de que nesta gleba fica localizada a sede da maior comunidade da microbacia. Já na gleba 1 ocorre uma menor concentração de criações, porém conforme tabelas 4.2 e 4.5, há um predomínio de cultivo agrícola, campos e de açudes o que pode contribuir para poluição encontrada no ponto 1.

Como se observa nas tabelas 4.2 e 4.6, as áreas de campo coincidem e são relativas ao número de bovinos. Nestas os produtores de leite adotam um sistema de manejo onde o gado é ordenhado e imediatamente solto para as pastagens, o que evita o acúmulo de dejetos nos estábulos e/ou fossas. Porém esta prática faz com que um maior volume de esterco seja depositado ao longo das pastagens, muitas vezes próximo ou mesmo diretamente dentro dos córregos o que justifica a

alta correlação da área de campo ($r = 0,92$) e total de bovinos ($r = 0,7$) com o teor de coliformes fecais da água (Tabela 4.3). Estes resultados evidenciam a contaminação orgânica, em função da grande presença de coliformes fecais (provenientes de animais de sangue quente), sendo que as principais fontes devem ser de dejetos vindos diretamente das criações, área de cultivos e do esgoto.

Em função da declividade extrema, grande parte das instalações foram construídas em áreas próximas aos córregos o que potencializa a ocorrência de acidentes por despejo de dejetos/efluentes diretamente nos mananciais de água (Figura 4.6a). Essa condição também preocupa quando ocorrem áreas de intensa criação de bovinos, que afetam a estrutura dos solos através do pisoteio das pastagens, gerando áreas sem cobertura vegetal, o que associado com a declividade causa grandes problemas de contaminação por sedimentos (Figura 4.6b).



Figura 4.6 – Área de APP ocupada por aviário (a) e por pastagem degradada (b) às margens do Arroio Doze Passos em março de 2012.

4.2.4 Precipitação e vazão

A maior parte das campanhas de coleta foram efetuadas em períodos onde ocorreu alguma quantidade de precipitação, quer seja no dia, dia posterior ou nos dias que antecederam a coleta, exceção se faz ao ano de 2008, onde somente

quatro coletas foram afetadas pela precipitação (Apêndices B, C D e E). Com isso, foi um dos anos onde houve maior correlação da poluição com a precipitação, sendo que coliformes fecais, turbidez e nitrato alcançaram “r” de 0,99, 0,94 e 0,91 respectivamente.

Analisando por campanha de coleta verificou-se que pelo menos uma das coletas, do dia 18/10/2006, apesar de ter ocorrido precipitação nos dias anteriores, aparentemente o aumento na concentração de poluentes foi causada por despejo de efluentes de origem fecal, não tendo relação com a precipitação. A tabela 4.7 apresenta as correlações da precipitação registrada no dia com os cinco pontos de coleta localizados no Arroio Doze passos.

Tabela 4.7 – Coeficientes de correlação médio das variáveis indicadoras da qualidade da água com a precipitação, para cada ponto de coleta da água ao longo do Arroio Dez Passos

Indicador	Pontos					Média
	1	2	3	4	5	
Col. Total	0,29	0,30	0,27	0,21	0,36	0,32
Col. Fecal	0,73	0,63	0,50	0,44	0,52	0,56
Oxig. Dissol.	-0,09	0,52	-0,28	-0,22	-0,48	-0,15
Temperatura	0,06	0,08	0,13	0,12	0,12	0,11
Turbidez	0,64	0,66	0,51	0,38	0,37	0,58
pH	-0,25	-0,25	-0,18	-0,10	0,10	-0,14
P_total	0,47	0,64	0,65	0,33	0,26	0,55
Nitrito	0,28	0,33	0,26	0,19	0,23	0,31
Nitrato	0,46	0,48	0,49	0,27	0,46	0,46
Amônia	0,36	0,41	0,39	0,32	0,27	0,41
Cond. Elétrica	-0,26	-0,26	-0,21	-0,01	-0,03	-0,17
Fósf. Orto	0,22	0,30	0,28	0,16	0,15	0,31
DQO	0,43	0,48	0,43	0,35	0,40	0,46
DBO	0,10	0,04	0,09	0,04	0,30	0,14

Os dados mostram que existe uma boa relação dos coliformes totais e fecais, turbidez, DQO, nitrato e da amônia encontrada no arroio com precipitação. Por outro lado, as variações de pH, temperatura, OD, condutividade elétrica e da DBO estão pouco relacionadas ao processo de precipitação. Carvalho et al.(2000) encontraram relações significativas da precipitação com: temperatura, pH, turbidez,

sólidos suspensos, oxigênio dissolvido, fosfato e nitrogênio total na microbacia Ribeirão da Onça, em São Carlos, SP.

Percebe-se que na maioria dos indicadores onde foi significativa a correlação, como para coliformes fecais, turbidez, P total, nitrato houve um decréscimo na correlação nos pontos 4 e 5. Essa redução pode estar relacionada à maior cobertura por florestas existentes nas glebas próximas a foz, bem como, a alta declividade encontrada nos afluentes do arroio principal, que somados ajudam na recuperação da qualidade da água do Arroio Doze Passos. Segundo Takeda et al. (2009), períodos de intensa precipitação contribuem para contaminação dos cursos d'água. Na microbacia Ribeirão Gustavo em Massaranduba, os maiores níveis de precipitação estão relacionados aos maiores índices da poluição das águas superficiais (ARAUJO et al., 2010).

A precipitação também apresentou uma correlação interessante com a vazão ao considerarmos o volume precipitado em um período de até quatro dias de antecedência à medição da vazão.

Cabe salientar que os dados de precipitação são coletados às nove horas, e o da vazão foi normalmente coletada no início da tarde por ocasião das coletas das amostras da qualidade da água.

A correlação da vazão foi alta com a precipitação de um e dois dias anteriores aos da medição da vazão. Considerando os dias anteriores sem acumular, obteve-se maior correlação da vazão com a precipitação do dia anterior ($r = 0,89$) ao da medição da vazão. Já considerando precipitação acumulada, a maior correlação ($r = 0,84$) foi com dois dias anteriores (Tabela 4.8).

Segundo Silveira e Ramos (2007) numa microbacia de topografia acidentada, na região da Serra dos Órgãos, com comprimento de 30 km e Dd de $2,01\text{km}/\text{km}^2$, a melhor correlação encontrada foi com a precipitação do dia registrada às 7h e a vazão registrada às 17h. Os mesmos autores concluem que a presença de paredões rochosos, o uso urbano e os Cambissolos e solos Litólicos (menos desenvolvidos) devem ser responsáveis pelos fluxos mais rápidos.

Tabela 4.8 - Data de coleta, vazão (l s^{-1}) precipitação (mm) e correlação vazão X precipitação, considerando o dia atual e os 4 dias anteriores do Arroio Doze Passos no período de abril de 2005 e junho de 2009.

Data de coleta	Vazão (l/s)	Dia atual	Precipit. diária anterior				Precipitação acumulada			
			1	2	3	4	1	2	3	4
20/04/2005	227,41	10	0	0	0	0	10	10	10	10^{-1-1}
20/05/2005	2240	18,7	82,5	15,8	0	6,8	101,2	117	117	123,8
08/07/2005	120	0	0	0	6,8	0	0	0	6,8	6,8
11/08/2005	220	0	17,2	5,4	5,6	0	17,2	22,6	28,2	28,2
21/10/2005	729,11	0	0	0	7,4	41,2	0	0	7,4	48,6
18/01/2006	20	65,8	0	0	3,8	0,2	65,8	65,8	69,6	69,8
31/08/2006	75,1	3,6	0,2	0	0	3,8	3,8	3,8	3,8	7,6
29/09/2006	40	0,6	0	0	0,2	0,2	0,6	0,6	0,8	1
09/03/2007	248,7	0	0	0	0	17,4	0	0	0	17,4
23/05/2007	1865	5,2	36	35,8	0	0	41,2	77	77	77
29/06/2007	83	0	0,2	6,4	2,8	1,6	0,2	6,6	9,4	11
27/09/2007	109	11,4	0	0	19,6	36	11,4	11,4	31	67
31/10/2007	349	8,2	4,6	16,6	5,4	0	12,8	29,4	34,8	34,8
05/12/2007	71	5,2	0	0	0	0	5,2	5,2	5,2	5,2
25/01/2008	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/03/2008	39	0	11	10	19,6	16	11	21	40,6	56,6
08/05/2008	259	0	0,2	3,4	5,8	0,4	0,2	3,6	9,4	9,8
18/10/2008	1647	26,6	31,4	31,8	0	2	58	89,8	89,8	91,8
05/03/2009	37	0,2	0	15,4	0,4	2,6	0,2	15,6	16	18,6
23/06/2009	128,01	5,8	0,2	0,2	0,2	0,2	6	6,2	6,4	6,6
Correlação		0,18	0,89	0,75	-0,25	0,02	0,75	0,84	0,81	0,78

O arroio apresentou variação substancial, com picos de vazão máximos de até $2\,240 \text{ l s}^{-1}$ e mínimos registrados de 20 l s^{-1} . Para comprovação dessa vazão mínima, efetuou-se uma medida após período de estiagem extrema, na primeira quinzena de março de 2012 (Apêndice G). A vazão média (dispensando os dois dados extremos) ficou em $350,3 \text{ l s}^{-1}$, e a mediana foi de $124,0 \text{ l s}^{-1}$ (Figura 4.7).

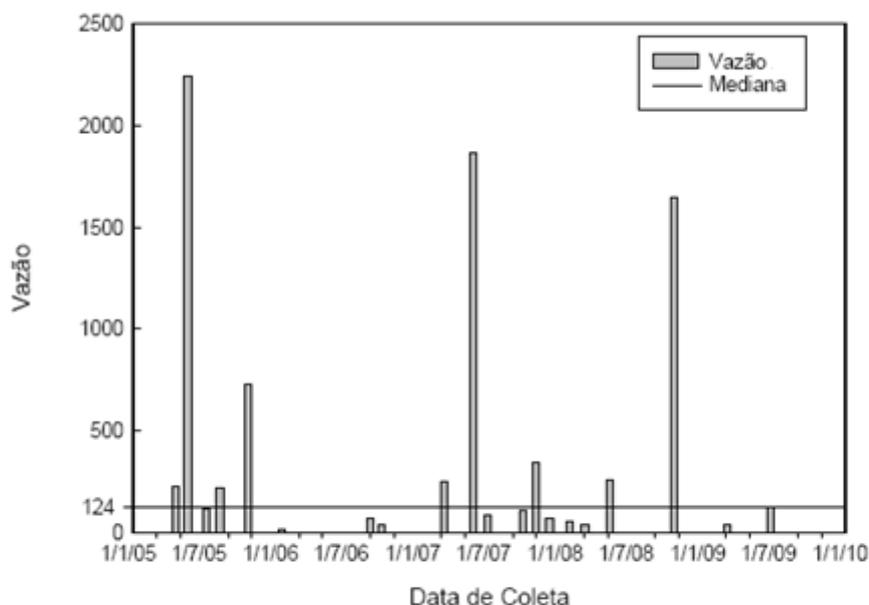


Figura 4.7 – Vazão e mediana ($l s^{-1}$) do Arroio Doze Passos

Em microbacias pequenas e com grande declividade é aceitável ocorrer uma grande variação na vazão, mesmo que não exista uma estação seca definida, concordando com Mello et al. (2007) em experimento em microbacia de 1,3 ha ocupada por 20% de eucaliptos e 80% de pastagem com braquiária. Porém através de modelagem, o autor demonstra que caso houvesse uma maior ocupação da microbacia por florestas (nativas ou exóticas), provocaria redução da umidade do solo antecedente devido interceptação pelo dossel, produzindo menor deflúvio e vazão de pico, amenizando problemas relacionados a enchentes, prevendo-se uma redução do deflúvio, caso a microbacia fosse ocupada por eucalipto em 80% de sua área. Os mesmos autores citam que se a microbacia estivesse 100% ocupada por pastagem, produziria aumento da umidade do solo e esta situação aumentaria a geração de deflúvio com, provavelmente, vazões de pico mais elevadas e cheias mais significativas.

5 CONCLUSÃO

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005 os altos teores de P total, P orto, turbidez, coliformes totais e fecais são responsáveis pelo enquadramento da água do Arroio Doze Passos na Classe 4.

De forma geral a qualidade da água foi inferior nas glebas com maior área de cultivo agrícola, campos, complexos domésticos e déficit de APP.

A precipitação afetou principalmente os teores de coliformes totais e fecais, turbidez, DQO, nitrato e de amônia do arroio.

A utilização do solo fora de sua capacidade de aptidão, aliado ao manejo inadequado dos dejetos foram as principais causas da contaminação da água do arroio.

O Arroio Doze Passos tem uma considerável capacidade de recuperação da qualidade da água quando da aproximação com a foz da microbacia, atribuída principalmente ao aumento da quantidade de florestas e áreas com APP preservadas, associadas à grande declividade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. G.; PETERSEN, P.; CORDEIRO, A. **Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira: subsídios à formação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001. 122p.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do arroio do Cria Montenegro, RS, com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.8, n.1, p.81-97, 2003.

ANAMI, M. H. et al. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v.12, n.1, p.75–80, 2008.

ANIDO, N. M. R. **Caracterização hidrológica de uma microbacia experimental visando identificar indicadores de monitoramento ambiental.** 2002. 69f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2002.

ARAUJO, I. S. et al. Avaliação da qualidade da água em uma microbacia produtora de arroz irrigado em Massaranduba SC. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL**, 7, 2010, Porto Alegre. [Anais...]. Porto Alegre: ABES, 2010. 1 CD-ROM.

ARCOVA, F. C. S., CICCIO, V. de; Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis, São Paulo**, n. 56, p. 125-134, dez. 1999.

ASSIS, F. O.; MURATORI A. M., Poluição hídrica por dejetos de suínos: um estudo de caso na área rural do município de Quilombo, Santa Catarina **Revista Eletrônica Geografar**, Curitiba, v.2, n.1, p.42-59, jan./jun. 2007.

AYERS, R. S; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande, UFPB, 1991, 218 p. (Estudos FAO irrigação e drenagem, n.29).

BACK, A. J.; NEUBERT, E. de O.; Bacia Hidrográfica do Rio da Laje, **Revista Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v. 6, n.1, p. 15-24, jan-jun 2000.

BACK, A. J. et al. Monitoramento da qualidade da água em microbacias: estudo de caso da microbacia Maracanã, Sombrio - SC In: **VIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS**, Nov 2008, Campo Grande, MS

BACK, A. J. et al. Qualidade da água da rede hídrica na microbacia Mato Escuro. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 38, 2009, Juazeiro, Ba. [Anais...]. Jaboticabal, SP: SBEA, 2009. p. 1-1.

BASSI, L. **Impactos sociais, econômicos e ambientais na Microbacia do Lajeado São José, Chapecó, SC.** Florianópolis: Epagri, 2000. 50p.(Epagri. Documentos, 203).

BAUMGARTNER, D. et al. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.152-163, jan./abr. 2007.

BLAINSKI, E; ARAUJO, I. S; GOMES; P. Modelagem e simulação do uso do solo e as alterações no ambiente In: **XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, Uberlândia, MG, 2011.

BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; BELLINGIERI, P. A. Qualidade hídrica do córrego Jaboticabal sob a ação de interceptores de esgoto, em diferentes épocas do ano. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.521-531, 2003.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Humano e Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº. 357 de 17 de março de 2005.** Brasília 23p.

CAMPAGNARO, V. F.; IOST, C. **Estudo sazonal limnológico da microbacia hidrográfica do Lajeado Xaxim e sua relação ao uso e ocupação do solo.** Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia Ambiental). Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Campus Medianeira. 2005.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO; V.L. Relação da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.

CARVALHO, P. R. de S. A expansão urbana na bacia do Ribeirão Mestre D´Armas (DF) e a qualidade da água **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v.3, n.1, p. 71-91 , jan-jun. 2005.

CARVALHO, W. M. de Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do córrego do malheiro, no município de Sabará – MG **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 398-412, jul-set. 2009

CASTILHO, C. P. G. de **Simulação hidrológica de uma bacia rural utilizando o modelo TOPMODEL acoplado a um modelo de interceptação de chuva pela cobertura vegetal** / Camila Prazeres Gonçalves de Castilho. -- Campinas, SP: [s.n.], 2005.

COSTA, C. P. M. de, et al. Caracterização qualitativa da água de irrigação na cultura da videira no município de Brejo Santo, Ceará. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.5, n.2, 2005.

CREPALLI, M. S. **Qualidade da água do rio Cascavel, PR.** 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Cascavel, 2007.

CRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 187 p.

DESCHAMPS, F.C.; TOLEDO, L.G. de.; NOLDIN, J.A. et al. **Índice de qualidade de água (IQA) na avaliação do impacto da cultura do arroz irrigado sobre a qualidade das águas superficiais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2001. p. 763-767.

DIEBEL, M. W. et al. Landscape Planning for Agricultural Nonpoint Source Pollution Reduction III: Assessing Phosphorus and Sediment Reduction Potential. **Environmental Management**, v. 43, p. 69– 83, 2009.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005.

DORTZBACH, D. et al. Avaliação temporal do uso e ocupação do solo na microbacia Ribeirão Gustavo, município de Massaranduba, SC.. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 15, 2011, Curitiba, Pr. Anais... São José dos Campos, SP: INPE, 2011.

EMBRAPA **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos** - Editores técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos et al. 2ed. – Rio de Janeiro: 2006 306p.

EPAGRI, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Desenvolvimento Rural. **Relatório Síntese – Inventário de terras e parâmetros químicos, físicos e microbiológicos do solo. Projeto Microbacia 2** Florianópolis 2005a. 81 p.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Desenvolvimento Rural. **Relatório Síntese - Qualidade de água para consumo humano e rede hídrica. Projeto Microbacia 2.** Florianópolis, 2005b. 77 p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 263p.

ESTRANY, J. et al. Hydrological response of a small mediterranean agricultural catchment, In: **Journal of Hydrology**, n.380, p.180-190, 2010.

FERREIRA, A.B.H. **Novo dicionário Aurélio.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. p.334

GIRÃO, E. G. et al. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibaras pelo emprego da análise da componente principal. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.1, p.17-24, 2007.

GONÇALVES, C.S. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.3, p.391-399, 2005.

GUERRA, G.L.; COSTA, D.P. da; SILVA, V.V. da; FERREIRA, A.M.M. **Identificação dos padrões de uso e cobertura do solo através da aplicação de geotecnologias: o caso do Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema, MS. (20--?)** Disponível em: <http://www.igeo.uerj.br/VICBG-2004/Eixo2/E2_085.htm>. Acesso em: 07.nov. 2010.

GÜNTER, F. **Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental**. São Paulo, 1980. 196p.

HADLICH, G. M.; SCHEIBE, L. F Dinâmica físico-química de águas superficiais em região de intensa criação de suínos: exemplo da bacia hidrográfica do Rio Coruja-Bonito, Município de Braço do Norte, SC **Geochimica Brasiliensis**, v.21, n.3, 245 - 260, 2007.

HELENA, B. et al. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga river, Spain) by principal component analysis. **Water Research**, v.34, n.3, p.807-816, 2000.

HIRUMA, S.T; PONÇANO, W.L **Densidade de Drenagem e sua relação com fatores geomorfopedológicos na área do Alto Rio pardo, SP e MG**. Rev. IG. São Paulo, 15(1/2), 49-57, jan./dez./1994.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário, 2006**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 12 set. 2011.

ICEPA - INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA – SC. Avaliação do Projeto de Microbacias – Monitoramento da qualidade da água. 1999. 97p.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. de Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, set./dez. 2005.

LANNA, A. E. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos**. IBAMA. Brasília, 1995.

LEWIS, A. **Água para o mundo, problemas atuais e futuros do abastecimento de água**. Rio de Janeiro: Tradução de Miécio Araújo Jorge Honkis, RECORD, 1965. 111p., il.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1986. 242p.

LIMA, W de P; ZAKIA, M.J.B **Hidrologia de Matas Ciliares** IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1994 (disponível em <http://www.ipef.br/hidrologia/mataciliar.asp>) Acesso em: 13 jun.2011.

LIMA, W. S; GARCIA, C. A. B. Qualidade da água em Ribeirópolis-SE: o açude do

Cajueiro e a barragem do João Ferreira. **Revista Scientia Plena**, Aracaju, v. 4, n. 12, 2008.

LIMA, V. L. A. de; CHAVES, L. H. G.; **Qualidade da água** Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008, 120p. il.

MAGOSSI, L.R. **Poluição das Águas**, São Paulo, 2003, 2ª Edição, 70p.

MAXTED, J. T.; DIEBEL, M. W.; ZANDEN, M. J. V. Landscape Planning for agricultural Non-Point Source Pollution Reduction. II. Balancing Watershed Size, Number of Watersheds, and Implementation Effort. **Environmental Management**, v. 43, p. 60–68, 2009.

MEDRI, V. **Modelagem e Otimização de Sistemas de Lagoas de Estabilização para Tratamento de Dejetos Suínos**. 1997. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.4, p. 33-38, 2002.

MINELLA, J.P; MERTEN,G.H.;MAGNANO, P. F. Análise qualitativa e quantitativa da histerese entre vazão e concentração de sedimentos durante eventos hidrológicos, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,Campina Grande, v.15, n. 12, p. 1306-1313, 2011.

NAKAYAMA, F. S; BOMAN, B. J; PITTS, D. J. Maintenance. In: LAMM, F .R; AYARS, J. E; NAKAYAMA, F. S. Microirrigation for crop production. 1st. ed. Elsevier B.V Amsterdam: **Elsevier**, 2007, cap.11, p.389-430 (Developments in Agricultural Engineering 13).

NAKAYAMA, F. S; BUCKS, D. A. **Tickle irrigation for crop production**. St. Joseph: ASAE, 1986. 383 p.

LOPES, et al. Recursos hídricos superficiais e subterrâneos e o uso da terra no município de Videira, SC In: **XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, São Luís, MA, 2010.

PANDOLFO, C. et al. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri. 2002, 1 CD-ROM.

PHILIPPI, J. A.; **Núcleo de Informação em Saúde Ambiental**. Educação ambiental: desenvolvimento de cursos e projetos USP. 2. ed. São Paulo, 2002 .

PEREIRA, LS, CORDERY, I., IACOVIDES, I., **Lidando com a Escassez de Água**. UNESCO IHP VI, Paris, 267 p., 2002a (Documentos Técnicos em Hidrologia, 58).

PEREIRA, L.S., Oweis, T., Zairi, A., Irrigation management under water scarcity. **Agricultural Water Management**, n. 57, p.175–206,. 2002b.

PISSARRA, Tereza C.T. **Avaliação quantitativa das características geomórficas de microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude em quatro posições do sistema de drenagem.** 1998. 124 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

PRIMAVESI, O. et al.. A qualidade da água na microbacia hidrográfica do ribeirão Canchim, São Carlos, SP, ocupada por atividade pecuária. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v.12, p. 95-111, 2000

QUEIRÓS, M. M. F. de et al. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural, **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n.4, p. 200-210, 2010

RANZINI, M. **Modelagem hidrológica de uma microbacia florestada da Serra do Mar, SP, com o modelo TOPMODEL - simulação do comportamento hidrológico em função do corte raso.** 2002. 116f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental)-Universidade de São Paulo/ Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2002.

RANZINI, M. et al. Processos Hidrológicos de uma Microbacia com Mata Atlântica na Região da Serra do Mar, SP, **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 108-119, dez 2004.

RIBEIRO, K. H. **Qualidade da água superficial e a relação com o uso do solo e componentes ambientais na microbacia do rio Campestre**, Colombo, PR / Karina Hacke Ribeiro. 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

ROCHA, J. S. M.; KURTS, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.** 4ª ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 2001. 120 p.

ROCHA, C. M. B. M. et al. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000 **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.22, n.9, p.1967-1978, set. 2006

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C.T.; GREGORIO, C. E. B. **Qualidade de água de uma microbacia hidrográfica com diferentes usos do solo na região de Taquaritinga, Estado de São Paulo.** XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, 2007 (disponível em: http://www.abrh.org.br/novo/xvii_simp_bras_rec_hidric_sao_paulo.php) Acesso em: 15 jun. 2011.

SANTA CATARINA, Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural, **Levantamento Agropecuário de Santa Catarina - LAC 2002-2003** Florianópolis, SC Dados Preliminares - Fev 2005

SALATI, E.; LEMOS, H. M de; SALATI, E. Água e o Desenvolvimento Sustentável. In: REBOUCAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas Doces do Brasil:**

capital ecológico, uso e conservação. 2. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002.

SEGANFREDO, M. A.; GIROTTI, A. F. **Custo de armazenagem e transporte de dejetos suínos usados como fertilizantes do solo.** Concórdia – SC: Embrapa Suínos e Aves, 2004. (Comunicado Técnico, 374)

SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável na agricultura.** Brasília: MMA; SRH; ABEAS; Viçosa-MG: UFV – Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. 252p.

SILVA, A., TERRA, V. S.S., VIEGAS FILHO, J.S. Determinação do tempo de concentração da bacia Montante do Arroio Chasqueiro **XVI Congresso de Iniciação Científica,** Pelotas: Ufpel, 2007. Disponível em <http://www.ufpel.edu.br/cic/2007/cd/_pages/engenharias.html> . Acesso em: 08 mar. 2012.

SILVEIRA, F. et al. **Análise temporal do uso e ocupação do solo e qualidade da água na microbacia Ribeirão Irma, Massaranduba, SC** In: I Congresso Brasileiro de Organização do Espaço e X Seminário de Pós-Graduação em Geografia da UNESP Rio Claro, SP, outubro de 2010.

SOARES, J. B; MAIA, A. C. F. **Água: microbiologia e tratamento.** Fortaleza: EUFC, 1999.

TAKEUCHI, M. ITAHASHI, S.; SAITO, M. A water quality analysis system to evaluate the impact of agricultural activities on N outflow in river basins in Japan **Science in China Ser. C Life Sciences,** v.48, n. 1, p. 100-109, 2005

TAKEDA, I.; FUKUSHIMA, A.; SOMURA, H. Long-term trends in water quality in an under-populated watershed and influence of precipitation. **Journal of Water and Environment Technology,** v.7, n. 4, 2009.

TESTA, V. M.; NADAL, R. de; MIOR, L. C., BALDISSERA, I. T.; CORTINA, N., **O Desenvolvimento Sustentável do Oeste Catarinense** (Proposta para discussão). Florianópolis: Epagri, 1996. 247p.

TIBONI, C. G. R., **Estatística Básica: para concursos de administração, ciências contábeis, tecnológicos e de gestão.** São Paulo: Atlas, 2010. 329p.

VALENTE, J.P.S.; PADILHA, P.M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP **Eclética Química,** São Paulo, vol.22, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-46701997000100005&script=sci_arttext> Acesso em: 16 jan. 2012.

VANZELA, L. S. **Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP.** 2004. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

VASCONCELOS, R. S. et al. Qualidade da água utilizada para irrigação na extensão da microbacia do Baixo Acaraú. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.3, n.1, p.30-38, 2009.

VICTORIA, F. B.; VIEGAS FILHO J.S.; PEREIRA L.S.; J.L. Teixeira, J.L.; LANNA A.E. Multi-scale modeling for water resources planning and management in rural basins, **Agricultural Water Management**, n. 77, p. 4-20, 2005.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Mc. Graw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 1996. 246p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3a Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

VON SPERLING, E. Afinal, quanta água temos no planeta? **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.11, n.4, p.189-199, 2006.

YANG, J.; ZHANG, G. & ZHAO, Y. Land use impact on nitrogen discharge by stream: a case study in subtropical hilly region of China. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 77, p. 29-38, 2007.

YANG, J.; ZHANG, G. Quantitative relationship between land use and phosphorus discharge in subtropical hilly regions of China. **Pedosphere**, v. 13, p. 67-74, 2003.

ZAMPIERI, S. L. et al. Qualidade da Água da Microbacia de Tarumanzinho – Águas Frias - SC - Projeto Microbacias2 In: COBRAC 2006 - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 7..- 2006, Florianópolis:. **Anais...Florianópolis: SBC**, 2006.

APÊNDICE

Apêndice A - Área das glebas e principais culturas anuais semeadas e fração correspondente a cada gleba na microbacia Arroio Doze Passos.

	Gleba (ha)	Milho		Trigo	
		(ha)	(%)	(ha)	(%)
1	105,49	63,50	60,20	9,5	9,01
2	353,06	136,00	38,52	7,5	2,12
3	446,78	199,60	44,68	8	1,79
4	656,8	82,00	12,48	0	0
5	181,01	77,50	42,82	0	0
6	35,18	11,67	33,17	0	0
Total	1778,32	570,27	32,07	25,00	1,41

Apêndice B – Precipitação diária e relativos dias de campanhas para coletas de amostras de água para análise no ano de 2005.

Dia	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	19,9	0	0	0	0	25	3,2	0	0
2	0	0	0	46	0	0	0	0	1,4*	0	0	0
3	1,2*	0	0	70,7	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4,4	0	0	23,6	0	0	0	0	34,6	10,4	0	0
5	11,4	0	0	0	0	0	6,8	0	54,6	115,1	3,4	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43,7	33,2	7
7	0	0	0	3,2	0	0	0*	0	0	0	13,6	0,2
8	0	0	0	5,4	1,4	0	0	5,6	0	38,4	0	0
9	0	0	0	24,2	10,6	0	0	5,4	0	15	0	0
10	12	0	0	0	1,2	0	0	17,2	0	0	0*	0*
11	66,3	1,2	0	0	0	0	0	0*	10,8	0	0	0
12	0	0	0	0	39,2	29,2	0	0	24,2	20,9	0	0
13	0	0	2,2	0	0	16	0	0	9	0	0	0
14	0	0	24,5	3,2	0	33	0	0	4,8	0	0	0
15	0	0	0	6,5	0	26,3	0	0	14	12,4	0	0
16	22,4	0	0	1,4	6,8	42,4*	1,2	0	3,2	1,2	0	0,2
17	0	0	0	0	0	16,7	35,5	0	2,5	41,2	8,4	12,4
18	0	0*	0*	0	15,8	42	0	13,2	1,2	7,4	13,2	0,2
19	0	0	0	0	82,6	0	0	0	5	0	0	0
20	0	0	0	10*	18,7*	1,4	0	0	0	0	1,4	5,4
21	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0*	0	0
22	0	0	21,2	0	0	0	19,2	0	1,8	4,2	0	0
23	0	0	3,8	0	0	0	29,8	0	3,5	0	0	0
24	14,2	0	11,6	0	5,8	0	5,6	23,8	3,4	0	0	23,2
25	97	11	0	14,8	3,5	0	0	0	16,5	0	25,2	0
26	0	6,4	0	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	3,2	0	2	0	0	0	101,2	0	0
29	4,8		0	0	0	2,8	0	0	0	17,9	0	0
30	0		0	0	0	0	0	24,5	12,4	0	2,8	0,4
31	0		0		0		0	72,2		0		0
Tot	233,7	19,6	63,3	233,7	218,6	211,8	98,1	161,9	227,9	432,2	101,2	49

(*) Coleta de água para análise

Apêndice C – Precipitação diária e relativos dias de campanhas para coletas de amostras de água para análise no ano de 2006.

D	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	23,4	0	13,2	0,2	0	0,2	0,2	0	14,8	0	0	0
2	11	0	0,4	0,2	0,2	0,4	13,6	0	50,4	31,8	9,6	0
3	2,8	0*	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0
4	0	0	18,4	0	0	8,2	0,2	0	0	0,2	4,6	0
5	0	2,2	12,6	0,2	0,2	0,4	0,2	0	0	0	1,8	0
6	0	32,2	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	17,6	48	0,2
7	0	0	0,4	0,2	0,2	3,4	0,4	0,2	0	0,2	13	0
8	0	0	0,2	0,2	5,4	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0
9	0	0	0,2	1	1	0,2	10,2	0	34	0,2	0	0
10	0	18,8	0	22,2	0,4	3,8	10,6	13,4	0	0	0,2	0
11	0,4	0	0	0	0	7	0,2	0,2	0,2	0	0	0
12	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	14,6	0	0
13	0	0	0	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	3,6	0	0
14	0,2	0	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0	0	0	0	0
15	3,8	2,2	0,2	1,8	0,2	0,2	0	0	0	0	0	24,8
16	0	1	0,2*	0,6	0,2	7	0	130,6	33,4	12,6	0	0
17	0	0	0,2	0	0,4	2,6	0,2	16,6	0	0	2,8	0
18	65 *	0	0	0,4	0,4	0,2	0,4	1,2	0	0*	47,4	0
19	4	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	10,8	103,6	32,2
20	4,8	0,8	76,6	0,2	7	0,2	0,4	0,2	37,6	0	8,4	33,8
21	0	25,6	10	2,4	1,4	0,8	0,2	0	1,8	0,2	0	21,8
22	10,4	69,6	12,2	27,2	0,2	41,4	0	0,2	0,2	0,2	0	0
23	3	0,2	1,4	0,4	0	0,2	0,2	0,2	0,4	0	0,2	0,4
24	3,4	6,4	13,8	0,4	0	0,2	0	0,2	1,4	0	0*	73,4
25	10,4	3	0	0,2	0,4	0,2	8,6	0,2	0,2	0	13,8	2,4
26	15,2	1,2	2	0,8	0,4	64,2	5,4*	0	0,2	0	24	17
27	0	0,2	0	0,2	0,2	0,6	0,2	3,8	0	1,2	0	0
28	32,8	0,2	0	0,2*	0,2	0	11	0	0	0	41,2	0,2
29	1		40	0,2	0,4	0,2	9	0	0,6*	0	10,6	0
30	3,4		0,2	0,2	0,2	0,2*	0	0,2	0	8,6	0,2	0
31	0,2		0,2		0,2*		0,2	3,6*		0		0
Tot	196	163,6	202,8	60,8	20,2	143,2	73	172,2	175,8	101,8	329,6	206,2

(*) Coleta de água para análise

Apêndice D – Precipitação diária e relativos dias de campanhas para coletas de amostras de água para análise no ano de 2007.

Dia	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,2	3,4	15,8	18	0,2	0,4	0	0	16,4	0	12,6	0
2	0	0,2	1,4	0	0,2	34,8	0,2	2,4	0	0	58,6	0
3	12,4	0,2	25,8	0,2	24	0,2	0,4	25,4	0	0	9,4	0
4	18	0	7	12	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0
5	64,8	1,2	17,4	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	5,2*
6	26,6	13,4	0	5	0,2	0	0,2	0	0	0	0,2	30,8
7	0	0,2	0	1,8	27	2	0,2	1,4	0,2	1	0	0
8	0,2	0,2	0	22,6	26,6	25,4	7,2	1,2	0	2,2	0,2	0
9	0	0	0*	0,4	0,2	0,2	72,2	0	0	0	23	0
10	0,2	0,8	3,4	0*	0,2	0,2	12	0	0	0	8,8	0
11	0	2,8	13,6	0,2	0,2	0,2	2	0	0	4,4	22,2	36,4
12	38,6	0	0,2	21	0,2	0,2	0	0,2	0	28,8	0	0
13	10,4	0	75	12	0,6	0,2	27,4	0	0,2	39,2	0	0
14	0,2	0	0,2	0	27,2	0,4	9	0	0	0	44,8	0
15	0,2	0	0	52,6	0,2	0,2	0	0	0	6	9,6	0
16	0	0*	0,2	0	0,6	7	0,2	0,2	0	52,2	0	0
17	0*	0	0,2	0,2	95,8	0,2	0,2	0	0	10	0	0
18	5,4	24,8	71,4	0,2	17,8	0,2	49,8	0	0	0,2	0	0
19	0	1	0,8	0,4	0	0,2	2,2	0,2	9,2	0	5,4	27,4
20	19,2	12,6	0	0	0	0	0,2	3,6	0,2	0	0,2	0,2
21	0	3,4	2,8	0,2	35,8	0,4	0,2	0	20	11,8	0*	0
22	0	59,8	0,2	0,4	36	0,2	41,8	0,2	11,4	2,2	0	0
23	2,8	13,2	0,2	0,2	5,2*	0,4	113,8	0,2	36	0	0	4,6
24	0	6,4	0,2	11,6	0	0,2	0,2	0	19,6	0	0	0
25	0	83,6	0	10,2	0	1,6	9,6	0	0	0	4	0
26	0	0,2	0	34	0,2	2,8	0,2	4,2	0	0	0	4,2
27	80,8	0	3,8	2,4	0,4	6,4	0,2	19,2	11,4*	0	0	0
28	0	11,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0,2	0	5,4	3,8	4,2
29	88,4		0	0,2	0,2	0*	0,2	0	0,2	16,6	0	0
30	1,8		0,2	0,4	0,2	0,2	0	0	0,2	4,6	0	0
31	0				0		3*	11,6*		8,2*		7,8
Tot	370,2	238,6	240	206,4	294,4	84,8	353	70,4	125,2	193	202,8	120,8

(*) Coleta de água para análise

Apêndice E – Precipitação diária e relativos dias de campanhas para coletas de amostras de água para análise no ano de 2008.

Dia	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0,8	19,6	1,8	0,2	2,4	0,2	3,6	0	0	0	16,4
2	0	21,2	10	0,2	14	0	0,2	34,2	0,2	45,6	50	0
3	0	0	11	0	9,4	24,2*	0	0,2	0*	0	8,8	5,2
4	10,2	0	0*	0	0,4	32,4	4,4	0	0	33	1,6	0*
5	18,6	0	0	0,2	5,8	0,2	0,2	0,2	6	15,8	0*	0,2
6	0	0	0,2	0	3,4	0,2	0,4	0,2	42,6	0	6	0
7	0	0	0	0,2	0,2	16	0,2	3,4	0,2	0	18,4	0
8	0,2	0	0	0*	0*	0,2	0*	0*	0	0	0	0,2
9	0	0	0,2	0	0	0,2	0,8	0	7,8	0	2	0
10	0	3,6	0	0	0,2	16	0,2	1,6	0,6	0	1	14
11	0	1,4	1,2	0,2	0	0,2	0,4	0,2	6,2	2,2	0	0,2
12	13,6	2,4	0	29,6	0,2	11	0,2	0	64,8	2,2	19,8	0
13	0	0	13,4	11,4	0	0,2	0,2	21,8	16	0	8,6	0
14	0	0,2	0	62,6	0,6	10	0,2	0,2	0	2	0	0
15	0	0*	0	0,2	0,2	0	0,2	18,2	0,2	0	0,2	21,4
16	0	0	0	10,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	31,8	0	0,2
17	0	12,6	0	6	0,2	0	0,2	0,2	0,2	31,4	0	0
18	6,6	0	0,2	5,2	0	0,2	0,2	0	0,2	26,6*	0	0
19	36,4	0,2	0	0	0	0,2	0,4	0,2	0	0	0	0,2
20	14	1,8	2,8	5,2	0,2	0	0	0,2	0	0	0	0
21	0	0,4	0	2	0,2	3,4	0,2	0,2	22,2	0	1	0
22	0	0	3,6	2,6	0	0	9,6	5,6	1,6	3,4	4,8	0
23	0	0	27,4	0,2	0,2	0	3,8	0	0,2	4,2	0	0
24	0	0	1,4	0,2	0,2	0,2	3,8	1,8	0,2	55,4	0	4
25	0*	0	0	0,2	0	0	0	0	0	4,6	0	26,6
26	0	0	0	0	0,2	1	0,2	0,2	0	14	0	0
27	0	0	0,2	9,4	0	66,6	0	0,2	0,2	17	0	0
28	0	0	0	0,2	0,2	46	0	0,2	0	0	0	0
29	0	16	0	56	27,2	3,2	0,2	7,2	0	32,4	0	0
30	0,4		0	1,8	0,6	0	0	0	6,8	31,4	0	7,8
31	20		0		0		1	0,2		0,2		0
Tot	120	60,6	91,2	205,6	64	234,2	27,6	100,2	176,2	353,2	122,2	96,4

(*) Coleta de água para análise

Apêndice F – Precipitação diária e relativos dias de campanhas para coletas de amostras de água para análise no ano de 2009.

Dia	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	2,6	0	0,2	0,4	0	42,2	0,2	2,8	0	2,6
2	18,2	0	0,4	0	0,2	0	0,2	40	0	8,6	0,2	0,2
3	9	4,6	15,4	0	0	0,2	0	0	36,6	0	0	48,8
4	13,8	21,8	0	0	0,2	0,2	0,2	0	20,6	0,2	0	0
5	0	0,6	0,2*	1,6	0	0,2	0	0,2	0	0	0	0
6	0,2	0	0	8,6	0,2	0	0,2	0,2	0,2	17,8	4,6	0
7	0	0	0,2	0,2	0	0,2	1,2	3,2	0	4	5,6	0
8	0,2*	0	3,4	0	0	0,2	74	26,8	51,2	0	25,6	3,4
9	0	0	0	0,2	0,2	2,6	2,2	23,4	28,4	0	0	0
10	31,2	0,4	0	0	0	1,2	0,6	5,4	19,4*	0	0	6
11	8,8	1,6	0	0,2	0,2	0	12,6	0	54,2	0	14,4	0
12	0	22,2	10,2	0	0,2	0,2	20,2	0,2	37,8	73,2	0,2	7,4
13	11,4	0	8,6	0,2	30	0	0,4	0,2	6,4	0	1,8	5
14	0,2	0	0	0	3,8	0	0,8	0,2	0	0,2	3,2	0,2
15	3,2	0,2	0,2	0	0*	0,2	0,2	0,2	0,2	14,2	0,2	0
16	3,8	0	0	0,2	0,2	30	18,4	0	0	3,2	2,4	0
17	39	0	0	0	0,2	8,6	25	16,6	0	6,6	0	4,8
18	2	1,4	0,2	0,2	0	0	0,2	21,8	9	5,6	0	0,4
19	0,6	34,6	0	0,2	0,2	0,2	0	51,6	23,8	0	6,8	0
20	3	3,6	0	0	0,2	0,2	0,2	1,4	0	0	3,2	0
21	0,2	0	0,2	0	0,2	0,2	0*	0	0,2	0,2	35,2	0
22	0	12,2	0,2	16,4	0,2	0,2	17,8	0	0	20,6	30	2,4
23	0	0,2	0	1	0,2	5,8*	1,8	0,2	39,8	0,2	12,8	14,4
24	0	5,6	0	0*	3,2	11,2	0	0	0,4	0,2	5	36,4
25	0	15	0,2	0,2	0,2	0	0	0,2	0	8,4	0	62
26	0	1	0	0	11,6	0	0	0,2	0	0,2	1,6	0
27	7	2,4*	0	0	2,6	0,4	0	0,2	22,4	0*	1,8	0
28	0	0	16,8	0,2	0,2	0,6	1,4	0,2	73,8	0	2	0
29	0		0,2	0,2	24,2	0	2,8	0,2	3,4	0	0,6	0
30	0,2		0	0	12,6	2	0	0,2	0,2	0,2	0	0
31	0		0,2				2,4	0,2		0		3,8
Tot	152	127,4	59,2	29,6	91,2	65	182,8	235,2	428,2	166,4	157,2	197,8

(*) Coleta de água para análise

Apêndice G – Confirmação da vazão mínima do Arroio Doze Passos, com a participação do produtor rural Dirceu Viganó e o técnico da Epagri Helio Basei realizada em março de 2012

