

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

**POLUIÇÃO HÍDRICA POR DEJETOS DE SUÍNOS: UM
ESTUDO DE CASO NA MICROBACIA DO ARROIO
CALDEIRÃO - PALMITINHO - RS.**

TRABALHO DE GRADUAÇÃO B

Viviane Capoane

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**POLUIÇÃO HÍDRICA POR DEJETOS DE SUÍNOS: UM
ESTUDO DE CASO NA MICROBACIA DO ARROIO
CALDEIRÃO - PALMITINHO - RS.**

por

Viviane Capoane

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Geografia
Bacharelado da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Silvério da Silva

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Departamento de Geociências
Curso de Geografia Bacharelado**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Graduação B

**POLUIÇÃO HÍDRICA POR DEJETOS DE SUÍNOS: UM ESTUDO DE
CASO NA MICROBACIA DO ARROIO CALDEIRÃO - PALMITINHO -
RS.**

elaborada por
Viviane Capoane

como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Geografia

COMISSÃO EXAMINADORA:

José Luiz Silvério da Silva, Dr.
(Presidente/Orientador)

Danilo Rheinheimer dos Santos, Ph. D.
(CCR/UFSM)

Waterloo Pereira Filho, Ph. D.
(CCNE/UFSM)

Santa Maria, 13 de junho de 2008.

AGRADECIMENTOS

Aos milhões de brasileiros que pagam seus impostos e tornam possível a existência da universidade pública e gratuita;

À Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade de realização do curso. Também sou grata ao programa de assistência estudantil oferecida por esta instituição com o qual fui beneficiada ao longo do curso recebendo moradia, alimentação e transporte;

À minha família pelo incentivo e ajuda em todos os momentos;

À família Pellegrini, em especial a Dona Maria e ao João pelo apoio nas horas mais difíceis;

Ao professor Silvério pelos ensinamentos e orientação na realização deste e outros trabalhos;

Ao professor Danilo por tornar possível a realização das análises físico-químicas e microbiológicas disponibilizando o laboratório de águas;

Aos gurus do Laboratório de Análises de Águas Rurais (LAAR) pela realização das análises;

Aos colegas Beto e João pela amizade, ensinamentos transmitidos e colaboração nas idas a campo;

À Léia, pela amizade e incentivo demonstrado ao longo de nossa vida acadêmica;

À Fapergs pela concessão da bolsa de Iniciação Científica;

À comunidade da Vila Caldeirão pela hospitalidade e valorização desse trabalho;

A todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento do presente trabalho.

RESUMO

Trabalho de Graduação B
Curso de Geografia Bacharelado
Universidade Federal de Santa Maria

POLUIÇÃO HÍDRICA POR DEJETOS DE SUÍNOS: UM ESTUDO DE CASO NA MICROBACIA DO ARROIO CALDEIRÃO - PALMITINHO - RS.

AUTORA: VIVIANE CAPOANE

ORIENTADOR: JOSÉ LUIZ SILVÉRIO DA SILVA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 13 de junho de 2008.

A expansão da suinocultura e o grande aumento de densidade de animais em algumas regiões têm causado grande ônus ambiental pela poluição dos recursos naturais. Por essa razão, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da atividade suinícola na qualidade das águas superficiais na microbacia do Arroio Caldeirão, Palmitinho, noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. A caracterização do meio físico foi feita com o uso de geotecnologias tendo por base a carta de Palmitinhos na escala 1/50.000 que foi digitalizada dentro do aplicativo Spring 4.2, e do qual foram gerados os mapas temáticos. Os resultados da caracterização do meio físico permitem inferir quais os pontos na paisagem estão mais susceptíveis a contaminação em função da proximidade das granjas a rede de drenagem e da declividade do terreno. Os níveis de poluição das águas superficiais foram avaliados através da medição de parâmetros físico-químicos e microbiológicos em 13 pontos da microbacia, sendo 7 no arroio principal e 6 nos tributários. Em alguns pontos, os resultados obtidos das análises em laboratório das águas coletadas, encontravam-se acima dos padrões CONAMA (resolução 357/05), como fósforo, até $0,54 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e coliformes totais até 4922 por 100 ml de amostra. As maiores concentrações de poluentes ocorreram nas águas coletadas nos pontos de amostragem situados a jusante das criações de suínos indicando um manejo inadequado.

Palavras chave: poluição hídrica, dejetos de suínos, monitoramento.

ABSTRACT

Graduation Monograph B
Bachelor of Geography Course
Federal University of Santa Maria

WATER POLLUTION FROM SWINE EXCREMENTS: A CASE STUDY AT THE MICRO-WATERSHED OF ARROIO CALDEIRÃO - PALMITINHO - RS.

AUTHOR: VIVIANE CAPOANE

SUPERVISOR: JOSÉ LUIZ SILVÉRIO DA SILVA

Date and Place of Defense: Santa Maria, 13 de junho de 2008.

The expansion of swine production and resulting great increase in animal density has caused a heavy environmental burden from the pollution of the natural resources. In light of this, the objective of this work is to evaluate the influence of swine production on the surface water quality in the micro-watershed of Caldeirão brook, Palmitinho, north-west of the State of Rio Grande do Sul. The characterization of the physical ambient was made with the geotechnology use of the chart of Palmitinhos (1:50 000 scale) with the program Spring 4.2 from which thematic maps were generated. The results of the characterization of the physical environment revealed which points in the landscape are more susceptible to contamination in function of the nearness of the farms to the drainage system and the soil grade. The pollution levels were determined by the measurement of physical chemical and microbiological parameters at 13 points in the micro-watershed, with 7 on the main brook and 6 on its tributaries. At some points, the results of the physical-chemical and microbiological analysis exceeded the CONAMA (resolution 357/05) limits, for example phosphorus which had levels up to $0.54 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and total coliform bacteria which were found to be up to 4922 coliforms per 100 ml. The greatest pollution concentrations were found in water collected at sample points downstream from pig farms, indicating inadequate waste management.

Key words: water pollution, swine waste, monitoring.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Representação do ciclo hidrológico.....	23
FIGURA 2 - Representação das áreas de preservação permanente de acordo com o código florestal de 1965, Lei nº 4.771.....	39
FIGURA 3 - Mapa de localização da MBH do Arroio Caldeirão, Palmitinho, noroeste RS.....	42
FIGURA 4 - Mapa de localização dos pontos de coleta na MBH do Arroio Caldeirão.....	48
FIGURA 5 - Modelo Numérico do Terreno do Município de Palmitinho - RS.....	52
FIGURA 6 - Mapa hipsométrico da MBH do Arroio Caldeirão.....	53
FIGURA 7 - Mapa com as declividades da MBH do Arroio Caldeirão.....	54
FIGURA 8 - Mapa com as áreas de APPs das margens e das nascentes na MBH do Arroio Caldeirão.....	56
FIGURA 9 - Faixa de variação de OD ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) nas amostras analisadas	58
FIGURA 10 - Faixa de variação do pH nas amostras analisadas	58
FIGURA 11 - Faixa de variação da CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) nas amostras analisadas	59
FIGURA 12 - Faixa de variação dos STD ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) nas amostras analisadas.....	60
FIGURA 13 - Faixa de variação da turbidez nas águas da MBH do Arroio Caldeirão, Palmitinho/RS.....	60
FIGURA 14 - Faixa de variação da cor nas águas da MBH do Arroio Caldeirão...	61
FIGURA 15 - Faixa de variação da temperatura do ar nos pontos de coleta amostrados.....	61
FIGURA 16 - Faixa de variação da temperatura da água nos pontos de coleta amostrados.....	62
FIGURAS 17 e 18 - Extravasamento de dejetos em duas esterqueiras.....	71
FIGURAS 19 e 20 – Poço artesiano que abastece a comunidade da MBH do Arroio Caldeirão.....	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Produção de suínos no Brasil (mil cabeças).....	16
TABELA 2 - Principais destinos da carne suína brasileira - jan a dez 2007.....	17
TABELA 3 - Produção diária de dejetos de suínos nas diferentes fases de produção.....	21
TABELA 4 - Teor de fósforo total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) das águas superficiais da MBH do Arroio Caldeirão, Palmitinho/RS no período de novembro de 2006 a setembro de 2007.....	63
TABELA 5 - Teor de nitrato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) das águas superficiais da microbacia do Arroio Caldeirão, Palmitinho/RS no período de novembro de 2006 a setembro de 2007.....	64
TABELA 6 - Teores de cálcio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) e magnésio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) nas águas superficiais da microbacia do Arroio Caldeirão, Palmitinho/RS no período de novembro de 2006 a setembro de 2007.....	66
TABELA 7 - Teores de sódio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) e potássio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) das águas superficiais da microbacia do Arroio Caldeirão, Palmitinho/RS no período de novembro de 2006 a setembro de 2007.....	67
TABELA 8 - Faixa de variação de Coliformes <i>E. Coli</i> das amostras analisadas...	68
TABELA 9 - Faixa de variação de Coliformes totais das amostras analisadas.....	69

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A - Banco de dados com os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas - 1ª coleta, novembro de 2006.....	84
ANEXO B - Banco de dados com os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas - 2ª coleta, fevereiro de 2007.....	85
ANEXO C - Banco de dados com os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas - 3ª coleta, maio de 2007.....	86
ANEXO D - Banco de dados com os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas - 4ª coleta, setembro de 2007.....	87

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	7
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE ANEXOS.....	9
INTRODUÇÃO	12
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
1.1. Características gerais da suinocultura.....	15
1.1.1. Suinocultura no Rio Grande do Sul (RS)	17
1.1.2. Importância econômica da suinocultura	19
1.1.3. Produção e composição dos dejetos.....	20
1.2. O Ciclo hidrológico	22
1.3. A qualidade dos recursos hídricos.....	24
1.3.1. Caracterização das águas.....	27
1.3.2. Parâmetros de Qualidade de Água	27
1.3.2.1. OD.....	28
1.3.2.2. Temperatura.....	28
1.3.2.3. pH.....	29
1.3.2.4. Condutividade elétrica (CE)	30
1.3.2.5. Sólidos totais dissolvidos (STD)	30
1.3.2.6. Turbidez	31
1.3.2.7. Cor.....	31
1.3.2.8. Fósforo	31
1.3.2.9. Nitrato.....	33
1.3.2.10. Cobre e Zinco.....	33
1.3.2.11. Sódio	34
1.3.2.12. Cálcio	34
1.3.2.13. Magnésio.....	35
1.3.2.14. Potássio.....	35
1.3.3. Indicadores Biológicos.....	35
1.4. Legislação ambiental para empreendimentos suinícolas	36
2. MATERIAIS E MÉTODOS	41
2.1. Caracterização da MBH do Arroio Caldeirão	41

	11
2.2. Procedimentos Metodológicos	42
2.3. Procedimentos Técnicos	43
2.3.1. Considerações sobre o Sistema de Informações Geográficas (SIG) utilizado	43
2.3.1.1. Delimitação da área de estudo.....	44
2.3.1.2. Modelo Numérico do Terreno (MNT)	45
2.3.1.3. Mapa hipsométrico	45
2.3.1.4. Mapa clinográfico	46
2.4. Análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos	46
2.4.1. Metodologia de Coleta e Acondicionamento das Amostras	48
2.4.2. Análises físico-químicas	49
2.4.3. Análises Microbiológicas	49
2.5. A problemática ambiental da suinocultura na óptica dos suinocultores.....	50
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
3.1. Análise dos aspectos físicos da MBH do Arroio Caldeirão.....	51
3.1.1. Modelo numérico do terreno (MNT)	51
3.1.2. Hipsometria	52
3.1.3. Declividade.....	53
3.1.4. Rede de drenagem.....	55
3.2. Análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas superficiais da microbacia do Arroio Caldeirão	56
3.2.1. Parâmetros físico-químicos monitorados	57
3.2.2. Parâmetros microbiológicos monitorados.....	68
3.3. A visão dos criadores quanto aos problemas ambientais advindos da suinocultura.....	70
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS	76

INTRODUÇÃO

A degradação do meio ambiente, diante de suas repercussões diretas ou indiretas contra o bem-estar da coletividade constitui na atualidade um dos mais importantes problemas que merecem ampla reflexão por parte de todos os ramos da ciência e da sociedade.

O cenário atual é marcado pela poluição generalizada e pelo uso indiscriminado e abusivo dos recursos hídricos, que representa apenas um dos aspectos da questão ambiental. Para Assis (2006) o nível de degradação varia na sua forma e intensidade de acordo com a região e o tipo de uso, mas praticamente todos os usos contribuem igualmente para a redução da qualidade e disponibilidade de água.

Segundo essa autora, em áreas onde a pecuária está presente existe uma maior ou menor contaminação na dependência da forma que é feita como, por exemplo, a confinamento de animais. Essa é uma prática que se refere à criação de suínos e, na qual, a proximidade de fontes de água torna-se imprescindível determinando, por outro lado, a sua contaminação devido à grande produção de efluentes altamente poluentes que são muitas vezes lançados no solo e nos cursos d'água sem tratamento prévio.

A importância da suinocultura, no contexto nacional, reside não só no grande contingente de produtores envolvidos, como também, no volume de empregos diretos e indiretos, pela capacidade de produzir grande quantidade de proteína de alta qualidade em reduzido espaço físico e curto espaço de tempo, quando comparada a outras espécies de animais de médio e grande porte.

Além disso, a atividade suinícola constitui-se em importante fator de desenvolvimento econômico nacional, provocando efeitos multiplicadores de renda e emprego em todos os setores da economia, intensificando a demanda de insumos agropecuários, e a expansão e modernização dos setores de comercialização e agroindústrias. No entanto, os processos produtivos são altamente poluidores, afetando a qualidade da água e do solo e proporcionando a degradação ambiental das regiões produtoras e, mesmo sendo uma atividade de grande importância econômica e social, tem sido apontada como uma grande causadora de impactos

ambientais, especialmente pela degradação da qualidade dos recursos hídricos (Baldissera, 2002; Santos, et al. 2003; Mattias, 2006).

Segundo Oliveira (1995) até a década 70 os dejetos de suínos não eram considerados um fator preocupante, pois a concentração de animais era pequena e os solos das propriedades tinham capacidade para absorvê-los, além de serem utilizados, em grande parte, como adubo orgânico. Com o aumento da produtividade e o crescimento das áreas urbanas próximas aos locais de criação dos suínos, este quadro mudou. Assis (2006) diz que a preocupação com a poluição do ambiente e de maneira especial com os recursos hídricos, tornou a destinação de dejetos de suínos uma ameaça à sobrevivência e expansão da atividade suinícola, tendo em vista que o aumento da produção não veio acompanhado de medidas no sentido de minimizar os prejuízos causados ao meio ambiente. Permaneceram as mesmas práticas de destinação dos dejetos, trazendo, como consequência, a produção e o acúmulo de grande quantidade de resíduos nas granjas suinícolas que, inadequadamente manejados, passaram a ser considerada uma das principais fontes poluidoras dos solos e das águas superficiais, colocando em risco a saúde da população.

Assim, dada à relevância do assunto, o mesmo foi escolhido como tema da presente pesquisa. A área estudada localiza-se no Município de Palmitinho noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Neste município a suinocultura é uma das mais importantes atividades econômicas geradoras de renda para as comunidades e também a que tem causado maior impacto ambiental nos recursos hídricos da região.

Para a realização do trabalho, foi delimitada a microbacia hidrográfica (MBH) do Arroio Caldeirão situada na porção noroeste do Município de Palmitinho. O enfoque maior deste trabalho foi dado aos efeitos causados pela poluição hídrica. Com o objetivo de delimitar o objeto de estudo o trabalho se restringiu à poluição hídrica superficial como resultado do desenvolvimento da atividade de criação de suínos.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo geral avaliar a influência da atividade suinícola na qualidade das águas superficiais na microbacia do Arroio Caldeirão. Como objetivos específicos, foram arrolados os seguintes:

- apontar o nível de poluição hídrica gerada por dejetos de suínos com base nas análises da qualidade da água;
- elaboração de mapas temáticos da área com o uso de geotecnologias;
- avaliar o nível de percepção dos suinocultores quanto a problemática ambiental advinda da suinocultura.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentada uma revisão de literatura sobre recursos hídricos superficiais e, sobre os impactos causados pela atividade suinícola no meio ambiente. Selecionaram-se os estudos julgados de maior importância dentro dos objetivos propostos no trabalho agrupando-os segundo as principais linhas de interesse.

1.1. Características gerais da suinocultura

A suinocultura é uma atividade importante nos aspectos econômico e social, apontada como instrumento de fixação do homem no campo e alternativa de renda para pequenas propriedades rurais tendo os sistemas confinados de produção como a base da expansão suinícola e onde são observadas as maiores produtividades (Oliveira, 1995).

O desenvolvimento da atividade segue a tendência das novas exigências dos mercados mundiais, que levam à especialização e concentração para a obtenção de maior produtividade. Os sistemas confinados de produção de suínos são responsáveis pelo aumento da escala de produção e diminuição do número de pessoas envolvidas, dispondo de um grande número de animais em pequenas áreas. Estas características exigem maior investimento e especialização por parte dos produtores.

A contribuição da suinocultura à economia brasileira pode ter reflexo em todo o país porque é praticada com maior ou menor intensidade em todos os Estados, embora a maior parte esteja concentrada na região Sul, Tabela 1, (ABIPECS, 2008).

A produção de suínos cresceu nos últimos três anos passando de 33.000 milhões de cabeças ao final de 2004, para 37.000 milhões de cabeças em 2007.

Também no período, os pesos médios de abate aumentaram ao redor de 5,0%. Ao contrário, a produção de subsistência (destinada ao consumo na propriedade rural, vendendo ocasionalmente os excedentes) manteve sua trajetória de redução (ABIEPCS, 2008).

TABELA 1 - Produção de suínos no Brasil (mil cabeças)

Estado	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008*
SC	7.744	7.163	7.071	7.348	8.421	8.670	8.832
RS	4.929	4.964	4.791	5.242	5.609	5.800	6.192
PR	5.400	5.174	4.587	4.781	5.009	5.084	5.166
MG	3.746	2.624	2.624	3.249	4.037	4.193	4.436
SP	2.344	2.109	2.109	2.128	2.236	2.207	2.182
GO	909	1.098	1.186	1.326	1.403	1.459	1.499
MT	760	924	976	1.262	1.359	1.416	1.408
MS	826	830	853	908	867	867	886
Outros	2.407	2.245	2.204	2.113	1.782	2.108	2.188
Total suinocultura industrial	29.064	27.132	26.402	28.357	30.724	31.806	32.789
T. suinocultura de subsistência	8.596	7.326	6.576	5.741	5.816	5.036	5.045
Total geral	37.660	34.458	32.978	34.098	36.540	36.842	37.834

* estimativa

Abiepcs e Embrapa - Levantamento Sistemático da Produção e Abate de Suínos (LSPS)

Fonte: <http://www.abiepcs.org.br/>

Com uma boa qualidade de produção, a carne de suínos no Brasil vem ganhando terreno no exterior, criando-se novos campos de trabalho e geração de renda com a abertura de exportações principalmente para Rússia, Hong Kong, Ucrânia, Cingapura, Argentina, Angola, Tabela 2, (ABIEPCS, 2008).

Os principais países importadores há mais de cinco anos são os mesmos, pois a dificuldade das autoridades sanitárias brasileiras em certificar a produção, continua a impedir a presença da carne suína brasileira em grande parte do mercado mundial. O que tem variado é a participação de cada um. Em 2007 não foi diferente. Exceto a diminuição da importância relativa do mercado russo e a significativa expansão das vendas para países do mercado asiático (ABIEPCS, 2008).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Suínos Abiepcs, 2007 fechou com crescimento líquido na produção industrial de

carne suína da ordem de 120 mil toneladas, com consumo per capita na faixa de 13,1 quilos, no melhor desempenho da história do setor.

TABELA 2 - Principais destinos da carne suína brasileira - jan a dez 2007.

Países	Ton	Participação	Países	US\$ Mil	Participação
Rússia	278.724	45,96	Rússia	667.528	54,23
Hong Kong	106.224	17,51	Hong Kong	169.100	13,74
Ucrânia	54.747	9,03	Ucrânia	93.854	7,62
Cingapura	31.914	5,26	Cingapura	68.893	5,60
Argentina	29.726	4,90	Argentina	55.204	4,48
Angola	16.882	2,78	Albânia	23.851	1,94
Albânia	13.794	2,27	Angola	22.068	1,79
Uruguai	11.533	1,90	Moldávia	21.818	1,77
Moldávia	10.383	1,71	Uruguai	19.416	1,58
Emir. Árabes Un.	6.973	1,15	Emir. Árabes Un.	12.597	1,02
Outros	45.613	7,52	Outros	76.640	6,23
Total	606.513	100,00	Total	1.230.968	100,00

Fonte: ABIPECS - <http://www.abipecs.org.br/>

Considerando que os maiores produtores, tanto os países da Comunidade Européia como os Estados Unidos enfrentam problemas ambientais nas regiões de concentração da suinocultura e vem diminuindo seus rebanhos nos últimos anos devido à incompatibilidade da produção com o meio ambiente e com as pressões populares, o Brasil pode expandir ainda mais e se tornar um grande produtor mundial de carne suína, porém, experiências como essas devem ser consideradas pelos segmentos da suinocultura brasileira para que esta possa continuar a se desenvolver.

1.1.1. Suinocultura no Rio Grande do Sul (RS)

Tradicionalmente a suinocultura gaúcha é desenvolvida em pequenas áreas, principalmente em sistema de produção intensiva, juntamente com a bovinocultura de leite e uma pequena produção de grãos. No período de 1995/96 cerca de 50% do rebanho suíno gaúcho estava distribuído em propriedades com até 20 ha e o restante em propriedades com até 50 ha (ACSURS, 2005).

Segundo dados da FEPAM (2007), a suinocultura gaúcha relaciona-se a fatores como: está localizada na pequena propriedade rural de economia familiar (mais de 80%); é importante fonte de geração de renda para a propriedade; é importante fonte de geração de trabalho e renda para a família e para terceiros; é fator de fortalecimento da agricultura, pois está relacionada à cadeia do milho e soja; gera demanda de insumos, ativando e fortalecendo as atividades do comércio; proporciona a modernização e fortalecimento da indústria e, contribui decisivamente para o fortalecimento da receita pública de várias dezenas de municípios do Estado.

O Rio Grande do Sul possui o segundo maior rebanho de suínos do país, com uma participação considerável no efetivo nacional com um rebanho de 5.800 animais (ABIPECS, 2008). A criação de suínos aparece normalmente associada à agroindústria, sendo uma das mais tradicionais cadeias produtivas do Estado.

O rebanho que está bem distribuído pelo território, com produção em todas as regiões do Estado, destacando-se as regiões do Vale do Taquari com 12,7%, Serra com 12,4%, Norte com 8,7% e Médio Alto Uruguai com 7,5% do rebanho estadual no período 2001 a 2003 (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2007).

A oportunidade de se instalar novas granjas apresentou pontos positivos como, a ocupação de mão-de-obra e o aumento da arrecadação local. No entanto, o destino do grande volume de dejetos produzidos não foi uma preocupação, pelo menos no primeiro momento. A rapidez com que esses empreendimentos foram implantados no Estado não permitiu que as administrações estadual e municipal pudessem se preparar para todas as mudanças que precisavam ser planejadas.

Para Palhares (2007) uma prática comum quando do estabelecimento da suinocultura nos estados do Sul, foi a de localizar as granjas próximas a corpos d'água, pois os rios serviriam como um carreador dos dejetos produzidos. Com isto, os problemas dos dejetos não seriam mais preocupação do gerador, mas sim de quem estava a jusante da unidade produtiva.

Ao longo dos anos, esta prática mostrou-se altamente prejudicial ao meio ambiente, principalmente, devido à urbanização do país e a necessidade de captação de água nestes rios para o abastecimento das cidades e, atualmente tem sido considerada pelos órgãos ambientais como um dos empreendimentos agropecuários de maior potencial poluidor e impacto ambiental.

1.1.2. Importância econômica da suinocultura

A análise de dados produtivos, econômicos e sociais da produção sulista e nacional é fundamental na análise ambiental, pois mostrarão como a cadeia está organizada; quais as perspectivas futuras de produtores, agroindústrias e consumidores; quais as tendências para os sistemas produtivos e níveis de intensificação; quem são os clientes presentes e potenciais, quais os mercados a serem conquistados; que tipo de mão-de-obra se dispõe e qual o seu nível de capacitação e; quais as áreas hidrográficas de concentração (Palhares, 2007).

Um exemplo da dinâmica do setor é o constatado por Girotto & Miele (2005), os autores destacam que nos últimos 30 anos a suinocultura brasileira se desenvolveu e modernizou-se rapidamente, alcançando elevados níveis de produtividade. Para se ter uma idéia, em 1970 eram produzidos em média cerca de 10 terminados/porca/ano, passando para os atuais 20 terminados/porca/ano em Santa Catarina. Além disso, o tempo de engorda também foi reduzido e a idade de abate caiu de mais de 180 dias para cerca de 150 dias de idade (Palhares, 2007).

Conforme este autor, a suinocultura destacou-se nas últimas décadas no agronegócio brasileiro por uma trajetória de incremento tecnológico expressivo, do manejo do rebanho e nutrição, até a sanidade e o melhoramento genético. Além disso, o sistema integrado que caracteriza essa atividade é um exemplo de organização, coordenação da produção e dos produtores envolvidos, introdução e uso de novas tecnologias e evolução da capacidade gerencial.

Comparando o consumo brasileiro per capita em 2003 que foi de 13 kg aos maiores consumidores mundiais, Dinamarca 76 kg e Espanha 67 kg, observa-se que o Brasil tem um grande potencial de expansão de consumo (Palhares, 2007).

Para o autor este fato é corroborado pela FAO e OMC, que visualizam que nos próximos anos o consumo de carne suína nos países em desenvolvimento terá um crescimento de 2,0% a.a, enquanto nos países desenvolvidos este será de 0,8% a.a. Considerando a melhora das condições de distribuição de renda e sociais em nosso país, pode-se inferir um aumento do consumo de carne suína. Estudos demonstram que devemos chegar a 2010 com um consumo per capita de 16,3 kg.

Este aumento do consumo apresenta várias vantagens para o Brasil que vão desde a melhoria da dieta de nossa população até a fixação do homem no campo. Mas este aumento de produção e consumo não pode ocorrer com degradação

ambiental. Deve-se expandir a suinocultura, de uma forma que esta expansão se perpetue no tempo, e não da forma como ocorreu nos países europeus, onde depois de anos de expansão sem considerar as questões ambientais, alguns países tiveram que diminuir drasticamente seus rebanhos e grandes empresas tiveram que buscar outros locais para produzir (Palhares, 2007).

A breve análise destes dados produtivos e econômicos demonstra a importância desta para o meio ambiente, pois ao se detectar as tendências, pode-se saber onde a suinocultura deve chegar, sendo que a análise ambiental irá dizer como chegar sem depreciações dos recursos naturais.

1.1.3. Produção e composição dos dejetos

A concentração da suinocultura em algumas áreas e a falta de manejo, armazenamento e tratamento adequado dos dejetos produzidos, vêm causando sérios danos ao ambiente natural, em especial aos recursos hídricos, afetados diretamente pelo poder poluidor dos dejetos suínos (Brasil, 2002). Isto se deve à composição físico-química de tais dejetos, ricos em determinados elementos químicos, como o fósforo (P), cuja concentração excessiva prejudica não só água e solo como o organismo dos seres vivos expostos a estes.

Pereira (2000) explica que a causa principal da poluição em rios e riachos é a liberação direta de resíduos sólidos e líquidos resultantes desta exploração, sem o devido tratamento, que reduzem o teor de oxigênio dissolvido na água, provocando a morte de peixes, a disseminação de patógenos (organismo causadores de doenças), mau cheiro e contaminação dos recursos hídricos com nutrientes (amônia, nitratos) e outros elementos tóxicos.

Um estudo realizado por Oliveira (1993) mostrou que as diferentes fases de produção dos suínos interferem nas quantidades absolutas de dejetos produzidos, sendo as porcas em lactação as que mais dejetos produzem, como é descrito na Tabela 3.

As características químicas e físicas dos dejetos estão diretamente relacionadas ao sistema de manejo adotado e à nutrição animal, sofrendo variações de concentração de acordo com a diluição à qual são submetidos e do sistema de armazenamento utilizado (EPAGRI, 1995). Da mesma forma, o consumo de água realizado dependerá do tipo de animais (fase de produção), da dieta alimentar e da

temperatura ambiente, enquanto o consumo de água para limpeza das instalações, dependerá, sobretudo, de aspectos relacionados com a própria construção dessas instalações.

TABELA 3 – Produção diária de dejetos de suínos nas diferentes fases de produção

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco + urina (kg/dia)	Dejetos líquidos (litros/dia)
Suínos (25 -100 kg)	2,30	4,90	7,00
Porcas gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas lactação + leitões	6,40	18,00	27,00
Cachaço	3,00	6,00	9,00
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Adaptado de oliveira (1993).

Os elevados teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) encontrados nos dejetos suínos atribuem a estes a característica de fertilizantes agrícolas, embora o uso para esta finalidade exija certas precauções (Brasil, 2002). O lançamento do dejetos em cursos d'água sem tratamento adequado, por sua vez, resulta em impactos negativos para o meio ambiente e para a saúde humana.

Sobre os impactos negativos dos dejetos Votto (1999) esclarece que o despejo *in natura* desse material nos corpos d'água ocasiona o aumento de nutrientes essenciais para o desenvolvimento de organismos aquáticos, processo este conhecido como eutrofização das águas. Como consequência desse processo ocorre à diminuição do oxigênio dissolvido (OD) representando uma perda da diversidade das espécies aquáticas pela morte dos peixes. Além disso, acentua as concentrações de nitrogênio, na forma de nitratos, e a acumulação de cobre (Cu) e zinco (Zn) podem ser prejudiciais à saúde.

Contudo, os coliformes fecais são os que se destacam entre os microorganismos como responsáveis pelo impacto resultante da poluição hídrica gerada pelos dejetos suínos. Os coliformes fecais funcionam como indicador da qualidade da água e aparecem juntamente com outros patógenos transmissores de doenças. Conforme salienta Perdomo (1998, pg. 223), “a capacidade poluidora dos dejetos de suínos, em termos comparativos, é muito superior à de outras espécies, a exemplo da humana”, isto somado ao fato de ser produzido em quantidade também

muito superior. A quantidade média de dejetos produzidos por um suíno é de 10 a 12 vezes maior que as dejeções produzidas pelo homem.

Diante deste quadro diversos estudos em escala piloto e real têm sido realizados em colaboração com universidades, como a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e, EMBRAPA Suínos e Aves. O foco dessas pesquisas está centrado no desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias que envolvem sistemas de separação de fases (peneiras e decantadores), esterqueiras e bioesterqueiras, compostagem, sistemas de lagoas e produção de suínos em cama sobreposta, na busca de soluções para os problemas ambientais associados à suinocultura.

1.2. O Ciclo hidrológico

Ao longo do tempo, a humanidade vem se defrontando com vários problemas globais, dentre eles os ambientais, que vem adquirindo especial importância, em função do aumento das demandas por causa do impacto do desenvolvimento industrial, crescimento demográfico e ocupação do solo de forma intensiva e acelerada e maior uso dos recursos naturais, imposto pelos padrões de conforto e bem-estar da vida moderna, com a conseqüente suscetibilidade de contaminação e aumento de risco de doenças de transmissão hídrica (Rebouças et al. 2002).

Conforme Votto (2003) o estudo das conseqüências ambientais de qualquer atividade humana deve contemplar a análise e a compreensão do processo gerador a fim de identificar, se possível, suas características próprias que possam fundamentar as propostas específicas de solução do problema. Nesse sentido, conhecer os processos que atuam no ciclo hidrológico torna-se de suma importância para o planejamento de ações que visem a diminuir os efeitos antrópicos sobre o meio hídrico.

Para Tucci et al. (1993, pg. 35), “(...) o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada de água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e a rotação terrestre.”

A água existente no planeta é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva, e está em constante movimento, fazendo parte dos seres vivos, dos rios, dos aquíferos, dos mares, das nuvens, etc. Este grande e constante movimento é denominado de ciclo hidrológico ou ciclo da água, constituindo um sistema fechado, pelo qual transita a água mobilizada pela energia solar, Figura 1.

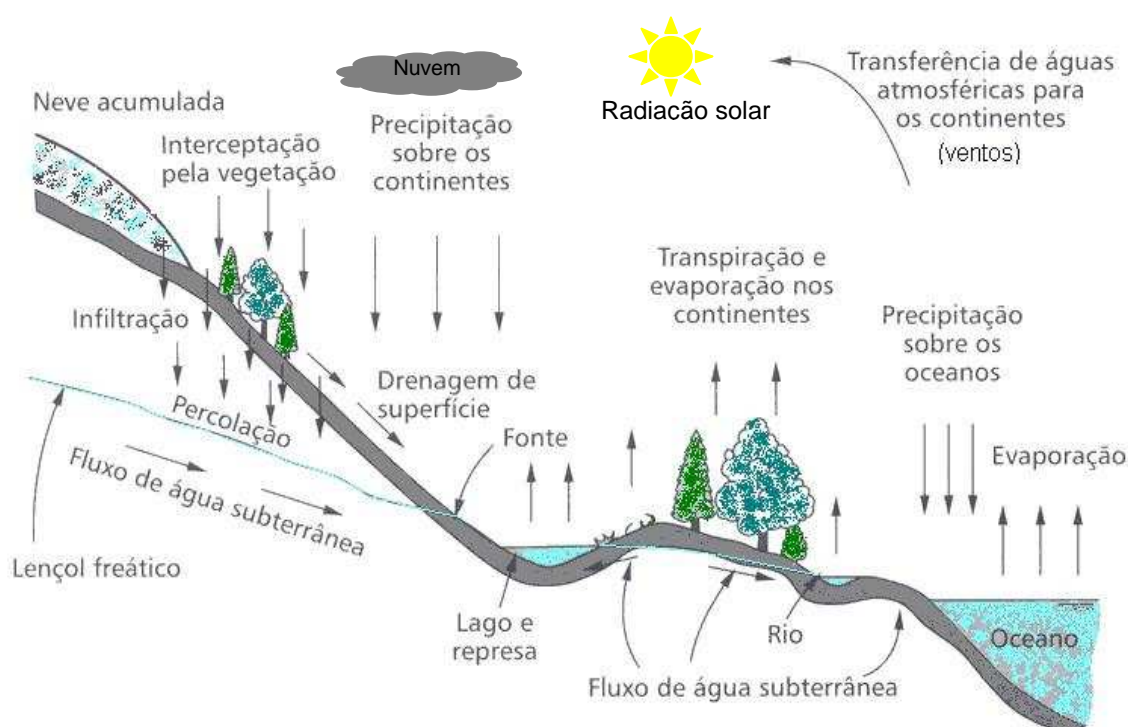


Figura 1 – Representação do ciclo hidrológico.
Fonte: Adaptado de TUNDISI, 2003.

Conforme Bigarella (2003), a energia solar, aquecendo de forma desigual a superfície terrestre no equador e nas regiões polares, origina o movimento das massas de ar e os ventos. Aumenta a temperatura dos mares e da terra, evaporando a água da superfície, bem como estimula o crescimento das plantas e provoca a transpiração de vapor de água através das folhas (evapotranspiração). A água evaporada eleva-se na atmosfera, umidificando o ar. Forma nuvens ou origina nevoeiros. Retorna à superfície sob forma de precipitação (chuva, neve, granizo, orvalho). A umidade presente na atmosfera desloca-se de uma região para outra pela ação dos ventos. A água contida nas nuvens representa a energia potencial.

A precipitação inclui toda a água que atinge o solo, seja na forma de chuva, neve, nevoeiro e granizo, ou aquela resultante da condensação do orvalho. Algumas precipitações atingem a rocha nua ou terrenos impermeáveis, correndo na superfície

em direção a canais de drenagem. Nas regiões úmidas, a maior parte das precipitações atinge a vegetação, sendo interceptada pelas folhas, ramos e caules. Parte dessa água de interceptação pode evaporar-se retornando diretamente à atmosfera.

Uma parte das águas da chuva pode cair das folhas diretamente no solo ou escorrer pelos troncos. Ao atingir a superfície terrestre a água da chuva pode escoar na superfície, em sub-superfície ou subterraneamente. O predomínio e a importância relativa desses tipos de escoamento dependem da combinação de diversos fatores, em especial das condições climáticas, das características morfométricas, das condições bióticas e edafológicas e das atividades antrópicas (Bigarella, 2003).

O escoamento superficial, conforme Popolizio (1975 apud BIGARELLA, 2003, pg. 890), “é aquele que ocorre livremente na superfície terrestre sobre uma película de água aderida ao solo, enquanto o sub-superficial acontece dentro da parte vazia do solo, entre os grãos, partículas e materiais semi-decompostos relativamente soltos.” Ainda, conforme Bigarella (2003), a água que não se infiltra na superfície do terreno continua a fluir vertente abaixo, até encontrar um solo mais permeável ou atingir um canal definido de drenagem, ou, eventualmente, um rio.

Tendo em vista que a água é a substância mais reciclável na natureza e faz parte essencial de todas as formas de vida dos reinos vegetal e animal, julgou-se necessária essa rápida discussão sobre o ciclo hidrológico e suas características funcionais e espaciais, já que a poluição hídrica por dejetos de suínos afeta negativamente algumas partes deste ciclo.

1.3. A qualidade dos recursos hídricos

A qualidade da água não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas as características químicas, físicas e biológicas que condicionam as suas diferentes finalidades de uso. Nesse caso, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), na sua resolução nº 357, de 17 de março de 2005, procurou estabelecer parâmetros aceitáveis para os diferentes usos da água. A classificação padroniza os corpos d'água e possibilita que se fixem metas para atingir níveis de indicadores consistentes com a classificação desejada (Merten & Minella, 2002). Entre os

indicadores de qualidade de água utilizados pelo CONAMA e pelo Ministério da Saúde do Brasil, destacam-se aqueles que são prejudiciais à manutenção da vida, como o nitrogênio, o fósforo, e coliformes.

Conforme esta resolução, as águas da classe especial são aquelas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção, à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; as águas de classe 1 são destinadas ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção. As águas de classe 2 são águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho). Já as águas de classe 3 são aquelas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e a dessedentação de animais. E as águas de classe 4 são águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística e ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes.

A importância dessa resolução para o presente propósito é que ela permite estabelecer uma comparação entre a classe atual, obtida pela avaliação da qualidade da água, e sua meta de qualidade, definida de acordo com o seu enquadramento.

No caso das atividades agropecuárias, a poluição dos recursos naturais é, de forma geral, não pontual, dificultando a identificação dos causadores dos danos. Segundo Barriuso et al. (1996), o processo principal de poluição é desencadeado pela movimentação da água da chuva sobre a superfície e na sub-superfície do solo, que conduz os poluentes para as águas superficiais e subterrâneas.

A crescente tendência para a adoção de sistemas confinados de produção de animais, seguindo a própria tendência mundial de maior produtividade tem gerado quantidades cada vez maiores de dejetos. No caso da criação de suínos, o destino das quantidades excedentes de dejetos representa o ponto crítico do sistema produtivo. Para aumentar a produção, eleva-se a quantidade de animais criados numa mesma instalação o que, por sua vez, aumenta a quantidade de dejetos produzidos.

A inadequação dos sistemas de armazenamento e manejo associados a práticas de lançamento voluntário do esterco nos corpos d'água resulta na poluição dos recursos hídricos. Não obstante à parcela de contribuição exercida por outras atividades, produtiva e não produtivas, para o atual cenário de poluição das águas da microbacia, a suinocultura se destaca pela quantidade e nível de concentração dos animais.

Quantidades excessivas de dejetos, uso abusivo de água e subdimensionamento de esterqueiras, são características marcantes das instalações encontradas em praticamente todas as propriedades. Somam-se a estes aspectos a utilização de dejetos como adubo orgânico, em áreas impróprias e a própria atitude do produtor. O lançamento de dejetos diretamente nos rios é opção freqüente dos produtores, como solução para o problema de saturação das esterqueiras. Matéria orgânica, bactérias fecais, nutrientes e sedimentos podem ser apontados, conforme observa Perdomo (1998), como os principais componentes dos estercos que geram impacto nas águas superficiais. Nesse caso, além de causarem eutrofização, podem provocar eliminação de oxigênio, morte de peixes e plantas, escurecimento das águas e cheiro desagradável. Além disso, incrementam também o nível de sólidos suspensos e alteram a coloração da água. A mudança, neste último aspecto, pode ocorrer em razão da presença do próprio resíduo sólido ou pelo estímulo à produção de algas. Os impactos que esses contaminantes provocam nos recursos aquáticos estão relacionados com a quantidade e o tipo de cada poluente que entra no sistema e com as características do corpo receptor.

Os potenciais poluentes da água derivados da atividade pecuária podem ser classificados como: a) nutrientes (N, P, K, Cu e Zn); b) materiais que demandam oxigênio; c) bactérias que indicam potencial presença de patógenos (coliformes fecais e totais); d) sedimentos, materiais suspensos ou dissolvidos; e) agroquímicos e outros materiais orgânicos ou inorgânicos, Jackson (1998).

Percebe-se com isto que a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos atua como fator determinante no processo de desenvolvimento econômico e social de uma comunidade. Atender a esta demanda constitui um dos maiores desafios do homem na atualidade devido principalmente, ao comprometimento de sua qualidade.

1.3.1. Caracterização das águas

A água pura, praticamente, não existe na Natureza. De um modo geral, ela contém impurezas, as quais podem estar presentes em maior ou menor quantidade, dependendo da sua procedência e dos usos que se faz da mesma. Alguns compostos químicos são, inclusive, indispensáveis à água destinada ao consumo humano, sendo de grande importância fisiológica. Por outro lado, outras utilizações da água, tais como a irrigação, a preservação da fauna e flora ou uso pastoril, por exemplo, necessitam que a mesma contenha alguns constituintes indispensáveis àqueles usos. No entanto, as impurezas presentes na água podem alcançar valores elevados, causando malefícios ao homem e ao meio ambiente, prejudicando os seus usos. Assim, estas impurezas precisam ser limitadas em função dos fins a que se destinam.

1.3.2. Parâmetros de Qualidade de Água

A ocupação e uso do solo pelas atividades agropecuárias alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. Estas alterações ocorridas em uma microbacia hidrográfica podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade da água. Este monitoramento consiste na coleta de informações em locais fixos e em intervalos regulares para a obtenção de dados que permitam o conhecimento das condições atuais e da evolução.

Por meio do ciclo hidrológico, as chuvas precipitadas sobre as vertentes irão formar o deflúvio (escoamento) superficial que irá carrear sedimentos e poluentes para a rede de drenagem. Desta forma, o rio é um integralizador dos fenômenos ocorrentes nas vertentes da bacia, que pode ser avaliado pelos parâmetros de qualidade da água (Merten & Minella, 2002).

A seguir são apresentados alguns dos parâmetros físicos, químicos e biológicos que foram utilizados na caracterização das águas superficiais da MBH do Arroio Caldeirão localizada no Município de Palmitinho, noroeste do estado do Rio grande do Sul.

1.3.2.1. OD

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O_2), é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de O_2 para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos (Esteves, 1998).

A quantidade de oxigênio presente na água em condições normais depende da temperatura, da quantidade de sais presentes e da pressão atmosférica. A solubilidade dos gases aumenta com a diminuição da temperatura e aumento da salinidade. Portanto, águas mais frias retêm maior quantidade de oxigênio e águas salinas contêm menos oxigênio. A pressão relativa do ar e o grau de saturação do oxigênio alteram com a altitude, sendo que o oxigênio contido na água diminui com o aumento da altitude devido ao decréscimo da pressão relativa (Esteves, 1998).

Os níveis de OD têm variações sazonais e em períodos de 24h. A determinação da concentração de OD é de importância fundamental na avaliação da qualidade das águas, uma vez que o oxigênio está envolvido praticamente em todos os processos químicos e biológicos.

A descarga em excesso de material orgânico na água pode resultar no esgotamento de oxigênio do sistema. Exposições prolongadas a concentrações abaixo de $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ podem não matar alguns organismos presentes, mas aumenta a susceptibilidade ao estresse. Exposição abaixo de $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ pode levar à morte a maioria dos organismos (Esteves, 1998).

1.3.2.2. Temperatura

A temperatura varia nos diferentes corpos de água em função de flutuações sazonais, sendo influenciada pela latitude, altitude, época do ano, hora do dia, e profundidade. Essas variações acontecem de forma gradual, uma vez que, a água pode absorver ou mesmo perder calor sem alterações significativas (Branco, 1986).

Ainda segundo este autor, ela é um fator determinante no direcionamento das reações que afetam os processos químicos, físicos e biológicos. O aumento de temperatura pode provocar o aumento de reações químicas, favorecendo processos

de evaporação e volatilização das substâncias presentes na água. Por outro lado, a variação de temperatura também afeta o conteúdo de OD na água (OD é menor em temperaturas maiores), pH, e os processos metabólicos dos organismos aquáticos, ou seja, a temperatura da água exerce influência direta sobre vários tipos de organismos aquáticos e sobre o teor de gases dissolvidos na água, principalmente OD e gás carbônico.

1.3.2.3. pH

O termo pH (potencial hidrogeniônico) é usado para expressar a intensidade da condição ácida ou básica de uma solução e é uma maneira de expressar a concentração do íon hidrogênio (Sawyer et al. 1994). As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água uma vez que, o pH influencia muitos processos químicos e biológicos, sendo um importante parâmetro ambiental.

Nas águas naturais às variações destes parâmetros são ocasionados geralmente pelo consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO_2), realizados pelos organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração/fermentação de todos os organismos presentes na massa de água, produzindo ácidos orgânicos fracos (Branco, 1986).

O pH da água é controlado pelo equilíbrio na concentração de compostos dissolvidos. Por exemplo, em águas naturais, o equilíbrio (pH 7) depende da presença de íons carbonatos, como o dióxido de carbono (CO_2), ácido carbônico (H_2CO_3), carbonatos e bicarbonatos (HCO_3^-), (EPA, 1986) e outros componentes naturais como os ácidos húmicos e fúlvicos resultantes da degradação da matéria orgânica.

Às águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9. Às vezes são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre. Em lagoas com grande população de algas, nos dias ensolarados, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou até mais. Isso porque as algas, ao realizarem fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais (Esteves, 1998).

1.3.2.4. Condutividade elétrica (CE)

A condutividade de uma solução é a capacidade em conduzir corrente elétrica, em função da concentração iônica, principalmente através de conteúdos de nutrientes como cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato e cloreto (Esteves, 1998). Depende também da temperatura e por isso essas medidas devem estar sempre associadas.

Cada corpo de água tende a ter um grau relativamente constante de condutividade que, uma vez estabelecido, pode ser usado para comparação com medidas regulares, do mesmo ponto, de condutividade. Mudanças significativas podem ser indicadores de que processos de poluição estão ocorrendo com a descarga de material na água. Altos índices de condutividade são ocasionados por meio de fontes não pontuais como efluentes de áreas residenciais/urbanas, águas de drenagem de sistemas de irrigação e escoamento superficial de áreas agrícolas, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, onde a evapotranspiração excessiva causa o acúmulo de sais (Conte & Leopoldo, 2001).

1.3.2.5. Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

O STD é a medida da concentração de todos os cátions, ânions e os sais resultantes da combinação de cátions e ânions que se encontram dissolvidos na água e materiais em suspensão. Para Silva & Oliveira (2001) nas águas os STD correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação e secagem da amostra a uma temperatura entre 103 e 105°C durante um tempo fixado. Assim, o monitoramento regular de sólidos totais é uma ferramenta útil que pode ser usada para detectar tendências de aumento de erosão em bacias hidrográficas.

As medidas de sólidos totais dissolvidos podem ser extraídas empiricamente a partir da determinação da condutividade elétrica da água. Para obtenção deste valor deve-se multiplicar o valor encontrado em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ por um fator entre 0,55 a 0,9, dependendo da temperatura e do material constituinte da água analisada (Silva & Oliveira, 2001).

1.3.2.6. Turbidez

A turbidez é um critério primário a ser observado para avaliar a potabilidade da água e determinar a aceitabilidade visual das águas residuárias (Zucarri, 1992). A turbidez é a condição de um corpo d'água causada pela presença de material em suspensão finamente dividido e depende, basicamente, do tamanho e da forma das partículas que variam entre 0,1 e 10 μm Clark et al. (1981, apud ZUCCARI, 1992).

A avaliação da turbidez da água é resultante da medida da dispersão e absorção da luz incidente no material em suspensão. Não é uma medida da concentração dos sólidos suspensos ou o grau de sedimentação das águas uma vez que mede apenas a quantidade de luz que é dispersa pelas partículas em suspensão.

As águas claras de cabeceiras de rios normalmente tem turbidez em torno de 1 UNT, ao passo que em rios de grande envergadura a turbidez está em torno de 10 UNTs. Estes valores podem subir para a escala de centenas de UNTs durante eventos de escoamento superficial. O material particulado e demais produtos agregados chegam aos corpos de água carregados pelo escoamento superficial das áreas de entorno. A forma de uso destas áreas ou o tipo de atividade nelas exercidas definirá o nível de desequilíbrio do ambiente aquático. A turbidez é uma variável extremamente importante em monitoramento de microbacias hidrográficas atuando como indicador de programas de manejo e conservação de solos (Conte & Leopoldo, 2001).

1.3.2.7. Cor

A cor resulta da existência na água de substâncias em solução. Esta característica é acentuada quando da presença, na água, de matéria orgânica, de minerais como o ferro e o manganês.

1.3.2.8. Fósforo

O fósforo é um nutriente indispensável para todas as formas de vida. É raramente encontrado em sua forma elementar (P), mas, existindo como parte da molécula de fosfato (PO_4^{-3}), oriundo de rochas ígneas, sedimentares e

metamórficas. Em sistemas aquáticos, o fósforo está presente como fosfato orgânico e fosfato inorgânico. Está distribuído principalmente como ortofosfatos dissolvidos e fosfatos organicamente ligados. Apesar de a principal forma ser a dissolvida, mudanças entre as duas formas ocorrem devido à decomposição e síntese da forma orgânica e da forma inorgânica oxidada. É um nutriente limitante que controla o crescimento de algas indicando que se todo o fósforo for utilizado, o crescimento de plantas cessará independente da quantidade de nitrogênio presente (Esteves, 1998).

Em águas naturais que não foram submetidas a processos de poluição, a quantidade de fósforo varia de $0,005 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a $0,020 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Em corpos de água confinados e com altos teores de sais, o teor de fósforo pode chegar a $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Geralmente, concentrações na faixa de $0,01 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de fosfato são suficientes para manutenção do fitoplâncton, e concentrações na faixa de $0,03$ a $0,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (ou maiores), já são suficientes para disparar o seu crescimento desenfreado (USEPA, 1996).

Crítérios de qualidade de água adotados pela agência americana de proteção ambiental (EPA) estabelecem limites de fósforo nas águas que abastecem lagos e represas. Para rios e riachos, os níveis de fósforo não devem exceder $0,25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Águas comunicantes entre represas e lagos tem seu limite estabelecido em $0,25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e em rios que não despejam suas águas em lagos ou represas, o limite é de $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (USEPA, 1996). A resolução CONAMA estabelece o limite de $0,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para águas de classe 1 - ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários, e $0,15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para águas de classe 3 - ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários.

O Fósforo contido nos esterco difunde-se mais rapidamente no solo que o contido nos fertilizantes comerciais, pois a matéria orgânica do esterco favorece a solubilização dos fosfatos, ocorrendo principalmente, em solos altamente arenosos (Oliveira, 1993). Aproximadamente $2/3$ do Fósforo presente no esterco líquido de suínos estão numa forma não solúvel em água, que constituem parte de estruturas orgânicas, propiciando um efeito residual (Barcellos, 1992).

Aplicações sucessivas de esterco podem causar acúmulo de P no solo, conforme observou Pratt (1979). Sua maior presença na camada superficial do solo é indesejável, pois favorece as perdas por escoamento superficial, cuja movimentação no perfil do solo pode causar eutrofização da água (Giusquiani et al. 1998).

1.3.2.9. Nitrato

A contaminação da água por nitrato tem se tornado um sério problema ambiental e de saúde pública, visto que as áreas agrícolas possuem diferentes graus de exploração e potencial de poluição do lençol freático, dependendo do tipo de solo, relevo, geologia, clima e principalmente das práticas agrícolas adotadas em cada região. O nitrato quando atinge níveis acima de $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (N-NO_3^-) na água de consumo pode trazer graves problemas à saúde humana Fewtrele; Addiscott & Benjamim (2004 apud KAISER, 2006 pg. 27).

Apesar de serem nutrientes essenciais para as plantas, podem, em excesso, causar problemas significativos na água, isto é, juntamente com o P, podem acelerar a eutrofização dos lagos e rios (Branco, 1986; Esteves, 1998).

Conforme Kaiser (2007, pg. 16) a contaminação da água é lenta e gradual e, dessa forma, não chama a atenção da população. No entanto, quando altas concentrações são atingidas em corpos de água superficiais, é comum o aparecimento e crescimento de algas, o que reduz o nível de oxigênio e, muitas vezes, ocasiona a morte de peixes, processo esse conhecido por eutroficação.

De acordo com Barcellos (1992), a quantidade natural de nitrato e amônia em águas superficiais é baixa ($< 1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Concentrações acima de $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ NO_3^- normalmente indicam poluição por fertilizantes usados na agricultura, ou dejetos humanos e animais. Devido a sua grande capacidade de lixiviação, é comumente encontrado em águas subterrâneas, em áreas de uso intenso de fertilizantes químicos ou dejetos animais a concentração de nitrato é significativa, podendo em alguns casos atingir níveis próximo a $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de NO_3^- .

Hatfield (1998 apud BASSO, 2003) salienta que, a lixiviação de nitrato através do perfil do solo e o transporte do fósforo via escoamento superficial, são colocados na literatura internacional como os dois principais problemas de impacto ambiental sobre a qualidade da água em locais que desenvolvem a criação de animais.

1.3.2.10. Cobre e Zinco

Segundo Scherer & Baldissera (1994), dentre os metais pesados, o cobre e o zinco apresentam maior perigo, pois são importantes componentes do suplemento mineral de rações e de formulações de antibióticos para a suinocultura.

Para Wruck (1997), o cobre tem sido muito usado como suplemento mineral, em concentrações elevadas, na ração de aves e suínos. O perigo de poluição pelo cobre adicionado no solo por resíduos orgânicos depende, provavelmente, de suas transformações químicas para tornar-se mais ou menos móvel e biodisponível.

O mesmo autor comenta que o cobre encontrado nos dejetos de suínos está na forma solúvel, mas a cinética do processo de decomposição e as reações inorgânicas, com adsorção e precipitação, determinam mudanças nas formas químicas aplicadas no solo, bem como a sua mobilidade.

1.3.2.11. Sódio

O sódio é um importante parâmetro de qualidade de água que indica a permeabilidade do solo. A adsorção dos íons de sódio às partículas do solo leva à dispersão coloidal, com o conseqüente bloqueio dos poros do solo. Além do sódio, outros íons carregados positivamente, como o cálcio, o magnésio e o potássio, aderem-se à superfície carregada negativamente dos colóides (partículas de fração argila).

Uma partícula saturada com íons de sódio adsorvidos forma uma atmosfera iônica relativamente grande, com tendência a dispersar-se no solo, que podem ser transportadas, através do perfil do solo, e acumular-se abaixo de sua superfície, desenvolvendo aí uma camada densa e de baixa permeabilidade. Outro efeito do sódio é sua toxicidade sobre as plantas: altas concentrações desse íon, quando absorvidas pelas plantas se acumulam nas folhas provocando queimaduras e necroses nas suas bordas (Ayers & Westcot, 1991).

1.3.2.12. Cálcio

O cálcio pode estar envolvido em uma série de reações químicas, incluindo troca iônica, precipitação e fixação, mas sua função ainda não está bem definida (Paganini, 1997). Eles também interagem com o magnésio e o potássio em altas concentrações, podendo ocasionar a deficiência de ambos nas plantas (Dias & Álvarez, 1996). Por isso, é importante conhecer a concentração de cálcio na água em relação sódio para avaliar a qualidade da água para irrigação.

1.3.2.13. Magnésio

O magnésio tem uma ação ativadora sobre enzimas do sistema vegetativo das plantas tem um papel importante na atividade fotossintética porque ele forma parte essencial do núcleo da molécula da clorofila "a" (Malavolta, 1981). Entretanto, de acordo com Ayers & Westcot (1991), a produtividade das culturas parece ser menor nos solos com altos teores de magnésio, ou quando são irrigados com águas que contêm altos níveis deste elemento, mesmo quando a infiltração é adequada. Isto se deve possivelmente à deficiência de cálcio induzida por excesso de magnésio trocável no solo.

1.3.2.14. Potássio

O potássio pode deslocar o sódio pela capacidade de troca catiônica do solo. Muitos minerais, em meio argiloso, têm grande capacidade de fixar o potássio por substituição isomórfica. Esse fenômeno é importante ao longo do tempo, com a incorporação do potássio na formação de minerais secundários (Paganini, 1997). O potássio é também um nutriente importante no desenvolvimento das plantas por agir na ativação de diversas enzimas e também ajuda na formação de raízes e tubérculos dentre outros efeitos benéficos (Dias & Alvarez, 1996).

1.3.3. Indicadores Biológicos

Os parâmetros biológicos são fundamentais para definir a qualidade sanitária de uma água, de um solo, de uma cultura ou outro elemento. As bactérias do grupo coliforme vêm sendo utilizadas como indicadores de poluição fecal desde o início do século XX (Feachem et al. 1983). O grupo constitui-se de espécies comensais (não patogênicas) presentes no intestino do homem e de animais de sangue quente e são eliminadas nas fezes em números elevados: 10⁶-10⁹ gramas de fezes, em águas onde há contaminação fecal, é provável que bactérias patogênicas estejam presentes (Ceballos, 1998).

Para a quantificação e qualificação microbiológica o indicador de poluição fecal mais empregado é o grupo dos coliformes. O uso da bactéria coliforme fecal para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria

coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera (Soares & Maia, 1999; Bastos et al. 2000).

O monitoramento da presença de bactérias patogênicas é um componente essencial no controle da qualidade de água, quando o uso, direta ou indiretamente, leva ao consumo humano. Tais usos incluem água para consumo, higiene pessoal, recreacional, irrigação de alimentos vegetais, lavagem e processamento destes alimentos.

1.4. Legislação ambiental para empreendimentos suinícolas

A falta de informação e de fiscalização, comuns desde o princípio da colonização brasileira, inclusive nos estados do Sul, como Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, levaram a uma exploração inadequada das terras (Assis, 2006). A desinformação fez com que pocilgas fossem construídas próximas aos cursos d'água, destino certo de todos os efluentes produzidos pela criação de aves e animais. Essa mesma desinformação, passada, no mais das vezes, como "herança" ao longo das gerações torna difícil convencer o agricultor ou o pecuarista, que o tratamento e destino final dos efluentes produzidos dentro de sua propriedade são de sua exclusiva responsabilidade. No caso específico da suinocultura, o problema é muito mais grave devido ao grande potencial poluidor dessa atividade.

Ambientalistas advertem, há muitos anos, sobre o perigo do desabastecimento de água potável nas próximas décadas. Tal escassez não será resultado de um volume extraordinariamente pequeno de água doce no planeta, mas sim devido ao uso errado e indiscriminado da água e ao processo cada vez mais intenso de poluição desta, como resultado das ações poluidoras da espécie humana.

Na década de 60, o conteúdo da lei de proteção da fauna (Lei n. 5.197/67) - modificada posteriormente pela Lei n. 7.653/88 - previa, em seu artigo 27, segundo parágrafo, a pena de reclusão de 2 a 5 anos a quem causasse "pelo uso direto ou

indireto de agrotóxicos ou de qualquer outra substância química, o perecimento de espécimes da fauna ictiológica existente em rios, lagos, açudes, lagoas, baías ou mar territorial brasileiro."

Foi a Constituição Federal de 1988 que atacou mais fortemente o problema ao englobar as práticas poluidoras como "atentado ao meio-ambiente". Assim a CF de 88 dispõe, em seu art. 225 que "...Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações."

A realidade encontrada na maior parte das propriedades suinícolas do país é bem diversa. Não é raro encontrar pocilgas construídas diretamente sobre açudes de criação de peixes ou com canaletas conduzindo os dejetos diretamente a estes (Assis, 2006). Argumentam alguns produtores, que o risco de poluição fica afastado porque os peixes consomem toda a matéria orgânica lançada nos criadouros. Esquecem, contudo, que os parasitas presentes nas fezes dos suínos podem contaminar os peixes, os quais podem contaminar os humanos ao serem consumidos por estes.

Além disso, nem todos os dejetos são consumidos pelos peixes, acabando por depositar-se no fundo dos açudes, podendo contaminar os cursos d'água quando a água represada é despejada para fora do açude, carreando consigo parte do lodo e dos demais resíduos presentes no fundo dos açudes ou mesmo ao lençol freático. Este tipo de conduta é passível de incursão nas penas da lei. Entretanto, a falta de fiscalização pelos órgãos estatais (somada a inegáveis casos de corrupção) tem tornado tais dispositivos legais ineficazes.

Como cita o artigo 54 da Lei n. 9605/95, em seu segundo parágrafo, inciso VI, "O despejo, lançamento ou disposição de excrementos de suíno *in natura* em cursos de água ou mananciais receptores configura, em tese, o crime de poluição hídrica...". Felizmente, em determinadas regiões suinocultoras, a situação está mudando e as autoridades estão tomando medidas drásticas para preservar os recursos hídricos da mesma. Conforme Stegmamn (1997, pg. 46):

O tratamento adequado dos dejetos que se acumulam diariamente nas pocilgas ajuda a conservar os recursos naturais da propriedade e eventualmente contribui para reduzir despesas com o criatório. Mas não é apenas isso. Pode significar o elo de permanência do suinocultor nessa

atividade, pois os resíduos produzidos pelos suínos, dependendo de como forem tratados, transformam-se em fonte de riqueza ou de problemas.

Os fundamentos legais da atividade suinícola no Rio Grande do Sul baseiam-se em leis e decretos federais e estaduais, resoluções CONAMA, portarias, resoluções e normas da secretaria Estadual do meio Ambiente (SEMA) e como esta atividade é considerada como poluidora e/ou modificadora do Meio Ambiente, se torna uma atividade onde é necessário o licenciamento ambiental tendo por objetivo promover a conservação da qualidade dos recursos naturais não os afetando de forma degradatória. Segundo dados da FEPAM (2007), a legislação que fundamenta o licenciamento de suinocultura é basicamente a Lei Federal 6938/81 no artigo 10º. Além desta Lei há a Resolução do CONAMA 237/97 nos artigos 1º, 2º, 5º, 10º, 11º, 12º, 14º, 15º, 16º, 18º, 19º e o Anexo I - Atividades Agropecuárias. Também se registra a Lei Estadual 11520/00 nos artigos 55 a 85 e a Resolução do Consema (Conselho Estadual do Meio Ambiente) 05/98 com o Anexo I - Atividades Agropecuárias. Também a Resolução CONSEMA 04/00 é usada. Além disto, se considera: o Código Florestal (4771/65), no tocante a questões de localização em Áreas de Preservação Permanente (APPs); a lei federal 9985/00 e o decreto estadual 256/92 no tocante à proximidade de áreas de conservação. Outros textos legais a que o setor da suinocultura está relacionado são a lei dos crimes ambientais (9605/98) e o decreto 3179/99.

Quanto ao processo de licenciamento da produção ele é demorado e bastante oneroso. Inicialmente o licenciamento ambiental prevê que haja uma classificação e uma caracterização do empreendimento, quanto a seu sistema de produção e porte, avaliando o número de animais e/ou matrizes (ciclo completo, produção de leitões e produção de terminado). Para se adquirir esse licenciamento, deve-se existir todo um processo sistemático com a obtenção de documentações como a licença previa (LP), de instalação (LI) e de operação (LO), sendo também necessária à regularização dos empreendimentos já implantados (FEPAM, 2007). Este procedimento administrativo torna-se uma medida eficaz de prevenção contra os males de atividades ou obras que possam vir a causar danos ao meio ambiente.

As resoluções dos órgãos ambientais dos estados produtores basearam-se no Código Florestal e suas modificações, e introduziram outras limitações de ordem física como distâncias de habitações, de vizinhos e de estradas.

As questões que envolvem a propriedade são reguladas pelo Código Florestal Brasileiro (Lei 7.803, de 18/7/89 que altera a redação da lei 4.711/65), e dizem respeito às distâncias em que, devem estar situadas as unidades produtivas, das reservas legais e dos rios e outras coleções hídricas, Figura 2.

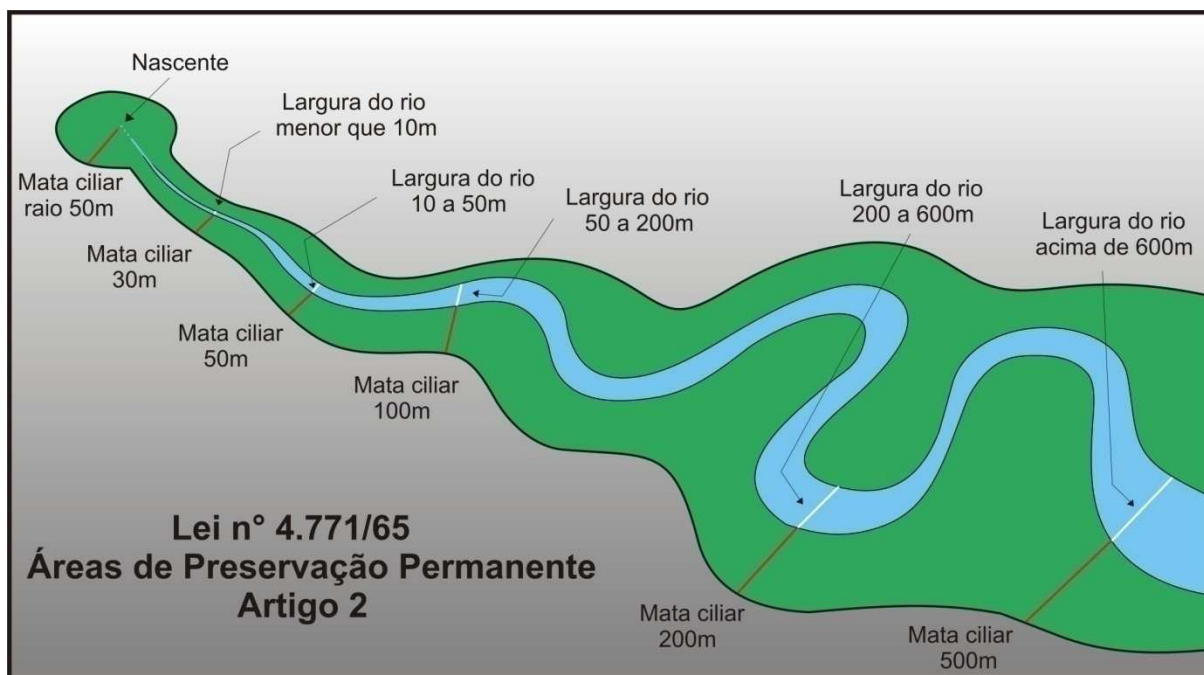


Figura 2 – Representação das áreas de preservação permanente de acordo com o código florestal de 1965, Lei nº 4.771. Fonte: IAP, 2004.

Quanto à localização das instalações, o código florestal considera de preservação a vegetação defensiva, nas faixas marginais dos cursos d'água. A localização das instalações deve obedecer ao limite de 30 metros, no mínimo, para águas correntes e de 50 metros para lagoas e lagos. No seu Art. 2º a Lei estabelece a faixa marginal de preservação permanente ao longo dos rios, lagos e nascentes, conforme segue:

- a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:
 - 1) de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - 2) de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 - 3) de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham 50 (cinquenta) metros a 200 (duzentos) metros de largura;
 - 4) de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros;
 - 5) de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água, naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) nas encostas ou partes destas com declividade superior a 45° equivalente a 100% na linha de maior declive;

Assim, existência de leis específicas que regulem a emissão de poluentes pela prática da suinocultura, bem como o posicionamento de determinadas esferas judiciárias (como Rio Grande do Sul), trazem a esperança de que a conservação da integridade dos mananciais d'água para as gerações futuras não seja apenas uma ilusão. Espera-se, contudo, que novas medidas sejam tomadas (inclusive uma maior conscientização dos suinocultores acerca do problema) para manter o meio ambiente saudável.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo encontra-se descrita a metodologia eleita para a pesquisa, a natureza desta e os instrumentos utilizados na coleta de dados, além de análises das características do grupo selecionado para a pesquisa de campo e do objeto de estudo (MBH Arroio Caldeirão).

2.1. Caracterização da MBH do Arroio Caldeirão

A MBH do Arroio Caldeirão situa-se no município de Palmitinho, noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Seus limites se encontram entre as coordenadas UTM 236000 e 246000 E e 6974000 e 6980000 S (Figura 3).

Conforme a classificação de Köppen (1948) o clima corresponde ao subtropical temperado úmido, com estações bem definidas, principalmente entre inverno e verão, nevoeiros freqüentes, índices médios anuais de precipitação pluviométrica de até 1900 mm e temperaturas com variação entre 6,6 e 37,4°C, em média anual. Faz parte da formação denominada Planalto Meridional Brasileiro pertencente à Bacia do Paraná. Domínio de rochas extrusivas básicas com relevo forte ondulado.

Esta MBH apresenta superfícies irregulares e cotas altimétricas que variam entre 180 a 513m. A área total é de aproximadamente 1.336 ha sendo recortada por uma rede de pequenos cursos d'água que são tributários do Arroio Caldeirão, o qual é afluente do Rio Guarita, um dos principais rios da região.

A área da MBH do Arroio Caldeirão é subdividida em 90 propriedades as quais possuem como principais culturas agrícolas o milho e o fumo. Na agropecuária se destacam a produção de leite e a criação intensiva de suínos. Nesta microbacia, foram identificadas dezesseis granjas sendo doze classificadas como unidades de

terminação (UT), com capacidade para 5.350 animais, e quatro, como unidades de produção de leitões (UPL), com capacidade para 325 matrizes.

Segundo dados da secretaria de agricultura do Município de Palmitinho, este possuía em 2007 33.000 suínos em unidades de terminação UTs e 11.000 em unidades de produção de leitões UPL.

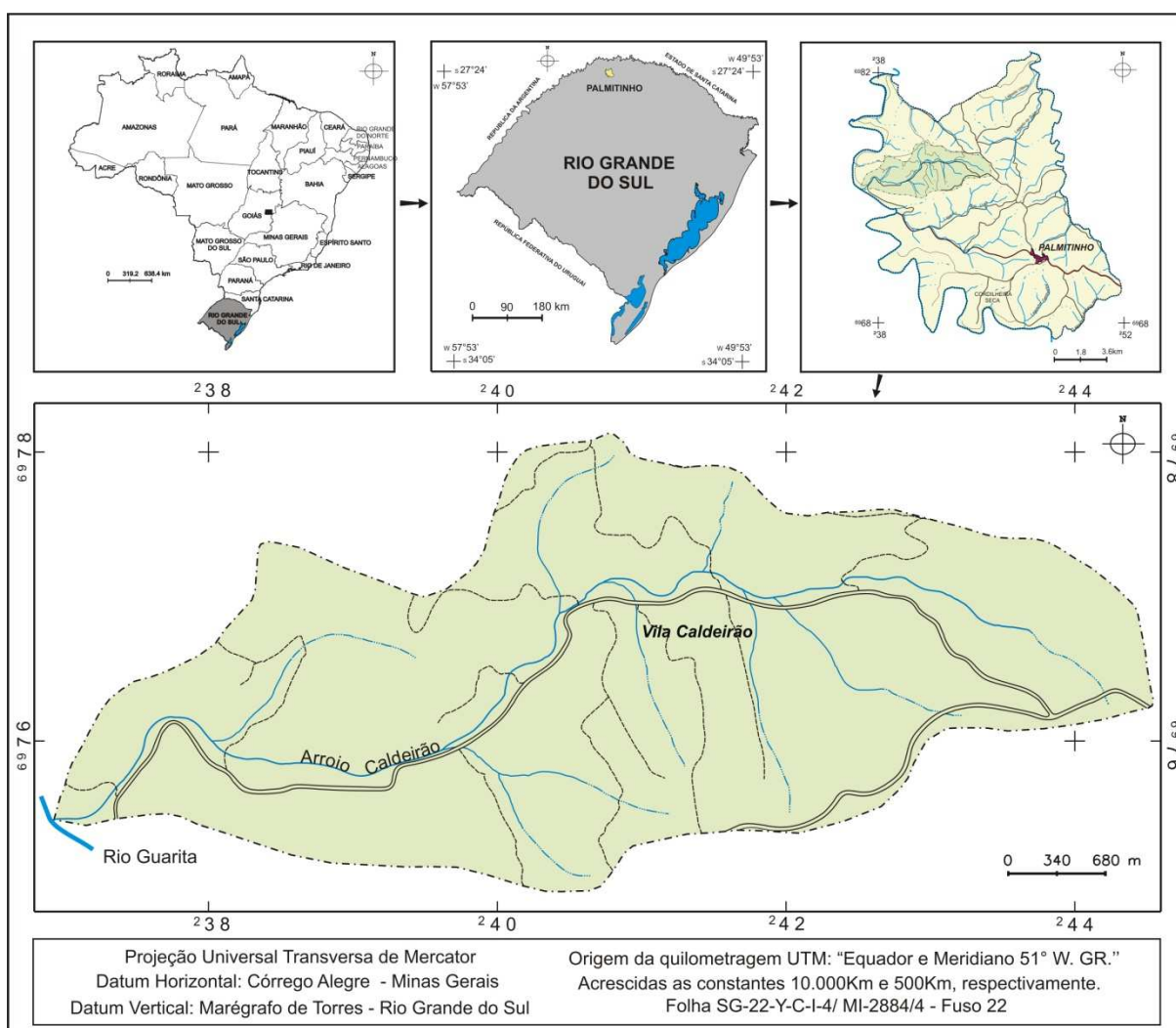


Figura 3 - Mapa de localização da MBH do Arroio Caldeirão, Palmitinho, noroeste RS.
 Elaboração: CAPOANE, 2008.

2.2. Procedimentos Metodológicos

Para a consecução deste trabalho foram empregadas técnicas de pesquisa de campo e bibliográfico-documental. A pesquisa bibliográfica focalizou as atenções sobre livros, revistas e manuais que abordassem a questão da degradação do meio ambiente, principalmente da contaminação dos recursos hídricos e, documentos

legais como leis e resoluções. Ao mesmo tempo, iniciaram-se os trabalhos a campo par a tomada de dados para a atualização das estradas vicinais, localização das granjas suinícolas bem como a sistematização das coletas de água no arroio principal e nos tributários.

2.3. Procedimentos Técnicos

Para subsidiar a pesquisa tecnicamente foi necessário utilizar várias ferramentas cartográficas e computacionais para obter as informações como também análises laboratoriais. A seguir apresentam-se os procedimentos técnicos utilizados em cada etapa da execução da pesquisa e seus respectivos materiais.

2.3.1. Considerações sobre o Sistema de Informações Geográficas (SIGs) utilizado.

O SIG utilizado no presente estudo foi o *Spring 4.2*. O *software Spring* (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas) é um banco de dados geográfico de segunda geração, gratuito, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco, além de administrar tanto dados vetoriais como dados matriciais (raster). Também, este aplicativo possibilita um ambiente de trabalho amigável e poderoso, por meio da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário (LEGAL - Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra). Consegue, também, escalonabilidade completa, isto é, ser capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variem desde microcomputadores a estações de trabalho de alto desempenho.

Um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real Richards (1986 apud CAMPONOGARA, 2006). Entretanto, para que os elementos

básicos de um determinado SIG possam ser utilizados de forma eficiente, é de fundamental importância que os profissionais ou responsáveis pelo projeto, implementação e uso do sistema sejam pessoas adequadamente capacitadas e com visão do contexto global.

De acordo com Roberto (2000), o SIG é o processo de transformação de dados em informações que são utilizadas na estrutura decisória da organização, além de proporcionar a sustentação da gestão para otimizar os resultados esperados. São sistemas abertos, que interagem com um ambiente dinâmico, envolvendo variáveis como pessoas, equipamentos e programas.

Assim, os Sistemas de Informação de suporte à decisão são conjuntos de componentes inter-relacionados que possuem funções de recolher, processar, armazenar e distribuir informações para a tomada de decisões. Na realidade, a sua característica deve ser a de uma ferramenta aberta, ou seja, ser antes de tudo prática, acessível e facilmente submetida a tantas mudanças quanto necessárias. O desenvolvimento de um SIG deve estar perfeitamente integrado com o planejamento de uma organização para que venha a contribuir para a conquista dos objetivos globais (Roberto, 2000).

A implementação destes sistemas de apoio à tomada de decisões, embasados em SIGs, tem se dado em diversas situações, buscando automatizar e racionalizar os processos de tomada de decisão quanto à avaliação de impactos ambientais.

Essa necessidade, também, pode ser explicada com seus devidos fins quando se estuda, concomitantemente com o emprego de seus produtos resultantes, ou seja, os mapas temáticos, o espaço natural, ou seja, a primeira natureza contrastando-se com a natureza transformada pelo homem.

Considerando este contexto, neste trabalho SIG tem a finalidade de servir como um sistema de apoio à tomada de decisões para o planejamento da atividade suinícola na MBH do Arroio Caldeirão.

2.3.1.1. Delimitação da área de estudo

Para delimitar a área de estudo elaborou-se o mapa base utilizando a carta topográfica da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército) de Palmitinhos (Folha SG-22-Y-C-I-4/ MI-2884/4) fuso 22, na escala 1/50.000 e, com o uso do

aplicativo SPRING 4.2 (INPE) efetuou-se o georreferenciamento da área de estudo. Posteriormente, em trabalhos de campo e com o auxílio de *GPS* (Garmin, Etrex Vista) realizou-se a atualização das estradas vicinais, localização das granjas de criação de suínos (fontes de poluição pontual) e dos pontos de coleta de água no Arroio Caldeirão e seus tributários. Com base nestas informações elaborou-se um mapa base e, posteriormente os mapas temáticos.

2.3.1.2. Modelo Numérico do Terreno (MNT)

Para a elaboração do MNT fez-se a digitalização das curvas de nível e a cada uma delas foi atribuído um identificador numérico, que corresponde ao valor da cota da mesma. Após o término da digitalização foram editados e gravados em arquivos no formato vetorial a partir dos quais se gerou a grade triangular (TIN). Após exportou-se as mesmas em formato DXF-R12. Com auxílio do programa *Dxf2xyz* 1.3 fez-se a conversão do arquivo “dxf”. No programa *Surfer* converteu-se as curvas para o formato “grid” e com a ferramenta *Surface* gerou-se o Modelo Numérico do Terreno.

2.3.1.3. Mapa hipsométrico

Para a elaboração do mapa hipsométrico recorreu-se a mesma carta topográfica da área em estudo, onde constam as isolinhas eqüidistantes (curvas de nível) de 20 em 20 metros de altitude, na carta de 1/50.000.

O mapa hipsométrico permite uma compreensão geral da área em estudo, fornecendo a noção dos tipos de topografia presente, mediante o reconhecimento das altitudes existentes na sub-bacia. Neste contexto Christofolletti (1980) afirma:

A hipsometria preocupa-se em estudar as inter-relações existentes em determinada unidade horizontal de espaço no tocante a sua distribuição em relação às faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada isoípsa base.

Assim, no estudo do relevo de uma determinada região a altitude é fator amplamente considerado e o mapa hipsométrico constitui-se num instrumento eficaz na representação gráfica do relevo médio da microbacia. O que permite avaliar o

uso e ocupação da terra a fim de identificar possíveis irregularidades quanto à ocupação antrópica em áreas inadequadas a moradias ou na instalação de novas granjas.

Devido à ausência de uma convenção internacional para a construção de mapas hipsométricos procedeu-se a uma análise da topografia da microbacia estabelecendo-se as classes de 60 em 60 metros.

2.3.1.4. Mapa clinográfico

O mapa clinográfico ou de declividade pode ser caracterizado como a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. Considerando um MNT de dados altimétricos extraídos da carta topográfica e traçando um plano tangente a esta superfície num determinado ponto (P), a declividade em P corresponderá à inclinação deste plano em relação ao plano horizontal. Para a elaboração deste mapa optou-se por adotar as classes de declividade propostas por De Biasi (1970), as quais correspondem a 0 - 5%, 5 - 12%, 12 - 30%, 30 - 47%, e > 47%.

A partir das curvas de nível em MNT foi gerado à grade triangular (TIN). Esta serviu de base para a geração do mapa de declividade. Após, fez-se o fatiamento das classes de declividade. Os temas da imagem temática resultante correspondem a intervalos de valores de cotas, denominados no SPRING de fatias.

Desta forma, um plano de informação da categoria numérica originará um plano de informação de categorias temáticas representando um aspecto particular do MNT. Conseqüentemente, a cada fatia foi associada uma classe temática previamente definida no esquema conceitual do Banco de Dados ativo, estabelecendo-se assim as diferentes classes de declividade para a área de estudo. Por fim, para o acabamento final dos mapas utilizou-se o aplicativo *Corel Draw 12*.

2.4. Análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos

Os parâmetros de qualidade físico-químicos e microbiológicos foram definidos considerando-se as fontes de poluição associadas ao tipo de uso e ocupação do

solo da MBH em estudo, dentre os quais se destacam a carga pontual e difusa proveniente da suinocultura, deflúvio superficial agrícola e efluentes domésticos. Considerando que essas fontes possuem características intrínsecas aos poluentes que transportam, foi analisada a representatividade dos parâmetros determinados durante a campanha de novembro de 2006 a setembro de 2007, diante das fontes de poluição consideradas.

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais da microbacia foram definidos 12 pontos de coleta, amostrados no arroio principal e em seus tributários (Figura 4), para a 2ª coleta foi adicionado mais um ponto para monitoramento, o P13. A localização dos pontos foi disposta a montante, médio curso e foz do arroio principal e em três tributários, sempre situando os pontos à montante e à jusante das granjas de criação de suínos e outras fontes potenciais de poluição difusa, como lavouras. Foram definidos então 7 pontos no canal principal (P1, P2, P6, P7, P13, P10, P12) e 6 pontos distribuídos em 3 tributários (P3, P4, P5; P8, P9; P11).

Efetuaram-se quatro coletas, sendo uma em cada estação do ano. A 1ª coleta foi realizada no dia 26 de novembro, primavera de 2006 (após precipitação pluviométrica de 190 mm), a 2ª em 22 de fevereiro, verão de 2007 (após estiagem de 25 dias), a 3ª em 21 de maio, outono de 2007 (após precipitação pluviométrica de 130 mm acumulada na semana anterior à coleta) e a 4ª coleta em 02 de setembro, inverno de 2007, totalizando 51 amostras coletadas.

Breve descrição dos pontos de coleta;

Ponto 1 - Próximo à nascente do Arroio Caldeirão. A vegetação do entorno é composta por lavouras, e pastagens - canal principal.

Ponto 2 - Jusante de lavouras e criações de suínos, ausência de mata ciliar - canal principal.

Ponto 3 - Montante dos pontos P4 e P5, logo na saída do mato - tributário.

Ponto 4 – Lavouras no seu entorno e a montante de duas granjas de criações de suínos - tributário.

Ponto 5 - Jusante de lavouras e de criações de suínos, próximo à estrada - tributário.

Ponto 6 - Jusante de criações de suínos e próximo a estrada - canal principal.

Ponto 7 – Próximo a lavouras e poteiros, sem mata ciliar no seu entorno - canal principal.

Ponto 8 - Montante dos pontos de poluição e jusante de lavouras, ausência de mata ciliar localizando-se dentro de um potreiro - tributário.

Ponto 9 - Jusante de lavouras e criações de suínos e dentro de um potreiro, ausência de mata ciliar - tributário.

Ponto 13 - Montante do P10 e de criações de suínos, presença de mata ciliar em uma das margens - canal principal.

Ponto 10 - Jusante de lavouras e criações de suínos, presença de mata ciliar em uma das margens - canal principal.

Ponto 11 - Jusante de lavouras e criações de suínos, presença de mata ciliar em ambas as margens - tributário.

Ponto 12 - Jusante de lavouras e criações de suínos, próximo à foz no Rio Guarita - canal principal.

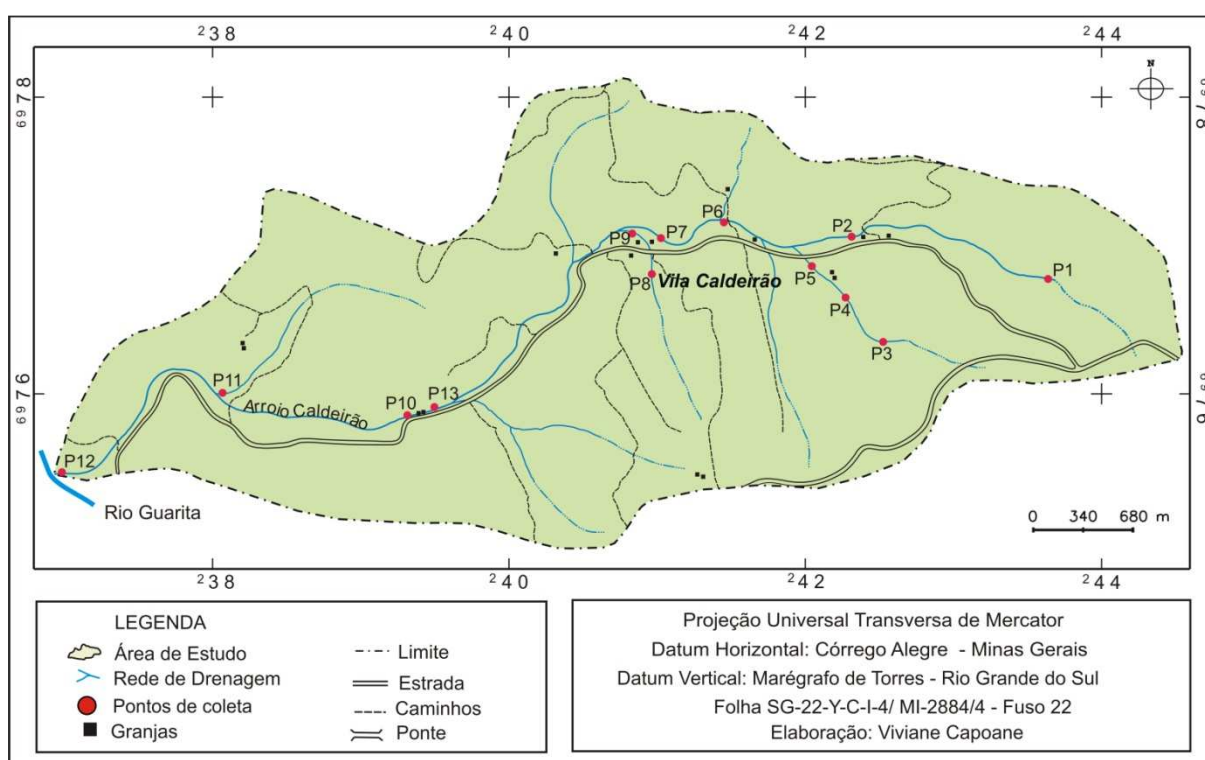


Figura 4 – Mapa de localização dos pontos de coleta na MBH do Arroio Caldeirão.

2.4.1. Metodologia de coleta e acondicionamento das amostras

As amostras foram coletadas em frascos de plástico com capacidade de 300 mL, previamente lavados, para as análises físico-químicas e em sacos plásticos esterilizados marca NASCO, com capacidade para 100 mL, para as análises microbiológicas. No local de coleta os frascos foram abertos e submergidos até

completarem 100% de sua capacidade de armazenamento. Após, as amostras foram identificadas e acondicionadas em uma caixa térmica com gelo, sendo transportadas imediatamente até o Laboratório de Análises de Águas Rurais (LAAR) do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria.

2.4.2. Análises físico-químicas

No momento das coletas foram determinados no local a temperatura da água e do ar, o pH e do OD na água, por meio de termômetro, pHmetro Digimed DM21 e oxímetro Digimed, respectivamente. Logo após a chegada das amostras de água no laboratório determinou-se a condutividade elétrica, turbidez e cor com o uso de um condutivímetro Digimed DM31, turbidímetro e colorímetro, respectivamente. Os sólidos totais dissolvidos (STD) foram estimados pela Equação 1 descrita por Holanda & Amorim (1997):

$$\text{STD (mg}\cdot\text{L}^{-1}) = 0,64 * \text{CE (}\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}) \quad (\text{Equação 1}).$$

Para a análise das concentrações totais dos elementos químicos, uma alíquota de 17,5 mL de água foi digerida com 2 mL de ácido sulfúrico concentrado em tubos de digestão, aquecidos até 120°C por 4 horas. Determinaram-se as concentrações de cálcio, magnésio, zinco e cobre, por espectrofotometria de absorção atômica; potássio por espectrofotometria de emissão de chama; fósforo total por espectrofotocolorimetria (Murphy & Riley, 1962); e, o nitrato por destilação em microkjeldahl.

2.4.3. Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas constituíram-se da determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais e de *Escherichia coli* em 100 mL de amostra, segundo metodologia descrita brevemente a seguir: em caldo Fluorocult LMX (MERCK, pH 6,8 a 25 °C) adicionou 5 ml do meio de cultura em tubos de ensaio, com tampa rosca e esterilizados em autoclave, sob pressão de uma atmosfera e 121°C, por 20 min. Na câmara de fluxo laminar, efetuaram-se as diluições (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}) com auxílio de pipeta automática. As amostras foram incubadas por 24h,

sob temperatura de 35-37°C. A presença de coliformes totais foi indicada pelo aparecimento da cor verde azulada e de *Escherichia coli* (coliforme termotolerante) pela fluorescência azul, quando expostos à luz ultravioleta. Em função do número de tubos positivos e da respectiva diluição estimou-se, por tabela estatística, o número mais provável de coliformes totais e *E. coli*.

2.5. A problemática ambiental da suinocultura na óptica dos suinocultores

Com o objetivo de avaliar a percepção dos suinocultores quanto à problemática ambiental advinda da atividade suinícola, no que se refere à poluição hídrica causada por dejetos de suínos, foi abordado o tema em conversas informais, sem questionários, principalmente nas datas das coletas.

Foram levantados dados relativos às características gerais como da assistência técnica recebida; de infra-estrutura (esterqueiras), além de outras questões, como locais de destino dos dejetos, existência de licenciamento ambiental na propriedade, e medidas atualmente adotadas e/ou que serão implementadas pela granja no controle da qualidade ambiental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos a partir do levantamento de dados em campo e espacializados com o uso de geotecnologias bem como os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas obtidas em laboratório a partir das amostras de água coletadas no arroio principal e nos tributários da microbacia do Arroio Caldeirão, sendo os mesmos comparados com a legislação.

Para melhor visualização, os dados das análises físico-químicas e microbiológicas foram passados para a forma de gráficos e tabelas, a caracterização do meio físico pode ser visualizada nos mapas temáticos.

3.1. Análise dos aspectos físicos da MBH do Arroio Caldeirão

3.1.1. Modelo numérico do terreno (MNT)

O modelo numérico de terreno é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real. Para obter esta representação é necessário fazer a digitalização de linhas e pontos, que constituirão as amostras para posteriormente gerar interpolações (grades) e obter produtos, tais como visualizações em 3D, perfil, etc. A figura 5 mostra a visão tridimensional das formas do relevo que compõem o Município de Palmitinho onde a área de estudo está inserida.

Fazendo uma associação com as cotas altimétricas pode-se dizer que a área apresenta relevo do tipo montanhoso, desenvolvido sobre os derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, vales em V com entalhamento da rede de drenagem.

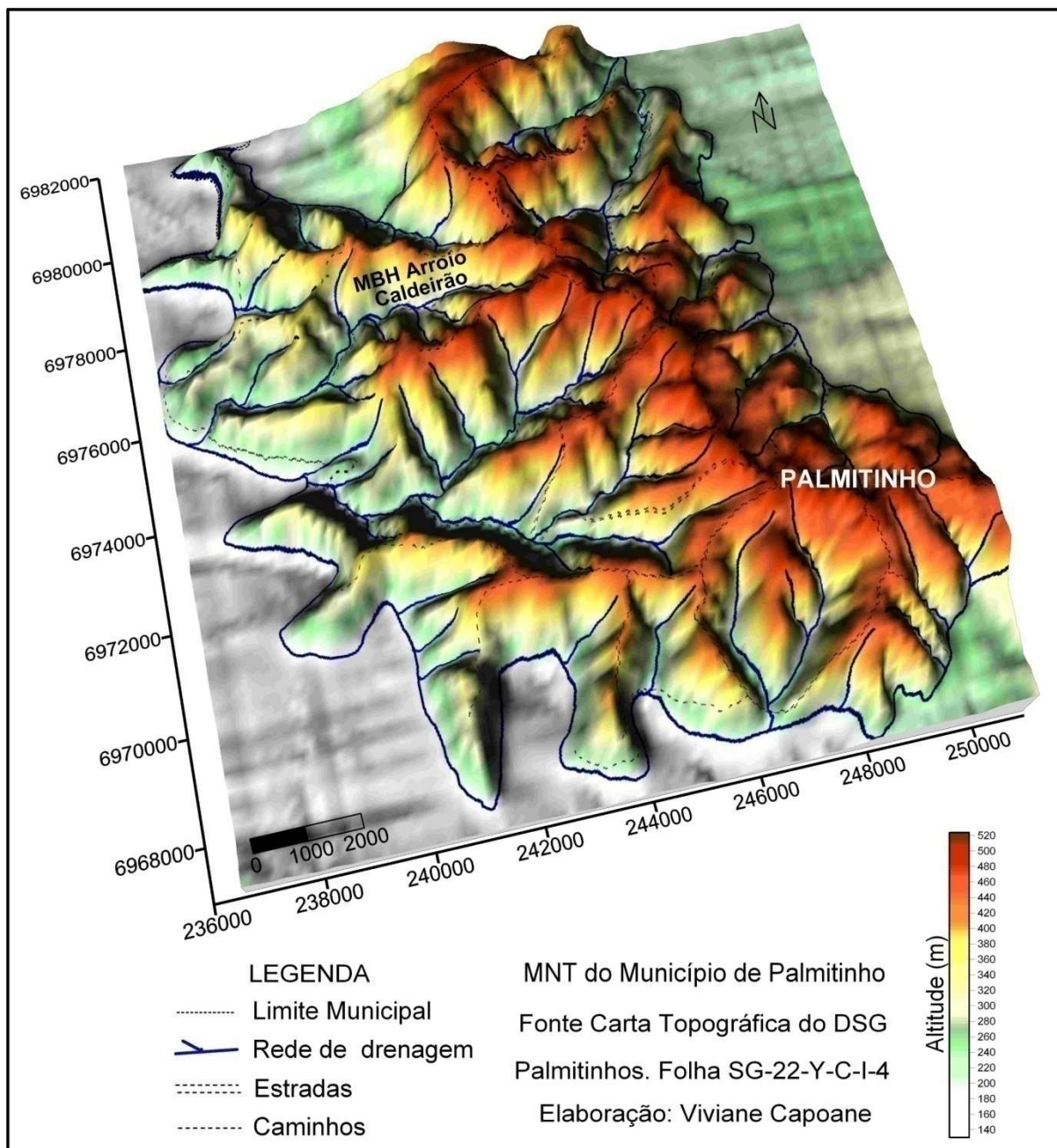


Figura 5 - Modelo Numérico do Terreno do Município de Palmitinho - RS.

3.1.2. Hipsometria

Conforme a divisão de classes altimétricas utilizada, percebe-se que a classe inferior a 240m; 240m a 300m; 300m a 360m; 360m a 420m; 420m a 500m e acima de 500m ocupam respectivamente 6,03%; 26,67%; 29,28%; 22,32%; 14,18% e 1,52% da área total da microbacia, sendo a classe predominante a de 300 - 360m.

Como estão demonstradas no mapa as variações altimétricas são amenas, o que favorece a ocupação antrópica. Nota-se que o relevo com cotas mais elevadas

se encontra no setor leste o que condiciona os cursos d'água na direção oeste para o Rio Uruguai. A menor cota altimétrica se encontra no nível de 180 m e a maior em 513 m, possuindo uma amplitude de 313 m (Figura 6).

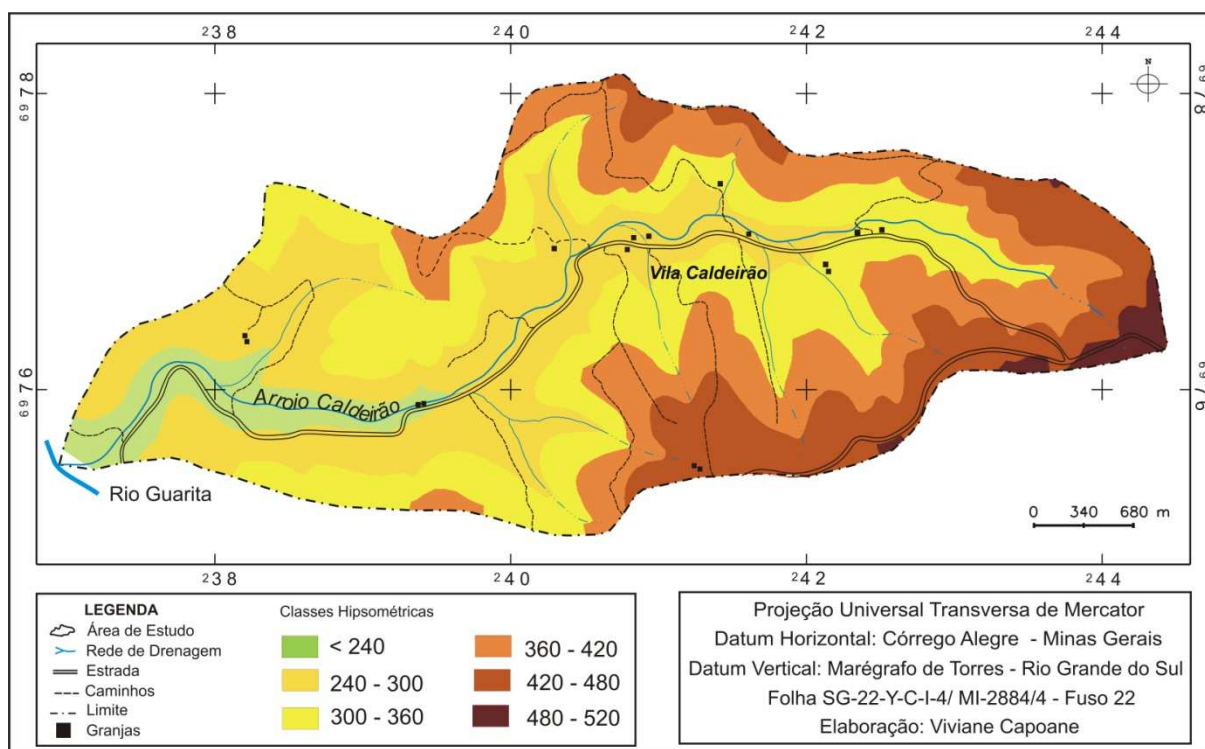


Figura 6 – Mapa hipsométrico da MBH do Arroio Caldeirão.

3.1.3. Declividade

O tema declividade foi considerado importante, uma vez que influencia diretamente no processo infiltração-escoamento das águas precipitadas. Quanto maior a declividade, maior o escoamento superficial, menor a infiltração e, conseqüentemente, maior será a carga de sedimentos que irá para os rios. Então, é possível considerar que quanto mais íngreme for à área, mais crítica ela se torna.

Ainda, a caracterização da declividade possibilita analisar os processos de dinâmica superficial a que está sujeita uma determinada área além dos condicionantes relacionados ao uso da terra (Capoane et al. 2007). Assim, é possível elaborar levantamentos a respeito das potencialidades de uso e ocupação da terra nesta MBH a fim de identificar áreas com potencial para práticas agrícolas e principalmente para a disposição dos dejetos como fertilizante orgânico.

Para esta pesquisa foram determinadas cinco classes de declividade: 0 - 5%; 5 - 12%; 12 - 30%; 30 - 47% e superior a 47%, (Figura 7).

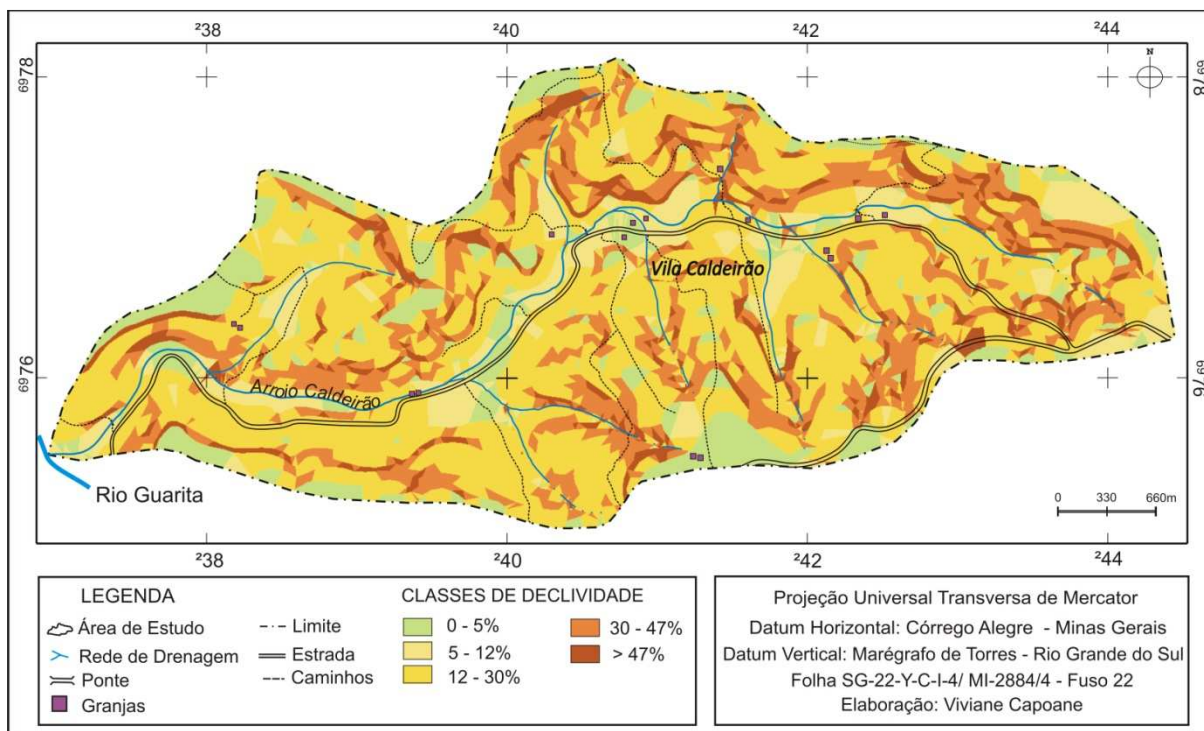


Figura 7 - Mapa com as declividades da MBH do Arroio Caldeirão.

Após a quantificação das classes percebeu-se que a área estudada apresenta porções íngremes sendo que 76,7% da área possui declividades superiores a 12,0%, isto indica que grande parte das vertentes está sujeita a processos morfodinâmicos associados à erosão, requerendo cuidados adequados quanto ao uso e ocupação da terra. As classes de declividade < 5,0% e 5 - 12,0% ocupam respectivamente 12,3 e 11,0% da área, estas duas classes são encontradas nos vales ao longo da rede de drenagem e em algumas áreas de topo.

Das dezesseis granjas criadoras de suínos existentes na MBH, todas com capacidade acima de 500 animais, quatro encontram-se em declividades menores que 5%, três entre 5 - 12% e nove entre 12 - 30%, sendo todas próximas à rede de drenagem.

Percebe-se que mais da metade das granjas se encontram em declividades acima de 12%, logo, áreas mais sujeitas a processos morfodinâmicos. Dessa forma, as pocilgas que estiverem dispostas de forma inadequada e sub-dimensionadas poderão acelerar o processo de vazão, principalmente nos períodos chuvosos, e atingir rapidamente os cursos d'água acelerando o processo de contaminação. Para as quatro granjas que estão dentro da classe menor que 5% são recomendáveis práticas de conservação. Somente três das granjas não apresentam restrições quanto ao fator declividade, são as que estão inseridas na classe de 5 - 12%.

3.1.4. Rede de drenagem

Conforme Conte & Leopoldo (2001), os cursos d'água superficiais, como rios, ribeirões, riachos e canais, são freqüentemente usados para a disposição final de águas residuais e resíduos sólidos de diversas origens sendo assim um dos constituintes ambientais mais vulneráveis aos impactos causados pela ação antrópica. Dessa forma, o conhecimento das características fluviais é extremamente importante no que concerne o controle da erosão, e da qualidade da água.

A MBH do Arroio Caldeirão apresenta uma hierarquia fluvial de terceira ordem numa área de aproximadamente 1336 ha. O arroio principal direciona-se no sentido geral E - W até desaguar no Rio Guarita, Figura 8. De acordo com a SEMA (2005) pertence à bacia hidrográfica U20, Passo Fundo - Várzea relativa à região hidrográfica do Rio Uruguai.

Uma das características mais marcantes e negativas desta MBH é a falta da vegetação ao longo das margens dos arroios, grande parcela da vegetação formadora das matas ciliares da região foi suprimida dando lugar a pastagens, lavouras e instalações de granjas de criação de suínos. Sabendo que a mata ciliar tem um importante papel como barreira física à entrada de resíduos erodidos das partes mais altas do relevo, então, é provável que esteja ocorrendo uma facilitação da contaminação das águas dos arroios.

Como pode ser visto na figura 8, a atividade suinícola concentra-se próxima a rede de drenagem. Esta posição na paisagem facilita o descarte dos resíduos produzidos nas propriedades aumentando o risco de contaminação das águas superficiais. Além disso, em virtude da proximidade das instalações e das sedes das propriedades aos cursos de água, não é respeitada a legislação florestal quanto à preservação da mata ciliar, que, conforme autorização do órgão competente Brasil (1965), deveria ser de 30 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura. Nove das dezesseis granjas estão localizadas em Áreas de Preservação Permanente (APP). Além do que, para a construção de algumas destas granjas os arroios foram desviados de seu curso original, e está postura esta caracterizada como crime ambiental inafiançável pelos órgãos ambientais.

Observou-se nas saídas a campo que as áreas mais preservadas encontram-se próximas as nascentes onde a declividade é mais acentuada, à medida que a

inclinação do terreno suaviza os efeitos da ação antrópica eram percebidos nos longos trechos sem a presença de mata ciliar.

Diante do exposto, é necessário que haja um manejo da zona ripária nesta microbacia, pois esta é de extrema importância para reduzir a carga de poluentes que é introduzida nos corpos d'água através do deflúvio superficial. Em alguns trechos é necessária a manutenção e em outros a recomposição da mata ciliar para se re-estabelecer uma faixa de vegetação densa junto ao arroio e tributários para que possa servir de filtro aos poluentes transportados pelo deflúvio.

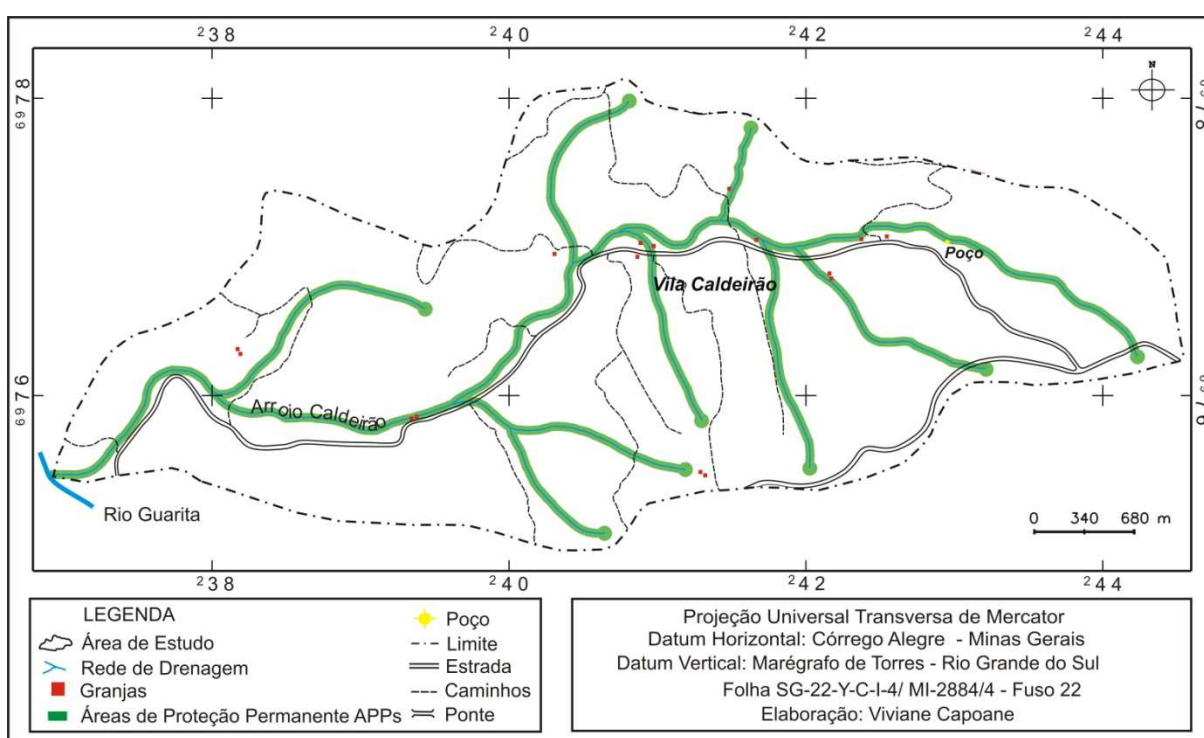


Figura 8 – Mapa com as áreas de APPs das margens e das nascentes na MBH do Arroio Caldeirão.

3.2. Análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas superficiais da microbacia do Arroio Caldeirão

Na MBH do Arroio Caldeirão a atividade suinícola encontra-se em pequenas propriedades onde, além da limitação de área para o descarte a topografia movimentada acaba por inviabilizar a aplicação mecânica do dejetos em grande parte da propriedade tornando-a restrita a pequenos períodos do ano. Devido a essas dificuldades os produtores usam repetidamente altas doses deste esterco em

pequenas áreas concentrando sua distribuição nas proximidades das unidades de produção o que potencialmente aumenta os riscos de contaminação dos solos e das águas.

Outro fator que agrava a problemática ambiental da suinocultura nesta microbacia, como pôde ser visto nos mapas temáticos, é a posição na paisagem das granjas. A proximidade das mesmas à rede de drenagem facilita o descarte dos resíduos produzidos o que aumenta o risco potencial de contaminação das águas superficiais.

3.2.1. Parâmetros físico-químicos monitorados

O OD, juntamente com o pH, tem sido apontado como a principal variável na avaliação dos corpos de água (Conte & Leopoldo, 2001 pg. 116). A determinação deste parâmetro proporciona informações bioquímicas que ocorrem nas águas, além de indicar a capacidade dos corpos d'água em promover a sua autodepuração. A concentração de OD varia em função da temperatura, da altitude do local e da aeração da água. A elevação da temperatura diminui a solubilidade do O₂ e a presença de fortes chuvas pela turbulência provocada por esses fenômenos favorece a oxigenação (Branco, 1986; Zuccari, 1992).

As maiores variações de OD foram verificadas na 2ª coleta, figura 9. Esta foi realizada após período de estiagem de quase um mês, inclusive em alguns pontos não havia água corrente (formação de ambientes lênticos – P3, e P9) e, por conseqüência, a concentração de OD na água estava < 2 mg·L⁻¹. O P8, nesta mesma coleta apresentou concentração de 8,55 mg·L⁻¹. Para poder interpretar esse resultado com segurança seria necessário uma análise mais aprofundada quanto à microbiologia, pois este era um ambiente lêntico, um poço escavado na beira do arroio, distância aproximada de menos de um metro. A amostragem foi realizada neste local em função do tributário não ter água corrente num longo trecho e, pra não ficar sem dados num dos pontos optou-se por fazer ali mesmo a amostragem.

Nas demais coletas (1ª, 3ª e 4ª) a variação de OD foi entre 4,27 e 6,9 mg·L⁻¹, enquadrando-se nas classes 1, 2 e 3 do CONAMA (Resolução 357/2005).

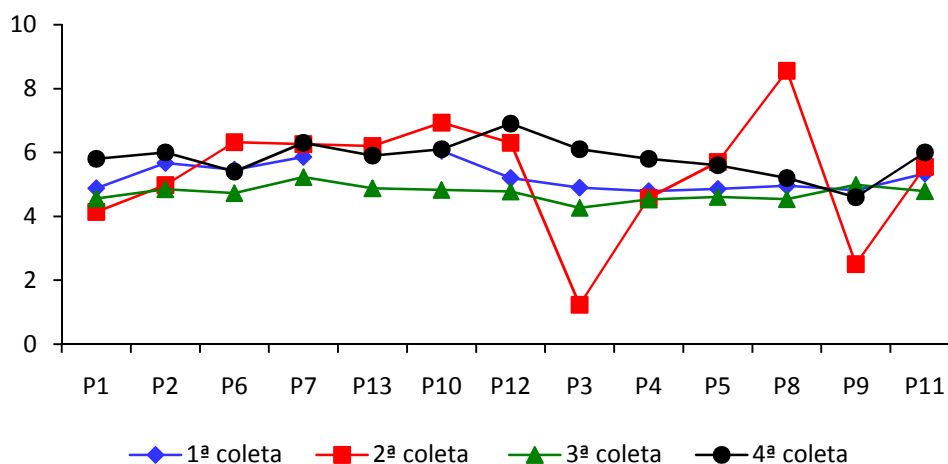


Figura 9 - Faixa de variação de OD ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) nas amostras analisadas.

De acordo com Conte & Leopoldo (2001) na maioria dos corpos d'águas naturais, o valor de pH é influenciado pela concentração de íons H^+ originados da dissociação do ácido carbônico, um dos responsáveis pela sua acidez, pode ser alterado ainda pelo despejo de efluentes domésticos e industriais ou pela intemperização de rochas e minerais e ainda da erosão de áreas agrícolas, onde são utilizados corretivos e fertilizantes (NPK em diferentes fórmulas).

A faixa de variação do pH nas águas coletadas foi entre 5,42 a 7,9 indicando serem levemente ácidas a neutras. Salienta-se que estas águas não estão sendo usadas para consumo humano apenas na dessedentação de animais.

A figura 10 mostra a variação do pH nas quatro coletas. Percebe-se que os pontos 3 (5,8 - 2ª coleta), 12 e 13 (5,5; 5,42 - 3ª coleta) e ponto 1 e 4 (5,9; 5,8 - 4ª coleta) foram os que apresentaram os menores valores, apresentando portanto, tendência mais ácida.

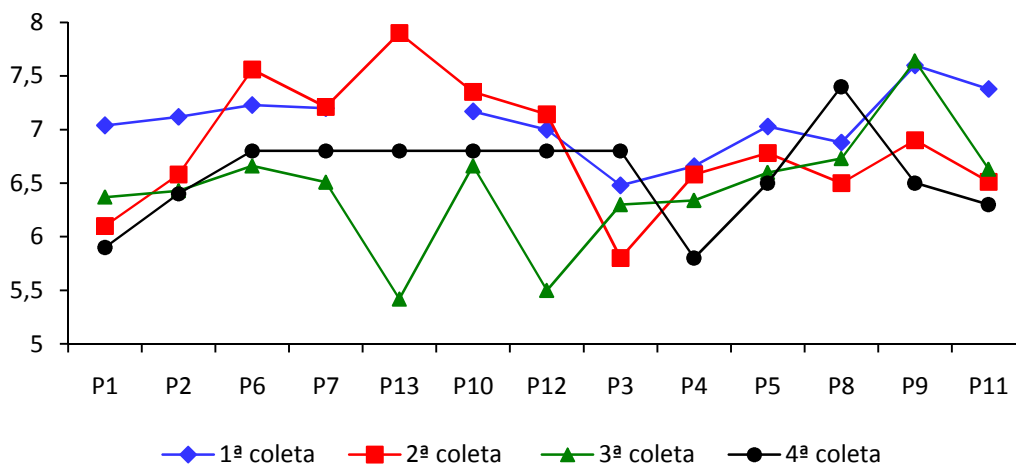


Figura 10 - Faixa de variação do pH nas amostras analisadas.

A determinação da CE em amostras de água oferece informações importantes a respeito dos ecossistemas aquáticos e, aliados ao fato de ter relativa facilidade na sua determinação, muitos autores tem adotado essa variável na avaliação de corpos de água, como se verifica na literatura.

A faixa de variação da CE foi de 72,3 a 209 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, figura 11. Os valores mínimos indicariam a condição natural da água e os valores mais elevados indicam, no mínimo, uma alteração da qualidade natural, portanto poluição de acordo com a resolução n°001/1986 CONAMA.

Assim, como os resultados de OD, os valores de CE demonstram que foi na 2ª coleta, fevereiro - verão de 2007, onde se verificaram as maiores variações, isso foi em consequência do período de estiagem antecedente a data da coleta onde havia ao longo do arroio a formação de ambientes lânticos e lóticos, portanto sugerem baixa diluição das cargas de dejetos.

Observa-se a partir do gráfico que a maior faixa de variação da CE ocorreu no verão na 2ª coleta, enquanto que a menor variação ocorreu no inverno na 4ª coleta, período chuvoso o que sugere diluição dos contaminantes.

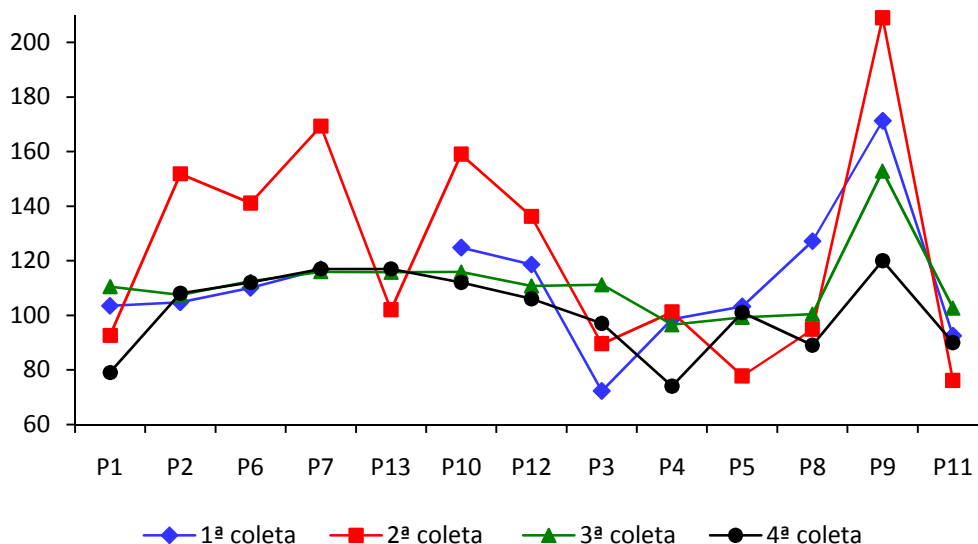


Figura 11- Faixa de variação da CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) nas amostras analisadas.

Os STD variaram de 46,3 a 133,8 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, figura 12. Para um rio de classe 1, 2 e 3, o valor máximo permitido pela resolução 357/05 do CONAMA é de 500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Este limite não foi ultrapassado no decorrer da pesquisa em todos os pontos não havendo assim restrição de uso em relação a este parâmetro. Pode-se dizer então que todas as águas são doces apresentando salinidade $< 0,5\%$ ou $< 500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

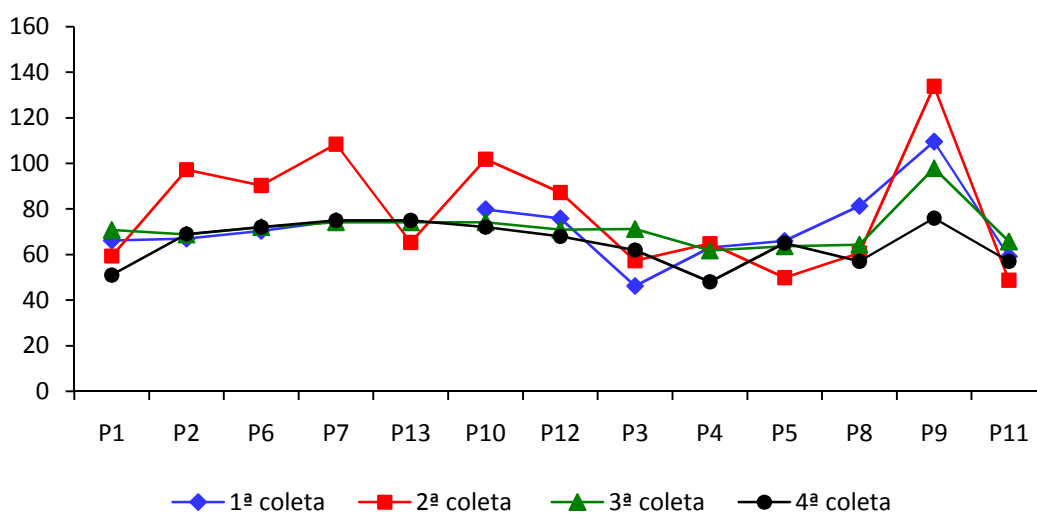


Figura 12 - Faixa de variação dos STD (mg·L⁻¹) nas amostras analisadas.

Do ponto de vista sanitário, a turbidez poderá quando elevada afetar esteticamente os corpos d'água ou ainda encarecer o tratamento para os diversos usos. Outro fator a ser considerado, relaciona-se com a fauna e a flora, que poderão sofrer distúrbios em função da redução da penetração de luz (Derisio, 2000). Os valores de turbidez nos pontos amostrais estiveram abaixo de 40 UNT valor recomendado pela resolução 357/05 do CONAMA para águas de classe 1 com exceção de uma amostra, P9 (58,3 UNT) na primeira coleta enquadrando-se em águas de classe 2. A faixa de variação da turbidez (UNT) está ilustrada na figura 13.

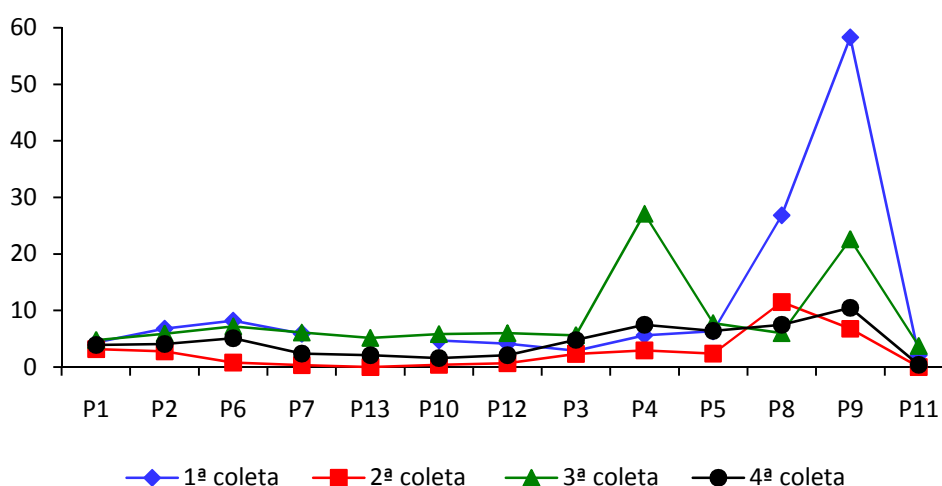


Figura 13 - Faixa de variação da turbidez nas águas da MBH do Arroio Caldeirão, Palmitinho/RS.

Os valores de cor indicam que 96% das amostras de águas classificam-se como de classe 1 com exceção de dois pontos P8 e P9 respectivamente na 1ª e na 2ª coletas. Tanto a turbidez quanto a cor aparente da água foram maiores nesses

dois pontos, isto se deve ao fato de eles encontrarem-se a jusante de uma estrada que atravessa o arroio e dá nas lavouras logo, a quantidade de sedimentos em suspensão foi maior.

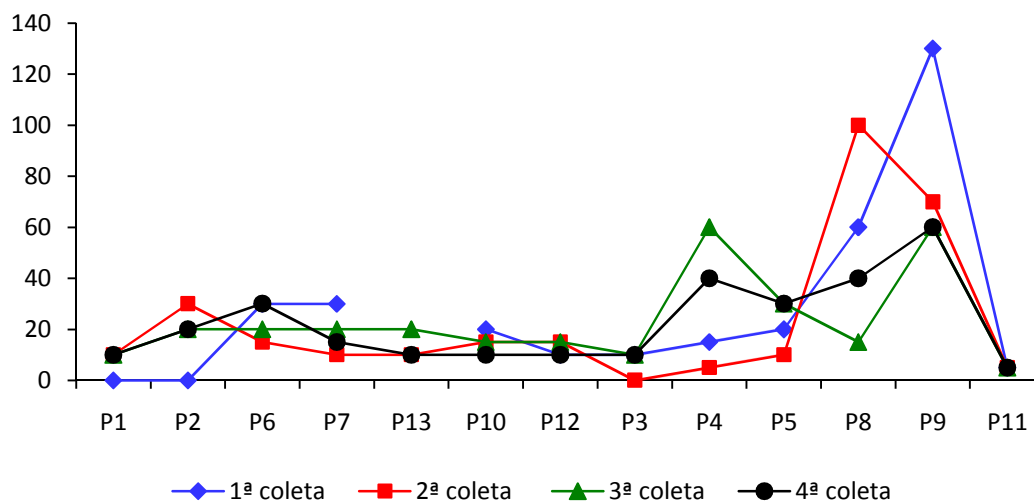


Figura 14 - Faixa de variação da cor nas águas da MBH do Arroio Caldeirão.

A temperatura do ar apresentou grande variação na 1ª, 2ª e 4ª coletas, estas foram realizadas no período da tarde em dias de grande insolação. Esta variação está diretamente relacionada com a presença ou não de vegetação no entorno do ponto de coleta, diante disto, as maiores temperaturas foram verificadas em locais onde não havia mata ciliar.

Na 3ª coleta a oscilação da temperatura foi mais amena em função do período do ano (fim de outono), e também por ter sido feita na parte da manhã. Na 4ª coleta não foi possível medir a temperatura em cinco pontos em função da quebra do termômetro.

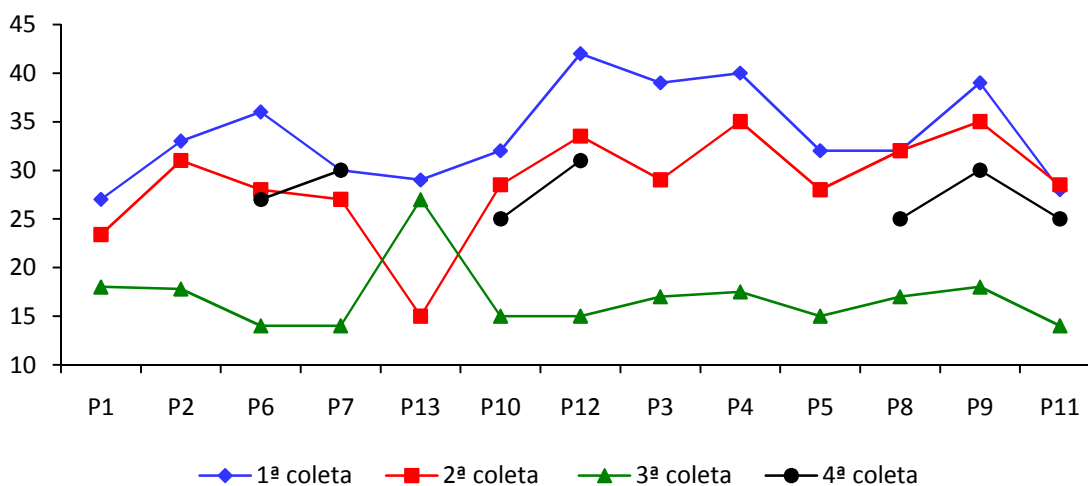


Figura 15 - Faixa de variação da temperatura °C do ar nos pontos de coleta amostrados.

A temperatura da água é outro importante parâmetro, pois indica tolerância térmica máxima e mínima a sobrevivência dos seres vivos presentes no ecossistema aquático. A temperatura da água não apresentou grande oscilação, variando de 23,1 a 29,1°C na 1ª coleta, 23 a 28,7°C na 2ª coleta, 17 a 19,9°C na 3ª coleta e, 19,1 a 24,3°C na 4ª coleta. A 1ª, 2ª e 4ª coletas foram realizadas na parte da tarde já a 3ª foi realizada no período da manhã. Os horários das coletas bem como os resultados das análises físico-químicas e biológicas encontram-se nos anexos A, B, C e D.

Um fator a ser considerado quanto aos valores de temperatura da água é a profundidade do arroio no local da amostragem, pois as águas rasas recebem mais insolação, portanto elevação da temperatura, também o fator presença de vegetação afeta a temperatura bem como a quantidade de partículas em suspensão e de sedimentos disponíveis. Percebe-se que as maiores temperaturas foram registradas na 2ª coleta, período de estiagem onde a lâmina d'água era pouco espessa recebendo, portanto maior insolação.

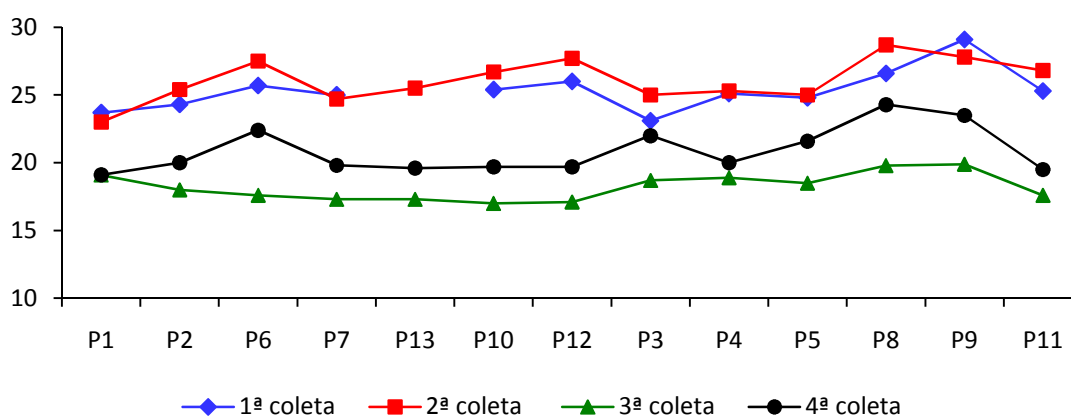


Figura 16 - Faixa de variação da temperatura °C da água nos pontos de coleta amostrados.

A determinação de outras variáveis químicas em amostras de água, como aquelas denominadas macronutrientes em termos agrícolas por meio de amostras de água tornam-se importantes não só na quantificação das perdas desses nutrientes, como discutido anteriormente, mas também em relação à qualidade da água, tendo em vista os padrões estabelecidos pela legislação em vigor no Brasil.

De acordo com Merten & Minella (2002) o material produzido por sistemas de criação de suínos é rico em nitrogênio, fósforo e potássio. O fósforo causa grandes impactos ao ecossistema aquático de superfície, sendo o responsável pelo processo

de eutrofização das águas. Já o nitrogênio oferece mais risco de contaminação da água subterrânea quando lixiviado, podendo formar nitratos e nitritos.

Os teores obtidos para fósforo nas águas superficiais da MBH variaram de 0,01 até 0,54 mg·L⁻¹, Tabela 4. Geralmente, concentrações na faixa de 0,01 mg·L⁻¹ de fosfato são suficientes para manutenção do fitoplâncton, e concentrações na faixa de 0,03 a 0,1 mg·L⁻¹ (ou maiores), já são suficientes para disparar o crescimento desenfreado (USEPA, 1996).

Nos pontos (P1, P3 e P11) a concentração de P foi à menor dentre todos os pontos amostrados, 0,03 e 0,02 mg·L⁻¹ indicando uma menor influência antrópica. Já a água coletada nos pontos situados a jusante das granjas criadoras de suínos continha uma maior concentração de fósforo, como por exemplo, 0,07 mg·L⁻¹ na água coletada no ponto P2 e 0,36 mg·L⁻¹ no ponto P9, inclusive já ultrapassando o limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 para águas de classe 3 (0,15 mg·L⁻¹). Isto indica que as águas desta microbacia estão sendo contaminadas pelos efluentes das granjas criadoras de suínos.

No canal principal percebe-se um aumento na concentração de P à medida que o arroio avança em direção a foz, porém o P12 já apresenta uma diminuição da concentração em relação ao P13 e P10, isso se deve provavelmente a entrada de água de melhor qualidade de dois tributários que se encontram a montante do P12 e a jusante dos pontos P13 e P10. O tributário 1 (P3, P4, P5) apresentou um aumento no sentido nascente foz, o mesmo foi observado no tributário 2 (P8 e P9) sendo que o P9 é o mais crítico de todos. Embora o P11 esteja situado a jusante de duas granjas, este não apresentou uma concentração de P considerável, pois a implantação das mesmas era recente, período entre a 1ª e a 2ª coleta.

TABELA 4 - Teor de fósforo total (mg·L⁻¹) das águas superficiais da MBH do Arroio Caldeirão, Palmitinho/RS no período de novembro de 2006 a setembro de 2007.

Pontos	P1	P2	P6	P7	P13	P10	P12	P3	P4	P5	P8	P9	P11
	Canal principal							Tributário 1			Tributário 2		Trib. 3
1ª coleta	0,06	0,09	0,08	0,09	nc*	0,16	0,05	0,02	0,06	0,08	0,06	0,54	0,03
2ª coleta	0,02	0,11	0,03	0,06	0,06	0,05	0,05	0,02	0,03	0,04	0,08	0,31	0,02
3ª coleta	0,01	0,03	0,01	0,03	0,1	0,02	0,05	0,04	0,04	0,01	0,03	0,51	0,02
4ª coleta	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,06	0,03
Média	0,03	0,07	0,04	0,05	0,07	0,07	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,36	0,02

nc* não coletado. Org: CAPOANE, V.

São bastante conhecidas as implicações ecológicas resultantes das altas concentrações de nitrogênio presentes na água, principalmente aquelas na forma amoniacal, que estão ligadas à dinâmica do oxigênio no meio aquático. Assim, corpos d'água com altas concentrações de nitrogênio podem apresentar oxigênio dissolvido com baixos valores, afetando a vida aquática, como comunidades de peixes (Branco, 1986; Esteves, 1998).

Os teores médios de nitrato presentes na água da MBH Arroio Caldeirão (arroio principal e seus tributários) Tabela 5, variaram de 1,8 até 4,0 mg·L⁻¹ mantendo-se abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 de 10 mg·L⁻¹. Os mais baixos valores foram observados na água coletada nos pontos de mais baixa atividade antrópica (P1, P3 e P11).

Assim como para o P, no canal principal percebe-se um acréscimo nos valores deste nutriente, principalmente nos pontos a jusante de granjas de criações de suínos, no entanto o P12, próximo a foz, apresentou concentrações menores que o P7, P13 e P10, isto se deve, provavelmente, a contribuição de água de melhor qualidade vinda de tributários, o que demonstra a capacidade de autodepuração do arroio. O tributário 1 (P3, P4, P5) apresentou um acréscimo no sentido nascente foz. Como dito anteriormente, o P3 encontra-se logo na saída do mato, com pouca interferência antrópica, o P4 a montante de duas granjas com lavouras no seu entorno, sem a presença de mata ciliar e o P5, a jusante de duas granjas e de lavouras, próximo a estrada, também sem mata ciliar no seu entorno. O tributário 2 (P8 e P9) foi o que apresentou maior concentração de nitrato.

TABELA 5 – Teor de nitrato (mg·L⁻¹) das águas superficiais da microbacia do Arroio Caldeirão, Palmitinho/RS no período de novembro de 2006 a setembro de 2007.

Pontos	P1	P2	P6	P7	P13	P10	P12	P3	P4	P5	P8	P9	P11
	Canal principal							Tributário 1			Tributário 2		Trib. 3
1ª coleta	1,6	1,93	2,25	1,86	nc*	2,19	2,12	0,96	1,73	1,86	3,16	3,94	2,25
2ª coleta	1,65	2,07	1,72	2,33	3,18	2,85	1,59	1,43	1,62	1,56	1,94	4,15	1,26
3ª coleta	2,25	2,28	2,85	3,04	3,45	3,54	3,35	2,66	2,28	2,28	2,59	3,83	2,25
4ª coleta	1,17	1,33	1,61	2,12	2,2	2,25	1,74	1,04	1,3	1,39	0,98	2,15	0,73
Média	1,67	1,9	2,11	2,34	2,94	2,71	2,2	1,52	1,73	1,77	2,17	3,52	1,62

nc* não coletado
Org: CAPOANE, V.

Nutrientes como o cálcio, magnésio e potássio, têm como origem a utilização de fertilizantes nas áreas agrícolas, a erosão de rochas e ainda o lançamento de efluentes domésticos e de granjas além da decomposição da vegetação das margens ou mesmo daquelas áreas onde a vegetação fica submersa e é oxidada pela ação de bactérias (Branco, 1986).

Os teores de cálcio e de magnésio, Tabela 6, da água coletada próximo a nascente do arroio principal (P1), próximo a nascente do tributário 1 (P3) e na foz do tributário 3 (P11) foram os mais baixos de todo o curso de água amostrado, apresentando um valor médio de $8,2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para cálcio e $4,8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para magnésio.

As médias dos teores de cálcio e de magnésio contidos na água dos demais pontos apresentaram valores superiores aos próximos das nascentes, caracterizando a interferência das atividades agropecuárias desenvolvidas na microbacia. Essa interferência pode ser vista, por exemplo, já no P2 (jusante de lavouras e granjas criadoras de suínos), cujos teores foram 73,5 e 59,6% maiores para cálcio e magnésio, respectivamente, comparativamente a água coletada no P1. Similarmente, a água coletada no P9 (abaixo das granjas criadoras de suínos) apresentou 49,7 e 57,4% mais cálcio e magnésio do que a água coletada no ponto à montante (P8).

Estes parâmetros, cálcio e magnésio, apresentaram a mesma tendência que o P e o NO_3^- , tanto no canal principal quanto nos tributários indicando a influência da atividade suinícola na qualidade das águas superficiais bem como da capacidade de autodepuração do próprio arroio.

Alguns trabalhos mostram que o dejetos líquido de suínos além de ser uma fonte importante de nitrogênio e fósforo é também uma excelente fonte de potássio para as plantas quando utilizado como fertilizante orgânico. Por não fazer parte de nenhum composto orgânico estável, praticamente todo o K presente no dejetos está na forma mineral e prontamente disponível às plantas logo após a aplicação do dejetos no solo, ao passo que para N e P apenas parte desse total está na forma mineral e o restante na forma orgânica (Basso, 2003).

O teor de potássio da água coletada onde há pouca interferência antrópica foi de $0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (média dos pontos P1, P3, P8 e P11). As amostras de água coletadas nos pontos do arroio principal (P2, P6, P7, P13, P10 e P12), que recebem efluentes das atividades suinícolas e das lavouras (NPK), apresentaram valor médio de potássio de $1,2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, mais do que o dobro da concentração natural destas águas.

No ponto P9, o qual se situa a jusante de três granjas criadoras de suínos, a água coletada apresentou um teor médio de potássio 9 vezes maior que na água coletada à montante (P8), Tabela 7, indicando uma alteração da qualidade.

A legislação em vigor não prevê valores máximos permitidos nas águas para tais elementos (Ca, Mg e K). Entretanto, a maior preocupação quanto à presença de nutrientes, em geral, está na eutrofização dos corpos de água e, como consequência a proliferação de algas que, ao entrarem em decomposição, diminuem os teores de OD, tendo como resultado a morte de peixes, além de intenso mau cheiro (Branco, 1986; Esteves, 1988).

TABELA 6 - Teores de cálcio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) e magnésio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) nas águas superficiais da microbacia do Arroio Caldeirão, Palmitinho/RS no período de novembro de 2006 a setembro de 2007.

Pontos	P1	P2	P6	P7	P13	P10	P12	P3	P4	P5	P8	P9	P11
	Canal principal						Tributário 1			Tributário 2		Trib. 3	
	Ca ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)												
1ª coleta	11,2	11,1	17,9	12,7	nc*	11,2	11	7,81	11,8	10,4	10,5	11	10,1
2ª coleta	9,25	26,7	12,5	14,2	19,7	24,7	21,7	12,1	10,4	10,8	11,7	24,4	11,1
3ª coleta	3,88	4,55	5,46	5,26	5,1	5,39	5,5	4,53	3,86	4,08	4,26	4,19	3,75
4ª coleta	8,3	9,3	10,3	10,4	10,5	10,1	9,5	8,5	8	9,3	8,1	10,4	8,3
Média	8,2	13	12	11	12	13	12	8,2	8,5	8,6	8,6	12	8,3
	Mg ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)												
1ª coleta	5,14	5,78	10,3	6,67	nc*	6	6,79	4,83	5,62	6,02	5,55	7,88	5,25
2ª coleta	5,3	12,8	9,4	9,5	12,2	11,8	6,9	6	11,2	5,2	6,1	11,9	5
3ª coleta	3,7	3,94	4,12	4,16	4,11	4,11	4,11	4,01	3,56	3,77	3,84	4,67	3,96
4ª coleta	3,3	3,7	4	4,2	4,2	4	3,6	3,4	3,2	3,6	3,3	4,2	3,3
Média	4,4	6,6	7	6,1	6,8	6,5	5,4	4,6	5,9	4,6	4,7	7,2	4,4

nc* não coletado

Org: CAPOANE, V.

A variação nos teores de sódio das águas analisadas seguiu a mesma tendência que o fósforo, nitrato, cálcio, magnésio e o potássio. A água coletada próximo a nascente do arroio principal P1, no tributário 1 P3 e na foz do tributário 3, P11, apresentou teor médio de sódio de $2,4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Estes teores foram os mais baixos encontrados em todo o curso d'água amostrado e podem ser considerados normais para as águas superficiais da microbacia devido à menor interferência

antrópica. A média do teor de sódio da água coletada nos demais pontos foi de 3 mg·L⁻¹. O aporte desses elementos é feito principalmente pelos resíduos orgânicos oriundos da criação de suínos. Essa interferência é percebida mais facilmente quando se compara o teor de sódio das águas coletadas nos pontos a montante das granjas criadoras de suíno, com a água dos pontos a jusante.

TABELA 7 – Teores de sódio (mg·L⁻¹) e potássio (mg·L⁻¹) das águas superficiais da microbacia do Arroio Caldeirão, Palmitinho/RS no período de novembro de 2006 a setembro de 2007 .

Pontos	P1	P2	P6	P7	P13	P10	P12	P3	P4	P5	P8	P9	P11
	Canal principal							Tributário 1			Tributário 2		Trib. 3
	Na (mg·L ⁻¹)												
1ª coleta	3,4	3,7	3,4	3,1	*nc	3,1	3,4	2,3	2,6	3,1	2,9	3,4	2,3
2ª coleta	2,4	3,9	3,3	4,1	5	4,1	3,6	3	1,9	2,7	2,7	5	2,1
3ª coleta	3	3,2	3,2	3	4,3	2,8	3,6	3,2	2,8	3,2	2,8	3,9	3,2
4ª coleta	1,1	1,7	1,5	1,8	2,1	2,1	1,8	1,5	1	1	1,8	2,1	1,2
Média	2,5	3,1	2,9	3	3,8	3	3,1	2,5	2,1	2,5	2,6	3,6	2,2
	K (mg·L ⁻¹)												
1ª coleta	0,6	0,6	0,9	0,9	*nc	1,1	1,1	*nd	*nd	0,3	0,3	2,9	0,6
2ª coleta	0,6	1,7	1,1	1,7	2,6	2,3	2	0,9	0,3	0,3	0,6	6,3	0,6
3ª coleta	0,6	0,9	0,6	1,1	1,3	1,3	1,1	0,4	0,4	0,6	0,4	2,6	0,6
4ª coleta	0,2	0,5	0,7	0,7	1	0,9	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	1,3	0,5
Média	0,5	0,9	0,8	1,1	1,6	1,4	1,3	0,5	0,3	0,3	0,4	3,3	0,6

nc* não coletado;

nd* abaixo do limite de detecção

Org: CAPOANE, V.

A determinação da concentração de cobre na água é importante, uma vez que níveis elevados (entre 1,0 e 5,0 mg·L⁻¹) podem proporcionar sabor desagradável, além de causar corrosão em sistemas de abastecimento.

Embora a ração utilizada na criação de suínos possua elevados teores totais de cobre e zinco, a água coletada em todos os pontos do arroio principal e de seus tributários continha muito baixa concentração, sendo inclusive muito abaixo dos valores máximos estabelecidos pelo CONAMA 357/05 para águas de classe 2 (0,18 e 0,009 mg·L⁻¹ para zinco total e cobre dissolvido). Somente na 3ª coleta a concentração de cobre apresentou valores detectáveis. Isto se deve a alta reatividade e energia de ligação que estes elementos apresentam com os colóides

(substâncias orgânicas e partículas inorgânicas) que se encontram em suspensão e nas lamias das margens dos arroios, o que dificulta a presença destes na forma solúvel.

3.2.2. Parâmetros microbiológicos monitorados

A distribuição do número mais provável de bactérias coliformes totais e de *E. coli* obedeceu à localização das criações de suínos existentes na microbacia. Os maiores valores de *E. coli* foram encontrados nos pontos de amostragem que se situavam logo abaixo das criações de suínos (P2, P6, P9 e P10).

Além disso, verifica-se a existência de uma diminuição da contaminação após a movimentação da água no decorrer do percurso do canal principal indicando diluição da concentração de microorganismos. Isto se deve a contribuição da água de melhor qualidade vinda de tributários, bem como pela oxigenação na sua movimentação, o que faz com que diminua a população de bactérias coliformes, as quais são sensíveis à presença de O₂ dissolvido na água.

TABELA 8 - Faixa de variação de Coliformes *E. Coli* das amostras analisadas.

Pontos	P1	P2	P6	P7	P13	P10	P12	P3	P4	P5	P8	P9	P11
	Canal principal							Tributário 1			Tributário 2		Trib. 3
1ª coleta	4,4	23	33	23	nc*	23	12	nd*	nd*	4,4	16	216	33
2ª coleta	nd*	49	nd*	33	4	4	6,8	nd*	1,9	12	4,4	4,4	nd*
3ª coleta	1,9	7,7	78	16	6,8	12	10	13	1,9	7,7	12	270	10
4ª coleta	4,4	16	78	16	4,4	2,3	1,9	nd*	1,9	7,7	33	127	4,4
Média	2,7	23,9	47,3	22	5,1	10,3	7,7	3,3	1,4	8	16,4	154,4	11,9

nc* não coletado

nd* abaixo do limite de detecção

Org: CAPOANE, V.

O ponto nove (P-9) foi o que apresentou a maior contaminação físico-química e também microbiológica. Este ponto situa-se a jusante de três granjas de criação de suínos. Adicionalmente, na semana anterior à 1ª coleta houve uma precipitação pluviométrica em torno de 190 mm o que acarretou no rompimento de uma das esterqueiras das granjas citadas carreando os dejetos diretamente ao arroio, o que acabou por agravar o problema. A concentração média de coliformes totais para este ponto foi de 2205, a maior dentre todos os pontos amostrados.

Na 2ª coleta, no período de estiagem, a situação encontrava-se mais crítica, os agricultores estavam com suas lavouras plantadas, logo, o uso como fertilizante orgânico era inviável e como o sistema de armazenamento não comportava todo dejetos que era produzido pelas granjas observava-se o transbordamento de algumas e os dejetos corriam em direção aos arroios.

Na 3ª coleta, no mês de maio, o valor não foi tão alto em função das chuvas que diluíram grande parte dos contaminantes, com exceção do P9 que manteve seu quadro de poluição.

Na 4ª coleta o quadro foi um pouco melhor em função das chuvas do período. Ressalta-se que o rompimento da esterqueira citada não foi totalmente resolvido pelo criador, este alegava não comportar em sua matriz os montantes de investimentos necessários para resolver o problema.

TABELA 9 - Faixa de variação de Coliformes totais das amostras analisadas.

Pontos	P1	P2	P6	P7	P13	P10	P12	P3	P4	P5	P8	P9	P11
	Canal principal							Tributário 1			Tributário 2		Trib. 3
1ª coleta	230	127	1070	216	nc*	780	692	127	23	488	488	3282	216
2ª coleta	1275	1275	488	4922	453	780	216	488	1275	780	312	488	488
3ª coleta	327	49	216	33	107	127	16	49	2	23	33	4922	16
4ª coleta	21	33	127	21	10	23	2	nd*	4	78	488	127	4
Média	463	371	475	1298	190	428	231	166	326	342	330	2205	181

nc* não coletado

nd* abaixo do limite de detecção

Org: CAPOANE, V.

Na interpretação dos indicadores é importante considerar que: a qualidade da água muda ao longo do ano, em função de fatores meteorológicos e da eventual sazonalidade de lançamentos e, à medida que o arroio avança em direção à foz, a qualidade melhora por duas causas: a capacidade de autodepuração do próprio rio e a diluição dos contaminantes pelo recebimento de água de melhor qualidade de seus afluentes. Esta recuperação, entretanto, atinge apenas os níveis de qualidade aceitável ou boa. É muito difícil a recuperação ser total (CETESB, 2005).

Após verificar os valores obtidos, através de tabelas e representações gráficas, é possível concluir que, contrariando a expectativa inicial geradora da pesquisa, que seria a de uma maior poluição dos recursos hídricos por dejetos de suínos a qualidade da água do Arroio Caldeirão sofre variações consideráveis até

desembocar no Rio Guarita. Embora as análises realizadas durante o ano de 2006 e 2007 tenham demonstrado que a poluição hídrica concentrava-se especialmente a jusante das granjas, seria necessário realizar novas análises, já que a suinocultura é considerada intensa nesta MBH, e a problemática que envolve a questão dos dejetos desta atividade é merecedora de permanente atenção.

Objetivou-se, através dessas análises interpretar os resultados e relacionar as atividades antrópicas com a possível poluição ao longo dos cursos hídricos. Buscou-se também apontar, mais especificamente, o nível de poluição hídrica causada por dejetos de suínos na microbacia e se estes estariam interferindo na qualidade da água dos arroios. Assim, a questão da poluição hídrica por dejetos de suínos na MBH do Arroio Caldeirão no Município de Palmitinho permanece como um problema na área pesquisada.

3.3. A visão dos criadores quanto aos problemas ambientais advindos da suinocultura

Através de conversas informais com os produtores, principalmente nas datas de coleta, foi possível verificar que existe uma uniformidade de opinião sobre a importância da conservação do meio ambiente, porém com um baixo nível de percepção da poluição causada pela suinocultura.

Os proprietários expuseram uma situação existente: a acumulação dos dejetos em esterqueiras, figuras 17 e 18, e a dificuldade para irrigação com equipamentos em solos agrícolas. Alegaram falta de apoio por parte da administração Municipal, uma vez que a distribuição dos dejetos nas lavouras só pode ser realizada com maquinário especializado pertencente à prefeitura Municipal, onde além do suinocultor ter que pagar pelo uso do equipamento, há fila de espera.

É preciso considerar ainda que os criadores, na maioria dos casos, não desejam poluir os cursos d'água nem contaminar o solo e subsolo, mas a desinformação, e os empecilhos burocráticos apresentados por entidades financeiras e governamentais para a concessão de empréstimos necessários à implantação de programas de manejo de dejetos, são fatores que podem determinar a solução ou não do problema ambiental em questão.



Figuras 17 e18 – Extravasamento de dejetos em duas esterqueiras.
Fotos: CAPOANE, V.

Atualmente a totalidade das propriedades onde há criação de suínos nesta microbacia os dejetos são utilizados como fertilizante orgânico na adubação de lavouras servindo como fonte de nutrientes em culturas comerciais, mais especificamente na cultura do milho. Além de representar uma forma de descarte é sem dúvida uma alternativa que poderia reduzir o custo de produção e incrementar os lucros da atividade suinícola. Porém, a utilização de dejetos de suínos como fertilizante orgânico tem contribuído para a contaminação dos recursos hídricos, pois as quantidades aplicadas, provavelmente, são superiores à capacidade do solo e das plantas absorverem os nutrientes presentes nesses resíduos. Dessa forma, poderá ocorrer contaminação das águas superficiais pelo deflúvio quando a capacidade de infiltração da água no solo for baixa e contaminação das águas subterrâneas quando a infiltração da água no solo for elevada.

Como não há estudos quanto à capacidade de suporte do solo nesta microbacia é provável que este também esteja sendo contaminado em decorrência do excesso de nutrientes, pois, conforme Streck et al. (2008) pg. 176 “aplicações repetidas de dejetos de animais resultam em acumulações de fósforo e de elementos traço (Zn e Cu) no solo.” Assim, os agricultores desprovidos de acompanhamento técnico especializado e na tentativa de melhorar a nutrição para as plantas com adição de adubo orgânico proveniente dos efluentes da suinocultura, provavelmente estão aplicando no solo outros nutrientes em excesso, o que a longo prazo poderá causar sérios impactos não só ambientais como também econômicos.

Outro problema ocasionado pela alta concentração de animais e de dejetos produzidos nessa microbacia são os maus odores, sendo as principais fontes a distribuição de dejetos no solo e os locais de armazenamento, no geral próximos a estradas e residências.

Percebeu-se que os equipamentos utilizados na aplicação não estavam sendo regulados de forma correta, a declividade do terreno onde a aplicação ocorria, na maioria das vezes era excessiva, facilitando o escoamento superficial agravando o quadro de poluição dos recursos naturais.

Todas as propriedades analisadas possuíam o sistema de armazenagem de dejetos, porém o tinham sub-dimensionado, e o tempo de retenção na esterqueira era menor que 120 dias, período exigido pela legislação. Desta forma, estão sendo dispostos nos solos dejetos que ainda não foram totalmente degradados, portanto, com maior risco ambiental.

Em quatro das propriedades avaliadas foram instalados biodigestores, no entanto, até o término do monitoramento nenhum se encontrava em pleno funcionamento. Ressalta-se que no quesito, sistema de armazenagem não foram considerados os estabelecimentos que produzem suínos apenas para subsistência.

Outro aspecto a ser citado é o relativo ao abastecimento de água para o consumo humano. Nessa microbacia 90% das famílias utilizam água vinda de um poço artesiano, coordenadas de 240996 W e 6977000 S, figura 8. Cabe salientar que este poço localiza-se dentro de um potreiro, figura 19, sem uma cerca de proteção no seu entorno além do que, o selo sanitário apresenta rachaduras, figura 20. Em vista disto os contaminantes poderão infiltrar e atingir o aquífero podendo vir a causar danos à saúde da população que consome desta água.



Figuras 19 e 20 – Poço artesiano que abastece a comunidade da MBH do Arroio Caldeirão.
Fotos: CAPOANE, V.

E finalmente, uma das questões que merece ser citada é a relativa à legislação ambiental obrigatória para todas as atividades agropecuárias que dispõe da criação de animais confinados (incluídos os suínos). Todas as granjas desta

microbacia possuem a referida licença, embora nem todas estejam totalmente de acordo com as normas exigidas pela legislação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando-se os resultados obtidos envolvendo os aspectos qualitativos das águas superficiais da microbacia do Arroio Caldeirão pôde-se concluir que a atividade suinícola tem contribuído para a sua alteração. A água coletada próximo as nascentes dos tributários e do arroio principal apresentaram valores muito baixos de elementos químicos, pois há baixa interferência humana. No entanto, a água coletada em locais após ações antrópicas, especialmente àquelas com intensa atividade suinícola, possuía teores de fósforo, nitrato, potássio, cálcio e magnésio mais elevados do que o padrão normal das águas da microbacia.

Isto está associado ao manejo inadequado dos dejetos, à ausência de sistema de tratamento e à proximidade das granjas criadoras de suínos a rede drenagem, o que indica que existe nesta microbacia um superávit na produção de dejetos que não tem sido adequadamente manejado pelo suinocultor através da reciclagem como fertilizante orgânico, comprometendo desta forma a qualidade ambiental.

Diante do exposto, a questão da poluição hídrica por dejetos de suínos na MBH do Arroio Caldeirão deve ser merecedora de atenção tendo em vista que em alguns pontos, as análises de água apresentaram valores mais elevados do que o padrão normal das águas da microbacia e, em alguns pontos ultrapassando os limites do CONAMA resolução 357/05 como o P, por exemplo, média de $0,36 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Observando a taxa de concentração de suínos na área sugere-se um plano de gestão ambiental, a fim de viabilizar a própria atividade e o manejo dos dejetos, tentando com isto evitar a degradação.

Quanto à percepção dos produtores diante da problemática ambiental da suinocultura, estes reconhecem a necessidade de uma solução, mas ao mesmo tempo argumentam que a suinocultura não comporta os custos para atender os padrões estabelecidos pela legislação ambiental. Dentre os argumentos, foram destacados o custo do tratamento e o transporte dos dejetos. Cabe salientar, que o

tratamento dos dejetos depende da situação econômica do produtor, além das características geográficas das propriedades.

Com o estudo realizado pode-se notar também a aplicabilidade dos mapas temáticos. Isso se dá pela facilidade de visualização e de análise das condições da microbacia através da cartografia temática. O uso das técnicas de geoprocessamento se mostrou muito eficaz para o diagnóstico e espacialização das fontes poluidoras, além da análise espacial das mesmas com as características físicas do meio em que estão inseridas. Além disso, foi possível observar que a disponibilidade do material cartográfico é determinante na qualidade dos resultados obtidos no diagnóstico, já que com representações gráficas precisas, os erros no momento das decisões serão menores.

Espera-se que na implantação de novas granjas na microbacia do Arroio Caldeirão seja feito uso do banco de dados gerados em SIG nesta pesquisa bem como seus produtos - os mapas temáticos, pois o uso de geotecnologias se mostrou de grande relevância neste trabalho podendo servir de subsídio no planejamento ambiental da área.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

ALVES, R. E. B. **Environmental impacts caused by modern agriculture: a methodological approach for assessment of alternatives for crop production.** Aberdeen: University of Aberdeen, 1995. 56 pg.

ASSIS, F. O. **Poluição hídrica por dejetos de suínos:** um estudo de caso na área rural do município de Quilombo, Santa Catarina. 2006. 182 pg. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INFORMAÇÕES E PESQUISA EM CARNE SUÍNA - ABIPECS. **Relatório Anual de Produção de Suínos.** 2001. Disponível em: www.abipecs.com.br. Acesso em 21 de dez. de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INFORMAÇÕES E PESQUISA EM CARNE SUÍNA - ABIPECS. **Anuário 2003 Da suinocultura Industrial.** Nº 01 de 2003 ed. 166 Ano Disponível em: www.abipecs.org.br. Acesso em 14 de dez. de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INFORMAÇÕES E PESQUISA EM CARNE SUÍNA - ABIPECS. Disponível em www.abipecs.org.br. Acesso em: 17 de maio de 2008.

ASSOCIAÇÃO DE CRIADORES DE SUINOS DO RIO GRANDE DO SUL-ACSURS. **Dados estatísticos sobre a suinocultura do RS.** Disponível em: www.acsurs.com.br/html. Acesso em: 10 de fev. de 2008.

Atlas Sócio Econômico Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.scp.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=448> Acesso em: 10 jan. 2008.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Water Quality for Agriculture. Tradução H. R. Ghety e J. F. de Medeiros, UFPB, Campina Grande - PB. 1991. 217 pg.

BALDISSERA, I. T. **Poluição por dejetos de suínos no Oeste Catarinense.** Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.15, n.1, 2002.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; NASCIMENTO, L. E. et al. Coliformes como indicadores da qualidade da água. Alcance e limitações. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2000, Porto Alegre: AIDIS. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. (CD-ROM).

BASSO, C. J. **Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos**. 2003. 125pg. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2003.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. v3. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003. pg. 877 – 1436: il.

BRANCO, A. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3. ed. São Paulo: Cetesb/Ascetesb, 1986. 640 pg.

BRASIL, D. M. **Apontamentos sobre o valor do prejuízo ecológico. Alguns parâmetros da suinocultura em Braço do Norte**. 2002. 222 pg. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

_____, Constituição Federal (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado 1988.

CAMPONOGARA, I. **Vulnerabilidade Natural do Sistema Aquífero Guarani, em Santana do Livramento, RS, com uso de Geotecnologias**. 2006. 110 pg. Dissertação (Mestrado em Geomática) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

CAPOANE, V., STURM, L. T., SILVÉRIO DA SILVA, J. L. O uso de técnicas de geoprocessamento na avaliação de áreas susceptíveis a contaminação pela atividade suinícola na microbacia hidrográfica do Arroio Caldeirão, Palmitinho - RS In: XXVII Encontro Estadual de Geografia, **Anais...** Santa Maria, 2007. pg 01 – 10.

CEBALLOS, B. S. O. Determinação de coliformes fecais E. coli pelo método do substrato definidos: alguns inconvenientes. Atualidades técnicas **Revista de Engenharia sanitária e ambiental**. V.3. nº 1: jan./fev. e nº 2 abr./jun.,1998. pg 9-10.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: 2 ed. Edgard Blücher, 1980. 188 pg.

COMPANHIA TECNOLÓGICA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidades das águas interiores do estado de São Paulo 2004 / CETESB**. São Paulo: CETESB, 2005.

CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002, Florianópolis - SC, **Anais...** Florianópolis: [s.n.], 2002. pg. 93 - 103.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE/CONAMA. Resolução nº1, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conam/res86/res0186.html Acesso em: 17 jan. 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE/CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, 23 pg.

CORREA, L. B.; CORREA, E. K.; Estudos das fontes poluidoras em granjas produtoras de suínos: uma perspectiva de educação ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 2003. São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2003. pg 447-448.

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo.** São Paulo: UNESP, 2001. 141 pg.

COSTA, R. H. R.; MEDRI, W.; PERDOMO, C. C. Otimização do sistema de tratamento. Decantador de palhetas e lagoas anaeróbicas facultativas e de aguapés In: SIMPÓSIO INTERNAZIONALE DI INGEGNERIA SANITÁRIA AMBIENTALE, 1997, Ravello - Villa Rufolo. **Anais...** Ravello, [s.n.], 1997, pg 1018-1025.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 1ª Edição. São Paulo. CETESB, 1992.

DIAS, L. E.; ÁLVAREZ, V. H. V. **Fertilidade do solo.** Viçosa-MG. UFV. 1996. 204pg.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manejo de dejetos.** Comunicado Técnico, 2004. Disponível em: [sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Suinos/manejo de dejetos.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Suinos/manejo_de_dejetos.html) Acesso em: 02 dez. 2005.

EPA (U.S. Environmental Protection Agency). **Quality criteria for water.** EPA 440/5-86-001. Washington, D. C.1986.

EPAGRI. **Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos.** Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA - CNPSA. 1995. 106p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, 548 pg.

FEACHEM, R. G.; BRADLEY, D. J.; GARELICK, H.; MARA D. D. (1983). **Sanitation and disease: Health aspects of excreta and wastewater management**. New York. John Wiley & Sons. 1983. 501 pg.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. Disponível em: www.fepam.rs.gov.br/programas/monitoramento_uru.asp. Acesso em: 22 de dez. de 2007.

GIROTTI, A. F.; MIELE, M. **Situação atual e tendências para a suinocultura brasileira nos próximos anos**. Suinocultura Industrial. n.º 01. pg 16-25. 2005.

GIUSQUIANI, P.L.; CONCENZZI, L.; BUSINELLI, M.; MACCHIONI, A. Fate of pig sludge liquid fraction in calcareous soil: agricultural and environmental implications. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.27, pg 364-371, 1998

Holanda, J. S. de; Amorim, J. R. A. de (1997). **Qualidade da água para irrigação, In: Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Gheyi, H.R.; Queiroz, J. E.; Medeiros, J. F. de Campina Grande: UFPB, pg 137-169.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. **Manual de gestão ambiental na suinocultura no estado do Paraná**. IAP – MMA-PNMAII/SEMA/IAP/FUNPAR. Curitiba. 2004. 164 pg.

JAKCSON, L. L. **Large-scale swine production and water quality**. In. THU, M.K e DURRENBERGHER, E.P. Pigs, profits, and rural communities. State University of New York, 1998. cap.6, pg 103-122.

KAISER D. R. **Nitrato na solução do solo e na água de fontes para consumo humano numa microbacia hidrográfica produtora de fumo**. 2006. 114 pg. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2006.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fundo da cultura econômica. 1948.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3º ed. São Paulo. Editora Agronômica Ceres. 1981. 596 pg.

MATTIAS, J. L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006, 164 pg. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

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**, v.3, n.4, pg 33-38, 2002.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, Oxford, v.27, pg.31-36, 1962.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. EMBRAPA-CNPQA. Documentos, 27, 1993. 188 pg.

OLIVEIRA, P. A. V. Aspectos práticos do manejo de dejetos de suínos: Manejo da água - Influência no volume de dejetos produzidos. Florianópolis: **PAGRI/EMBRAPA-CNPQA**, 1995, pg. 29-33.

OPPA, M. V. F. **Mapeamento e geoprocessamento dos aspectos físicos-naturais da bacia hidrográfica do Rio Ibicuí – RS**. 2003. 124pg. Monografia (Especialização em Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

PAGANINI, W. S. **Disposição de esgoto no solo – escoamento à superfície**. 2º ed. São Paulo. Fundo editorial da AESABESP.1997. 232 pg.

PALHARES, J. C. P. **Análise ambiental para a produção de suínos no Sul do Brasil**. Disponível em: www.porkworld.com.br/index.php?documento=1038 Acesso em: 08 de fev. de 2008.

PERDOMO, C. C. et al. **Considerações Sobre a Questão dos Dejetos e o Meio Ambiente**. Brasília: Embrapa, 1998. 388 pg.

PEREIRA, F. A. **Melhoramento genético de suínos**. XXXVII Reunião Anual da SBZ, Viçosa-MG, 24 a 27 de Julho de 2000.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. B. **Águas doces no Brasil**. São Paulo: Escrituras; 2002.

ROBERTO, J. Sistemas de Informação. Disponível em: www.terraviva.pt/meiapraia/4115/Consultor/TI/SI/Sistemas_Informacao.htm. Acesso em: 18 de fev de 2007.

ROPPA, L. **A globalização e as perspectivas da produção de suínos no continente sul-americano**. 2003. Disponível em: www.acsurs.com.br/resumo.html

Acesso em 23 abr. 2007.

RUDORFF, B. F. T. **Produtos de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, [s./d.].

SANTOS, D. R. dos; GONÇALVES, C. S.; PELLEGRINI, J. B. R. Impacto das atividades agropecuárias na qualidade da água. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 27, pg 85-96. 2003.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. I. Aproveitamento dos dejetos de suínos como fertilizantes. **Dia de campo sobre manejo e utilização de dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA/CNPISA, 1994. 47 pg.

SILVA, A. S.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**. Campina Grande – Paraíba, 2001.

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

STEGEMAMN, C. Limpeza produtiva: o tratamento dos dejetos acumulados nas pocilgas evita a poluição dos recursos hídricos e reforça a adubação agrícola. **Globo Rural**, jun. 1997. Suinocultura.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 pg.

SUINO.COM. Contaminação das fontes de água por coliformes fecais. **A Comunidade Virtual da Suinocultura Brasileira**. Seção Meio-ambiente. Disponível em: www.suino.com.br/meioambiente. Acesso em 22 de abr. 2002.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. Da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI : Enfrentando a escassez**. São Carlos: Rima, IIE, 2003.

US Environmental Protection Agency (USEPA). Proposed guidelines for ecological risk assessment: **Notice**. FRL-5605-9. Federal Register, 61, 47552-47631, 1996.

VOTTO, A. G. **Zoneamento da poluição hídrica causada por dejetos de suínos no extremo oeste de Santa Catarina**. 1999. 201 pg. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

ZUCCARI, M. L. **Determinação de fatores abióticos e bióticos do Ribeirão Lavapés (Botucatu, SP)**. 1992. 113 pg. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

WRUCK, J. F. **Mobilidade de nitrato, cobre e zinco provenientes do efluente líquido da granja suinícola, no solo**. 1997. 84 pg. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 1997.

ANEXOS

ANEXO A - Banco de dados com os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas - 1ª coleta, novembro de 2006.

Data	1ª coleta 26/11/2006												
	Canal Principal						Tributário 1			Tributário 2		Trib. 3	
Pontos	P1	P2	P6	P7	P13	P10	P12	P3	P4	P5	P8	P9	P11
Hora	14:02	14:31	15:32	15:42	-	16:16	16:38	14:57	15:05	15:21	15:52	16:03	16:25
T°C ar	27	33	36	30	nc*	32	42	39	40	32	32	39	28
T°C H ₂ O	23,7	24,3	25,7	25	nc*	25,4	26	23,1	25,1	24,8	26,6	29,1	25,3
pH	7,04	7,12	7,23	7,2	nc*	7,17	7	6,48	6,66	7,03	6,88	7,6	7,38
OD (mg·L ⁻¹)	4,88	5,67	5,46	5,86	nc*	6,05	5,2	4,9	4,79	4,86	4,96	4,82	5,34
Turbidez (NTU)	4,36	6,77	8,17	5,9	nc*	4,69	4,1	2,85	5,58	6,3	26,8	58,3	2,08
Cor (uH)	nd*	nd*	30	30	nc*	20	10	10	15	20	60	130	5
CE μS·cm ⁻¹	103,5	104,8	110	116,8	nc*	124,8	118,6	72,3	98,6	103,2	127,1	171,2	92,5
STD (mg·L ⁻¹)	66,24	67,07	70,4	74,75	nc*	79,87	75,9	46,27	63,1	66,05	81,34	109,57	59,2
Coliformes/ Total	230	127	1070	216	nc*	780	692	127	23	488	488	3282	216
Coliformes/ <i>E. Coli</i>	4,4	23	33	23	nc*	23	12	nd*	nd*	4,4	16	216	33
N mg·L ⁻¹	nd*	nd*	0,15	0,09	nc*	nd*	0,09	nd*	nd*	nd*	nd*	0,21	0,03
NO ₃ ⁻ mg·L ⁻¹	1,6	1,93	2,25	1,86	nc*	2,19	2,12	0,96	1,73	1,86	3,16	3,94	2,25
P mg·L ⁻¹	0,06	0,09	0,08	0,09	nc*	0,16	0,05	0,02	0,06	0,08	0,06	0,54	0,03
Na mg·L ⁻¹	3,4	3,7	3,4	3,1	nc*	3,1	3,4	2,3	2,6	3,1	2,9	3,4	2,3
K mg·L ⁻¹	0,6	0,6	0,9	0,9	nc*	1,1	1,1	0	0	0,3	0,3	2,9	0,6
Ca mg·L ⁻¹	11,24	11,07	17,85	12,7	nc*	11,24	10,98	7,81	11,84	10,38	10,47	10,98	10,12
Mg mg·L ⁻¹	5,14	5,78	10,3	6,67	nc*	6	6,79	4,83	5,62	6,02	5,55	7,88	5,25
Cu mg·L ⁻¹	nd*	nd*	nd*	nd*	nc*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
Zn mg·L ⁻¹	0,1	nd*	nd*	nd*	nc*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*

*nc: não coletado ----- *nd: não detectado

ANEXO B - Banco de dados com os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas - 2ª coleta, fevereiro de 2007.

Data	2ª coleta 22/2/2007												
	Canal principal							Tributário 1			Tributário 2		Trib. 3
Pontos	P1	P2	P6	P7	P13	P10	P12	P3	P4	P5	P8	P9	P11
Hora	18:15	17:53	16:53	16:38	15:45	15:28	14:37	17:25	17:35	19:06	16:08	16:15	14:58
T°C ar	23,4	31	28	27	29	28,5	33,5	29	35	28	32	35	28,5
T°C H ₂ O	23	25,4	27,5	24,7	25,5	26,7	27,7	25	25,3	25	28,7	27,8	26,8
pH	6,1	6,58	7,56	7,21	7,9	7,35	7,14	5,8	6,58	6,78	6,5	6,9	6,51
OD (mg·L ⁻¹)	4,13	4,98	6,32	6,26	6,2	6,93	6,3	1,23	4,57	5,7	8,55	2,5	5,55
Turbidez (NTU)	3,15	2,8	0,8	0,35	nd*	0,41	0,66	2,32	2,95	2,37	11,5	6,77	nd*
Cor (uH)	10	30	15	10	10	15	15	nd*	5	10	100	70	5
CE µS·cm ⁻¹	92,6	151,8	141,1	169,3	102	159	136,2	89,6	101,2	77,8	94,9	209	76,1
STD (mg·L ⁻¹)	59,3	97,2	90,3	108,4	65,3	101,8	87,2	57,3	64,8	49,8	60,7	133,8	48,7
Coliformes/ Total	1275	1275	488	4922	453	780	216	488	1275	780	312	488	488
Coliformes/ <i>E. Coli</i>	nd*	49	nd*	33	4	4	6,8	0	1,9	12	4,4	4,4	nd*
N mg·L ⁻¹	0,7	1,55	1,24	1,18	1,06	0,39	1,37	1,67	0,88	0,51	1,12	3,43	1,61
NO ₃ ⁻ mg·L ⁻¹	1,65	2,07	1,72	2,33	3,18	2,85	1,59	1,43	1,62	1,56	1,94	4,15	1,26
P mg·L ⁻¹	0,018	0,114	0,028	0,055	0,055	0,049	0,049	0,024	0,025	0,043	0,082	0,313	0,022
Na mg·L ⁻¹	2,4	3,9	3,3	4,1	5	4,1	3,6	3	1,9	2,7	2,7	5	2,1
K mg·L ⁻¹	0,57	1,71	1,14	1,71	2,57	2,29	2	0,86	0,29	0,29	0,57	6,29	0,57
Ca mg·L ⁻¹	9,25	26,68	12,49	14,2	19,68	24,71	21,74	12,13	10,42	10,78	11,68	24,35	11,05
Mg mg·L ⁻¹	5,3	12,8	9,4	9,5	12,2	11,8	6,9	6	11,2	5,2	6,1	11,9	5
Cu mg·L ⁻¹	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
Zn mg·L ⁻¹	nd*	nd*	nd*	0,1	nd*	0,1	0,2	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*

*nd: não detectado

ANEXO C - Banco de dados com os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas - 3ª coleta, maio de 2007.

Data	3ª coleta 21/05/2007												
	Canal principal							Tributário 1			Tributário 2		Trib. 3
Pontos	P1	P2	P6	P7	P13	P10	P12	P3	P4	P5	P8	P9	P11
Hora	10:16	10:05	09:18	09:05	08:54	08:40	07:55	09:43	09:54	09:26	10:35	10:47	08:15
T°C ar	18	17,8	14	14	15	15	15	17	17,5	15	17	18	14
T°C H ₂ O	19,1	18	17,6	17,3	17,3	17	17,1	18,7	18,9	18,5	19,8	19,9	17,6
pH	6,37	6,43	6,66	6,51	5,42	6,66	5,5	6,3	6,34	6,6	6,73	7,64	6,63
OD (mg·L ⁻¹)	4,56	4,85	4,73	5,23	4,88	4,83	4,78	4,27	4,53	4,61	4,54	4,99	4,79
Turbidez (NTU)	4,78	5,9	7,21	6,1	5,17	5,83	6,01	5,62	27,1	7,77	6	22,6	3,74
Cor (uH)	10	20	20	20	20	15	15	10	60	30	15	60	5
CE µS·cm ⁻¹	110,6	107,5	112,5	116	115,8	115,9	110,8	111,3	96,6	99,3	100,5	152,9	102,7
STD (mg·L ⁻¹)	70,8	68,8	72	74,2	74,1	74,2	70,9	71,2	61,8	63,6	64,3	97,9	65,7
Coliformes/ Total	327	49	216	33	107	127	16	49	1,9	23	33	4922	16
Coliformes/ <i>E. Coli</i>	1,9	7,7	78	16	6,8	12	10	13	1,9	7,7	12	270	10
NO ₃ ⁻ mg·L ⁻¹	2,25	2,28	2,85	3,04	3,45	3,54	3,35	2,66	2,28	2,28	2,59	3,83	2,25
P mg·L ⁻¹	0,01	0,03	0,01	0,03	0,10	0,02	0,05	0,04	0,04	0,01	0,03	0,51	0,02
Na mg·L ⁻¹	3	3,2	3,2	3	4,3	2,8	3,6	3,2	2,8	3,2	2,8	3,9	3,2
K mg·L ⁻¹	0,6	0,9	0,6	1,1	1,3	1,3	1,1	0,4	0,4	0,6	0,4	2,6	0,6
Ca mg·L ⁻¹	3,88	4,55	5,46	5,26	5,1	5,39	5,5	4,53	3,86	4,08	4,26	4,19	3,75
Mg mg·L ⁻¹	3,7	3,94	4,12	4,16	4,11	4,11	4,11	4,01	3,56	3,77	3,84	4,67	3,96
Cu mg·L ⁻¹	0,06	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	nd*	0,01	0,02	0,01	nd*	0,01	0,01
Zn mg·L ⁻¹	0,07	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	0,01	nd*

*nd: não detectado

ANEXO D - Banco de dados com os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas - 4ª coleta, setembro de 2007.

Data	4ª coleta 02/09/2007												
	Canal principal							Tributário 1			Tributário 2		Trib. 3
Pontos	P1	P2	P6	P7	P13	P10	P12	P3	P4	P5	P8	P9	P11
Hora	17:15	16:20	16:25	14:15	15:20	15:07	14:38	15:55	16:05	16:27	13:43	13:57	14:53
T°C ar	nc*	nc*	27	30	27	25	31	nc*	nc*	nc*	25	30	25
T°C H ₂ O	19,1	20	22,4	19,8	19,6	19,7	19,7	22	20	21,6	24,3	23,5	19,5
pH	5,9	6,4	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	5,8	6,5	7,4	6,5	6,3
OD (mg·L ⁻¹)	5,8	6	5,4	6,3	5,9	6,1	6,9	6,1	5,8	5,6	5,2	4,6	6
Turbidez (NTU)	3,9	4,1	5,1	2,4	2,1	1,6	2,1	4,8	7,5	6,4	7,5	10,5	0,4
Cor (uH)	10	20	30	15	10	10	10	10	40	30	40	60	5
CE µS·cm ⁻¹	79	108	112	117	117	112	106	97	74	101	89	120	90
STD (mg·L ⁻¹)	51	69	72	75	75	72	68	62	48	65	57	76	57
Coliformes/ Total	21	33	127	21	10	23	1,9	nd*	4,4	78	488	127	4,4
Coliformes/ <i>E. Coli</i>	4,4	16	78	16	4,4	2,3	1,9	nd*	1,9	7,7	33	127	4,4
NO ₃ ⁻ mg·L ⁻¹	1,17	1,33	1,61	2,12	2,2	2,25	1,74	1,04	1,3	1,39	0,98	2,15	0,73
P mg·L ⁻¹	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,06	0,03
Na mg·L ⁻¹	1,1	1,7	1,5	1,8	2,1	2,1	1,8	1,5	1	1	1,8	2,1	1,2
K mg·L ⁻¹	0,2	0,5	0,7	0,7	1	0,9	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	1,3	0,5
Ca mg·L ⁻¹	8,3	9,3	10,3	10,4	10,5	10,1	9,5	8,5	8	9,3	8,1	10,4	8,3
Mg mg·L ⁻¹	3,3	3,7	4	4,2	4,2	4	3,6	3,4	3,2	3,6	3,3	4,2	3,3
Cu mg·L ⁻¹	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
Zn mg·L ⁻¹	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*

*nd: não detectado