

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**QUALIDADE DE ÁGUA SUPERFICIAL EM BACIA  
HIDROGRÁFICA COM EXPLORAÇÃO MISTA  
LEITE/GRÃOS**

**FÁBIO JOSÉ BUSNELLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal

Passo Fundo, Março de 2012

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**QUALIDADE DE ÁGUA SUPERFICIAL EM BACIA  
HIDROGRÁFICA COM EXPLORAÇÃO MISTA  
LEITE/GRÃOS**

**FÁBIO JOSÉ BUSNELLO**

**Orientador: Prof. Dr. Edson Campanhola Bortoluzzi**  
**Coorientador: Prof. Dr. Danilo Rheinheimer dos Santos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal

Passo Fundo, Março de 2012

## Ata de Aprovação da Banca



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

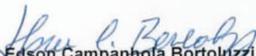
"Qualidade de água superficial em bacia  
hidrográfica com exploração mista leite/grãos"

Elaborada por

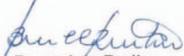
FÁBIO JOSÉ BUSNELLO

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em  
Agronomia – Área de Produção Vegetal

Aprovada em: 30/03/2012  
Pela Comissão Examinadora

  
Dr. Edson Campanhola Bortoluzzi  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientador

  
Dra. Simone Meredith Scheffer Basso  
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

  
Dra. Bernadete Radin  
Fepagro

  
Dr. Hélio Carlos Rocha  
Diretor FAMV

  
Dr. Diovane Freire Moterle  
Instituto Federal Bento Gonçalves

DEDICO  
*Aos grandes incentivadores desta caminhada*  
*Meus pais Euclides e Lídia Busnello*

## Agradecimentos

*Agradeço primeiramente a “Deus” por me ajudar em todos os momentos que mais precisei.*

*Aos meus pais Euclides e Lídia Busnello, que mostraram o caminho do aprendizado. Devo tudo a eles, essenciais em todos os momentos.*

*A minha namorada Juliane Maria Spagnollo, por se fazer presente em todos os momentos, pela sinceridade, amor e por entender a minha ausência, frente a esta trajetória.*

*Aos meus irmãos, Jaqueline, Grasielle e André, os quais fazem parte da minha caminhada.*

*À Universidade de Passo Fundo e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do Mestrado e pela concessão da bolsa de estudo.*

*Ao Prezado orientador Edson Campanhola Bortoluzzi, pelas discussões enriquecedoras, por se fazer presente em todas as ocasiões nunca perdendo o foco da construção de grandes iniciativas, pelas palavras de apoio e incentivo e por me fazer trilhar caminhos nunca trilhados, descobrindo o novo.*

*Ao Corede Produção, Coaju, a Prefeitura Municipal e Emater ASCAR/RS de Vila Maria – RS, pelo apoio ao estudo.*

*A todos os produtores rurais, fica a gratidão e confiança em dedicar parte do seu tempo para a construção deste trabalho.*

*Aos colegas do ppgAgro e aos bolsistas de iniciação científica e colegas do Laboratório de Uso e Manejo do Território e de Recursos Naturais/FAMV – UPF.*

## SUMÁRIO

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>5</b>      |
| 1.1 Hipóteses do trabalho .....  | 6             |
| 1.2 Objetivo geral .....   | 6             |
| 1.3 Objetivos específicos .....  | 6             |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>   | <b>8</b>      |
| 2.1 Definição e importância de estudos em bacias hidrográficas de cabeceira .....    | 8             |
| 2.2 Qualidade da água superficial .....  | 9             |
| 2.3 Contaminação das águas superficiais .....  | 10            |
| 2.4 Parâmetros físicos e químicos de qualidade da água .                             | 12            |
| 2.4.1 pH .....   | 12            |
| 2.4.2 Condutividade elétrica (CE).....   | 13            |
| 2.4.3 Oxigênio dissolvido (OD).....  | 13            |
| 2.4.4 Nitrogênio .....   | 14            |
| 2.4.5 Potássio (K <sup>+</sup> ).....  | 15            |
| 2.4.6 Sódio (Na <sup>+</sup> ).....  | 15            |
| 2.4.7 Cálcio (Ca <sup>2+</sup> ).....  | 15            |
| 2.4.8 Magnésio (Mg <sup>2+</sup> ).....  | 16            |
| 2.4.9 Cor .....  | 16            |
| 2.4.10 Turbidez .....  | 16            |
| 2.4.11 Dureza .....  | 17            |
| 2.4.12 Ferro (Fe <sup>3+</sup> ).....  | 17            |
| 2.4.13 Cobre (Cu <sup>+</sup> ) .....  | 17            |
| 2.4.14 Zinco (Zn <sup>+</sup> ).....   | 18            |
| 2.4.15 Fósforo .....   | 18            |
| 2.4.16 Sedimentos .....  | 19            |
| 2.5 Transferências de elementos químicos dos sistemas terrestres aos aquáticos ..... | 20            |
| 2.6 Exploração leiteira e Qualidade da água  | 23            |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>  | <b>25</b>     |
| 3.1 Localização e caracterização do local .....                                      | 25            |
| 3.2 Uso do solo na BH .....  | 28            |
| 3.3 Caracterização das atividades .....  | 29            |
| 3.4 Coletas de amostras de água .....  | 31            |
| 3.4.1 Pontos de coleta de água .....   | 31            |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.4.2 Épocas de coleta .....   | 34        |
| 3.5 Análises de água .....   | 35        |
| 3.6 Tratamentos estatísticos dos dados de qualidade de<br>água ..... | 36        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                | <b>37</b> |
| 4.1 Parâmetros físico-químicos de águas superficiais .....           | 37        |
| 4.1.1 pH .....   | 37        |
| 4.1.2 Condutividade elétrica .....                                   | 39        |
| 4.1.3 Oxigênio Dissolvido .....                                      | 41        |
| 4.1.4 Amônio .....   | 43        |
| 4.1.5 Nitrato .....  | 46        |
| 4.1.6 Fósforo Total .....  | 50        |
| 4.1.7 Fósforo solúvel .....  | 53        |
| 4.1.8 Sedimentos .....   | 56        |
| 4.1.9 Outros parâmetros avaliados .....                              | 57        |
| 4.3 Discussão geral .....  | 65        |
| <b>5 CONCLUSÃO .....</b>   | <b>68</b> |
| <b>6 REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>69</b> |

## LISTA DE TABELAS

| <b>Tabela</b> |   | <b>Página</b> |
|---------------|---|---------------|
| 1             | Volume de chuva diária (mm) e pluviometria no momento da coleta das amostras de água. Período de janeiro a junho de 2011. FAMV, Passo Fundo, RS .....   | 27            |
| 2             | Valores de $N-NH_4^+$ mg L <sup>-1</sup> em amostras de água superficial, nos diferentes locais de coleta, na BH com exploração leiteira, linha 16, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS .....  | 45            |
| 3             | Valores de $N-NO_3^-$ mg L <sup>-1</sup> em amostras de água superficial, nos diferentes locais de coleta, na BH com exploração leiteira, linha 16, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS.....   | 49            |
| 4             | Valores de PT mg L <sup>-1</sup> em amostras de água superficial, nos diferentes locais de coleta, na BH com exploração leiteira, linha 16, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS .....          | 52            |
| 5             | Valores PS mg L <sup>-1</sup> em amostras de águas superficiais, nos diferentes locais de coleta, na BH com exploração leiteira, linha 16, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS.....            | 55            |
| 6             | Composição física e química da primeira coleta, das amostras de água superficial, oriundos da ação antrópica em BH com exploração leiteira, linha 17, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS..... | 58            |
| 7             | Composição física e química da segunda coleta, das amostras de água superficial, oriundos da ação antrópica em BH com exploração leiteira, linha 17, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS.....  | 59            |
| 8             | Composição física e química da terceira coleta, das amostras de água superficial, oriundos da ação antrópica em BH com exploração leiteira, linha 17, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS..... | 60            |
| 9             | Composição física e química da quarta coleta, das amostras de água superficial, oriundos da ação antrópica em BH com exploração leiteira, linha 17, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS.....   | 61            |
| 10            | Composição física e química da quinta coleta, das   |               |

|    |  |    |
|----|--|----|
|    | amostras de água superficial, oriundos da ação antrópica em BH com exploração leiteira, linha 17, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS.....  | 62 |
| 11 | Composição física e química da sexta coleta, das amostras de água superficial, oriundos da ação antrópica em BH com exploração leiteira, linha 17, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS..... | 63 |
| 12 | Correlação simples entre variáveis, físico-químicas, de águas superficiais. Vila Maria – 2011. FAMV, Passo Fundo, RS .....   | 67 |

## LISTA DE FIGURAS

| <b>Figura</b> |  | <b>Página</b> |
|---------------|--|---------------|
| 1             | Precipitação (mm) do Município de Vila Maria – RS durante os meses de Janeiro a Junho de 2011. FAMV, Passo Fundo, RS.....                                  | 26            |
| 2             | Sistematização dos usos do solo e pluviometria em consonância da amostragem de água superficial na BH. FAMV, Passo Fundo, RS.....                          | 30            |
| 3             | Sistematização dos locais de coleta e caracterização ambiental das subbacias da BH, linha 16, Vila Maria - RS. FAMV, Passo Fundo, RS.....                  | 33            |
| 4             | Amostrador de água e sedimentos utilizado na amostragem na BH, linha 16, Vila Maria – RS. FAMV, Passo Fundo, RS .....                                      | 34            |
| 5             | pH de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH, Vila Maria - RS 2011. FAMV, Passo Fundo, RS .....                        | 38            |
| 6             | CE de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH, Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS .....                             | 40            |
| 7             | OD de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH. Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS .....                             | 42            |
| 8             | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH. Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS ..... | 44            |
| 9             | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH. Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS ..... | 47            |
| 10            | Pt de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH. Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS .....                             | 50            |
| 11            | Ps de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH. Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS .....                             | 54            |
| 12            | Sedimentos de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH. Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS .....                     | 56            |

## QUALIDADE DE ÁGUA SUPERFICIAL EM BACIA HIDROGRÁFICA COM EXPLORAÇÃO MISTA LEITE/GRÃOS

Fábio José Busnello<sup>1</sup>

**RESUMO** - O impacto da atividade leiteira sobre a qualidade do solo e água ainda é pouco conhecido. O presente estudo teve por objetivo avaliar o impacto da atividade leiteira sobre a qualidade das águas superficiais, discutindo a transferência de poluentes do solo à água em bacia hidrográfica (BH). Amostras de água de seis locais foram coletadas na BH de Vila Maria, RS, com um dispositivo adaptado do amostrador tipo DH-48, em seis datas, compreendidas entre o mês de janeiro e julho de 2011. Os locais de coleta foram: nascente circundada por mata nativa (T1a-testemunha); ponto à jusante do talvegue (T1b), com influência da atividade leiteira; nascente circundada por lavoura (T2a) e em ponto à jusante do talvegue, com influência de atividade leiteira e lavoura (T2b); em ponto do talvegue secundário (T3), sob influência dos usos T1a, T1b, T2a e T2b; no exutório da BH (Ex). Nas amostras de água foram analisados: pH, turbidez, cor, dureza, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, nitrogênio na forma de (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fósforo total (PT) e solúvel (PS), potássio (K<sup>+</sup>) e sódio (Na<sup>+</sup>), ferro (Fe<sup>3+</sup>), zinco (Zn<sup>+</sup>), cobre (Cu<sup>+</sup>), e concentração de sedimentos. Os resultados foram confrontados com os padrões preconizados pelo CONAMA, e analisados pela

---

<sup>1</sup> Eng. – Agr., mestrando do Programa de Pós – graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV. Área de concentração em Produção Vegetal.

ANOVA (delineamento Inteiramente Casualizado em parcelas subdivididas no tempo), quando cabível aplicou-se Tukey. O uso do território na bacia hidrográfica influencia negativamente a qualidade da água em parâmetros, tais como:  $\text{N-NH}_4^+$ , PT, PS e turbidez em pelo menos uma ocasião durante o monitoramento. Contudo, os parâmetros OD e  $\text{N-NO}_3^-$  tem seus teores compatíveis com as normas de qualidade para águas de classe II.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica, fósforo, nitrato.

## **QUALITY OF SURFACE WATER IN A WATER CATCHMENT BASIN WITH MIXED USE (DAIRY/GRAIN)**

**ABSTRACT** - The impact of dairy farming on water is still little known. The purpose of this study was to assess the impact of dairy farming on the quality of surface waters in regard to transfer of pollutants from the soil to the water in a water catchment basin (BH). Water samples from six locations were collected in the BH of Vila Maria, RS, on six dates from the month of January to July 2011 with an adapted type BH-48 sampling device. Collection locations were: spring in the midst of native forest (T1a-control); point downstream from the thalweg (T1b), affected by dairy farming; spring in the midst of a cropped area (T2a), and at a point downstream from the thalweg affected by dairy farming and the cropped area (T2b); at a point of the secondary thalweg (T3) affected by uses T1a, T1b, T2a and T2b; and at the mouth of the BH (Ex). The following were analyzed in the water samples: pH, turbidity, color, hardness, conductivity, dissolved oxygen, nitrogen in the form of (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) and (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), total phosphorus (PT) and soluble phosphorus (PS), potassium (K<sup>+</sup>) and sodium (Na<sup>+</sup>), iron (Fe<sup>3+</sup>), zinc (Zn<sup>+</sup>), copper (Cu<sup>+</sup>), and sediment concentration. The results were compared with those recommended by CONAMA, and analyzed by ANOVA (completely randomized design in split plots in time), and the Tukey test was applied when appropriate. The land use in the watershed affects water quality. Water parameters, such as N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PT, PS and turbidity are negatively altered in at least one occasion during the monitoring. However,

OD and N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> levels were compatible with water quality standards for Class II.

**Keywords:** Catchment basin, Phosphorus, nitrate.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o grande desafio mundial é o crescimento dos países, com menor impacto ao ambiente. A ação antrópica pode causar efeitos negativos no ambiente, decorrentes de resíduos oriundos do processo de produção agrícola (BORTOLUZZI et al., 2008).

A identificação dos níveis de interferência antrópica, permite entender a qualidade dos recursos e a capacidade de resiliência destes. É possível identificar assim fatores mitigadores dos efeitos negativos da ação antrópica sobre os recursos naturais (RHEINHEIMER et al., 2010).

A degradação do meio ambiente é associada à deterioração da qualidade da água. O emprego de métodos em agricultura a fim de manter a qualidade da água e a capacidade produtiva dos solos é necessário.

Uma das atividades que causam alta pressão antrópica é a atividade leiteira. Contudo constitui-se em uma fonte de renda e contribui para a manutenção do homem no campo. Um dos principais desafios para estudos acadêmicos é poder diagnosticar os níveis de pressão antrópica sobre os ecossistemas em bacias hidrográficas (BH).

Conhecer a qualidade da água em BH com atividade leiteira é importante tanto para questão ambiental quanto para o setor produtivo.

## **1.1 Hipóteses de trabalho**

A hipótese geral do presente estudo baseia-se na premissa que quando a atividade leiteira e a produção de grãos são manejadas de forma sustentável, em um conjunto de propriedades de uma bacia hidrográfica, os seus impactos sobre a qualidade do solo e da água são minimizados, mantendo-se nos padrões preconizados pelos órgãos governamentais.

Espera-se com esse estudo aprofundar o conhecimento das questões de uso do solo que interferem na qualidade superficial da água e do solo em unidade de produção familiares (UPF) com atividade leiteira em BH. Acredita-se que os resultados obtidos com o presente estudo possam servir para futuros trabalhos em BH com características típicas do Rio Grande do Sul.

## **1.2 Objetivo Geral**

Avaliar o impacto da atividade leiteira associado ao cultivo de culturas de grãos sobre a qualidade química da água superficial em BH, discutindo o processo de transferência de poluentes de sistemas terrestres aos aquáticos.

## **1.3 Objetivos específicos**

i) Caracterizar as práticas agrícolas no que tange o manejo do solo adotado e relacionar com a qualidade da água superficial;

ii) Avaliar alterações em parâmetros da qualidade de águas superficiais oriundas de propriedades cuja atividade leiteira é a principal;

iii) Avaliar a contaminação do solo com certos poluentes decorrentes da atividade leiteira.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Definição e importância de estudos em bacias hidrográficas de cabeceira**

Existem atualmente inúmeras definições para BH, sub – bacia e microbacia hidrográfica (MBH) na literatura, portanto, a grande semelhança entre conceitos de unidades de abrangência e dimensões territoriais. A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, incorpora em seu termo as definições de BH e suas subdivisões para o planejamento e gestão territorial. Barrella (2001) define BH por meio dos critérios de extensão territorial e seus limites territoriais, que convergem para o ponto de drenagem, dito como efluente principal. Para Teodoro et al. (2007) as águas residuárias deste processo, convergem para o ponto de cota mais baixas do relevo, proveniente das áreas de encosta, na medida em que o volume aumenta, forma – se os primeiros rios.

Lima & Zakia (2000) definem BH com um sistema aberto, capaz de assimilar toda energia do sistema climático, e capaz de perder essa energia através do deflúvio superficial. Os autores afirmam que podem ocorrer variações dentro de certos limites, mesmo quando influenciados pela ação antrópica, situam – se sobre equilíbrio estático.

Faustino (1996) apresenta a definição de sub-bacia hidrográfica, a dimensão territorial para áreas maiores de 100 km<sup>2</sup> e menores 700 km<sup>2</sup>.

Entretanto, segundo Teodoro et al. (2007) dentre os termos descritos acima, a expressão MBH representa uma denominação empírica, sugerindo a sua denominação para o termo sub – bacia. Entretanto o termo BH é comum de utilização apesar de haver conflitos entre denominações.

Segundo Teodoro et al. (2007), o problema de estudo em BH é compreender a dinâmica relacionada a todas as atividades executadas nesta dimensão geográfica. Na literatura, trabalhos executados por Arcova & Cicco (1999), Bortoluzzi et al. (2006), Copetti (2010), Gonçalves (2003), Pellegrini (2005), Merten & Minella (2002), Rheinheimer et al. (2003) relatam a importância dos estudos referente ao monitoramento da qualidade da água em BH relacionando-a com o uso e manejo do solo.

## **2.2 Qualidade da água superficial**

Coneza (1997) descreve que a qualidade da água está associada a atributos químicos, físicos e biológicos encontrada no seu estado natural em nascentes, rios, lagos e na forma subterrânea. Na natureza não existe água pura. A sua composição é variável e sua qualidade é definida por normatização. No Brasil, os parâmetros de qualidade de água seguem os padrões descritos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005). Padrões de qualidade da água não se referem a um estado de pureza, mas sim às condições físicas, químicas e biológicas nos padrões de consumo humano e animal.

A poluição das águas no interior de uma BH possui

várias origens o que dificulta o monitoramento e ações de mitigação.

### **2.3 Contaminação de águas superficiais**

Entende-se por poluição da água as alterações de atributos químicos, físicos e microbiológicos, provocados por processos naturais ou pela ação antrópica. Essas alterações podem produzir situações de distúrbio no meio aquático, interferindo na biota da água. O conceito sobre a poluição possui relevância quando se refere às exigências relacionadas à conservação e uso sustentável dos recursos hídricos (BRAGA et al., 2002).

É de fundamental importância a proteção das nascentes de uma BH para garantir a qualidade da água para o consumo humano e animal. A Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) estabelece e designa a classificação dos níveis e concentrações de substâncias permitidas na água oriunda de ações antrópicas. Por sua designação podem ser estipulados parâmetros da ação exercida sobre os recursos ambientais envolvidos na produção, bem como determinar a sustentabilidade das atividades humanas na sua eficácia de forma agronômica e ambiental.

Em função da intensa utilização dos recursos naturais, a água potável superficial e subterrânea está atingindo limites de escassez (AMARAL et al., 2006).

Branco et al. (1991) relatam que a qualidade da água está interligada a alterações naturais e decorrentes de atividades agropecuárias, antrópicas, que a deterioram.

Segundo Holt (2000), as fontes poluidoras das águas estão relacionadas à intensificação no processo produtivo agropecuário, da mesma forma, reforçam a contaminação pelo despejo de resíduos aos corpos hídricos, principalmente em áreas rurais pela lixiviação e erosão do solo.

Meybeck (2004) descreve as principais formas de contaminação dos corpos hídricos, sendo caracterizados como pontual e difusa. A poluição pontual caracteriza-se por um único ponto de poluição na área de estudo, como exemplo, o despejo de resíduos industriais e domésticos, onde os valores liberados aos corpos são restringidos em valores determinados por leis ambientais. A difusa, é resultante de despejo de poluentes em inúmeros locais, comum em áreas agrícolas em momentos de alta precipitação, elevando a concentração de nutrientes e elementos advindos das áreas antrópicas (MEYBECK, 2004).

Em consequência da contaminação da água pelas ações antrópicas, a concentração de elementos químicos ( $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^-$ ) metais traços ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Cd}^+$ ,  $\text{Pb}^+$ ,  $\text{Zn}^+$ ,  $\text{Cr}^+$ ,  $\text{Ni}^+$  e  $\text{Hg}^+$ ), e demais características físicas das águas podem ser alterados em relação aos valores de background comprometendo a vida aquática (CETESB, 2005).

Segundo Vega et al. (1998), a exploração do solo além da sua capacidade de uso pode intensificar a poluição difusa, como por exemplo, a perda de sedimento por erosão. Dentre os estudos referentes à transferência de poluentes, tais como nutrientes, sedimentos e moléculas de agrotóxicos usados na agricultura para os corpos hídricos, citam-se os de Bertol et al. (2003; 2005);

Rheinheimer et al. (2003); Merten & Minella (2002); Andrade et al. (2007); Minella et al. (2007).

Os efeitos das práticas envolvidas na produção agropecuária podem refletir nos atributos químicos, físicos e microbiológicos da água do exutório de uma BH. No Brasil há muitos esforços por parte das autoridades em implementar ações que almejam a qualidade da água para consumo da população do meio urbano, enquanto o meio rural fica inexistente destas mesmas ações. Diante deste fato deveria ser adotada uma postura em relação à qualidade da água para abastecimento, além de realizar um acompanhamento da qualidade da água utilizada no meio rural (RHEINHEIMER et al., 2003).

## **2.4 Parâmetros físicos e químicos de qualidade da água**

### **2.4.1 pH**

O valor de pH é expresso através da atividade do átomo de hidrogênio, representando assim a acidez ou alcalinidade. As fontes de água alteram o pH devido a contaminantes presentes, tais como matéria orgânica (MO), tipo de solo (SAWYER et al., 1994) e a sua localização na paisagem (RHEINHEIMER et al., 2010).

A Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) estabelece a faixa de pH para os corpos hídricos de classe II de 4 a 9. Em condições naturais de pH da água, Branco (1986) relata que as variações deste parâmetro são geradas pela produção e consumo de CO<sub>2</sub>, por organismos fotossintéticos, pela respiração e

fermentação de todos os compostos presentes, os quais produzem ácidos fracos.

#### **2.4.2 Condutividade elétrica**

O parâmetro Condutividade elétrica (CE) indica a concentração de sais dissolvidos, mas não determina qual elemento está presente na amostra. Um maior valor de condutividade indica maior quantidade de sais dissolvidos (BERNARDO, 1995). Este valor ainda pode estar associado à temperatura e a concentração de elementos dissolvidos, sendo que os valores de CE estão também ligados ao aumento da concentração de íons em solução, como o  $H^+$  e  $OH^-$  (APHA, 1995).

#### **2.4.3 Oxigênio dissolvido**

O parâmetro oxigênio dissolvido (OD) é de importante determinação para conhecimento das características naturais dos corpos hídricos e pode ser usado para prever impactos ambientais como a poluição orgânica e eutroficação (CARMOUZE, 1994).

O OD é inevitável para a sobrevivência de seres aquáticos, porém este parâmetro pode sofrer alterações bruscas na instância de reduzir a níveis inferiores de acordo com normatizações CONAMA (BRASIL, 2005), quando os corpos hídricos recebem grandes quantidades de resíduos industriais como resíduos de indústrias (COPETTI, 2010). Portando como regra quanto maior for o despejo de substâncias, maior o consumo de

oxigênio, pelos microorganismos que realizam a decomposição aeróbica, diminuindo os valores de OD (SPERLING, 1996).

#### 2.4.4 Nitrogênio

Entre as diversas formas de N existentes na natureza destaca-se o amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) e o nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ). Ambas as formas são potencializadores da perda de qualidade da água, portanto quando constatados índices elevados de amônia ( $\text{NH}_3$ ), em amostras de água, oriundo de aplicações via fertilizante ou originada no solo, é rapidamente transformada em  $\text{N-NH}_4^+$ , posteriormente convertida em  $\text{N-NO}_3^-$ , pelo processo de nitrificação (RESENDE, 2002).

O  $\text{N-NO}_3^-$ , segundo Kaiser (2006), é a principal forma de N encontradas em amostras de águas superficiais em BH rurais, sendo que valores superiores a  $10 \text{ mg L}^{-1}$  apresentam condições impróprias para o consumo. A principal fonte desse elemento provém de dejetos animais e da intensa fertilização do solo com uso de formulações nitrogenadas.

Kaiser (2006) relata que a contaminação por este nutriente é variável segundo suas quantidades aplicadas ao solo, bem como as características do solo. Nugent et al. (2011) destacam que teores elevados de  $\text{N-NO}_3^-$  em águas superficiais merecem atenção especial, pelo indicador da presença de outros elementos, como de agrotóxicos, que possuem comportamento análogo ao  $\text{N-NO}_3^-$ .

Os índices de  $\text{N-NO}_3^-$  não devem exceder  $10 \text{ mg L}^{-1}$ ,

enquanto o  $\text{N-NH}_4^+$  não deve ser superior a  $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ , como preconizados por órgãos governamentais Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005) Ministério da Saúde (BRASIL, 2001) e outras entidades ligadas à proteção dos recursos hídricos.

#### **2.4.5 Potássio**

O potássio ( $\text{K}^+$ ) é considerado um elemento de essencialidade às espécies animal e vegetal. Gonçalves (2003) em estudo de qualidade da água, relata uma maior amplitude de ocorrência de  $\text{K}^+$  em ocasiões de intensa pluviometria.

#### **2.4.6 Sódio**

O sódio ( $\text{Na}^+$ ) é um elemento onipresente em água, Andrae et al. (1981) relatam que em fontes naturais os índices são menores que  $20 \text{ mg L}^{-1}$ . Desta forma, o  $\text{Na}^+$  representa um parâmetro de qualidade da água. Em geral apresenta grande solubilidade e é facilmente lixiviado do solo.

Segundo Ayres & Westcot (1991) o  $\text{Na}^+$  possui um raio iônico grande, dispersando o solo, além de apresentar grande facilidade de ser lixiviado no perfil podendo ser acumulado em profundidade, ou ser facilmente transferido para os corpos hídricos.

#### **2.4.7 Cálcio**

O cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) geralmente é oriundo de formações naturais ou pela adição através de calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) nos sistemas de produção agrícola, e chega aos corpos hídricos pelo escoamento superficial ou por lixiviação (ERNANI et al., 2007).

#### **2.4.8 Magnésio**

O magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) está presente praticamente em todas as amostras de águas superficiais. Origina-se de rochas ígneas ou pela lixiviação e erosão de áreas agrícolas marginais aos corpos hídricos (ERNANI et al., 2007).

#### **2.4.9 Cor**

A cor é um parâmetro nas águas superficiais definido principalmente em função dos materiais em decomposição na sua composição. As águas superficiais apresentam maiores índices de cor que águas subterrâneas, devido à presença de material orgânico (MACEDO, 2006).

#### **2.4.10 Turbidez**

Segundo Macedo (2006) a turbidez da água mede a penetração de luz na amostra e é influenciada pela presença de partículas e substâncias em suspensão (argila e silte), microorganismos e elementos dissolvidos. Branco (1986) relata que

a turbidez da água causa perturbação ao meio aquático de forma geral.

#### **2.4.11 Dureza**

A Dureza da água é originada pela presença de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , advindas principalmente de áreas agrícolas através da erosão. Esses elementos em altas concentrações são denominados de água dura, em baixas, de água mole (FARIAS, 2006).

#### **2.4.12 Ferro**

O ferro ( $\text{Fe}^{3+}$ ) é um elemento abundante na crosta terrestre, originário a partir da decomposição das rochas presentes na bacia de drenagem. A sua entrada em corpos hídricos está associada ao clima e à erosão das áreas agrícolas (FARIAS, 2006).

Em águas superficiais, o  $\text{Fe}^{3+}$  e seus compostos, podem estar tanto em baixas como em altas concentrações. As formas de  $\text{Fe}^{3+}$  mais comumente encontrados são  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (FRANCO & HERNANDEZ, 2009).

#### **2.4.13 Cobre**

O cobre ( $\text{Cu}^+$ ) em águas superficiais, oriundo principalmente do escoamento superficial de áreas de lavouras. O  $\text{Cu}^+$  está presente na composição de fungicidas, inseticidas,

podendo acumular no solo e atingir os corpos hídricos em eventos pluviométricos (VARENNES, 2003).

A mobilidade do  $\text{Cu}^+$  sofre influência pela distribuição das fases sólidas do solo, quando adicionados, podendo se estabilizar em baixas concentrações, devido às ligações estáveis com a MO (MATTIAS, 2006).

A disponibilidade de  $\text{Cu}^+$  no solo é variável com a textura, teor e tipo de MO, pH e óxidos de  $\text{Fe}^{3+}$ , alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) e  $\text{Mg}^{2+}$  (DOMINGUES et al., 2007).

#### **2.4.14 Zinco**

A concentração de zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ) em amostras de águas superficiais possui valores de 0,001 a 0,10  $\text{mg L}^{-1}$ .

O  $\text{Zn}^{2+}$  pode controlar o pH da água, devido a capacidade de hidrólise, por outro lado a diminuição do pH pode aumentar a sua solubilidade aumentando seus valores (MATTIAS, 2006).

#### **2.4.15 Fósforo**

O fósforo (P) em águas superficiais causa interferência na qualidade da água tanto para consumo humano e animal. Outra questão importante são as formas de P oriundas dos sistemas de produção das áreas marginais do corpo hídrico, e das suas modificações durante a saída dos seus sistemas de origem e a entrada no meio aquático (SHARPLEY et al., 1992).

Em solos tropicais, a retenção de P é alta em colóides do solo, por outro lado a sua presença em águas superficiais, é verificada próxima de áreas agrícolas, decorrentes da erosão do solo e o escoamento superficial (RESENDE, 2002).

Pellegrini (2005) relata que as concentrações de P oriundas do escoamento superficial em BH, são oriundas do P da camada de 0,0 – 0,20 cm no solo. Segundo Sharpley (1985) a migração do P do local de origem até o corpo hídrico possui início com a degradação das partículas de solo pela precipitação, antecedendo o escoamento superficial.

A transferência de P do ambiente terrestre para o meio aquático é influenciada por eventos pluviométricos e suas variações em determinadas épocas do ano, do ambiente agrícola das áreas marginais aos corpos hídricos (SHARPLEY et al., 1992).

Segundo Omernik (1977) em estudos em BH, relata que à medida que se avança em direção a degradação de áreas de preservação, para expandir uma atividade agrícola, revela o aumento do percentual de P perdido dessas áreas.

#### **2.4.16 Sedimentos**

Segundo Perreira et al. (2003) o transporte de sedimentos aos corpos hídricos é variável em função da intensidade da precipitação, associado à erosão hídrica, a desagregação do solo, entre outros fatores locais.

A erosão do solo possui relação direta com a perda de nutrientes, matéria orgânica do solo e a degradação da estrutura do

solo (VENTE et al., 2008). A produção de sedimentos causa efeitos negativos sobre a qualidade da água, principalmente estimada pela turbidez (CARVALHO et al., 2000). A produção de sedimentos está associada aos processos erosivos, a forma da rede de drenagem, o comprimento e a declividade da bacia, bem como a trajetória do escoamento superficial (BRAUNE & LOOSER, 1989). As práticas de uso do solo, métodos de explorações agropecuárias, as iniciativas de conservação do solo, bem como a cobertura vegetal desta BH em estudo, as suas contribuições nas áreas marginais aos corpos hídricos constitui-se também em fatores de produção de sedimento (WILLIAMS, 1989; MISHRA et al., 2006)

Estudos em BH realizado por Zabaleta et al. (2007) evidenciarão a variabilidade da produção de sedimentos associado à sazonalidade das precipitações, ligados por sua vez aos fatores antrópicas que controlam este processo. Nesse sentido, parte do sedimento produzido em toda a BH não chega ao exutório (WALLING, 1983).

## **2.5 Transferências de elementos químicos dos sistemas terrestres aos aquáticos**

A qualidade da água está associada às mudanças no uso e manejo do solo (ARCOVA & CICCIO, 1999). É interpretação clássica entre os pesquisadores que o uso intensivo do solo, associado à intensa fertilização refletem negativamente sobre a qualidade da água. Entretanto, Merten & Minella (2002) relatam

que mesmo priorizando práticas conservacionistas de manejo do solo eficientes, há problemas de contaminação da água superficial e subterrânea em BH, pela transferência de elementos em ocasião das altas pluviometrias.

Pellegrini (2005, 2006); Sequinato et al. (2006); Kaiser (2006); Minella et al. (2007) e Pellegrini et al. (2010), evidenciam que o deflúvio agrícola apresenta sedimentos, nutrientes, moléculas de agrotóxicos e dejetos da criação animal, que são carregados aos cursos d'água aumentando a concentração de poluentes orgânicos na água (MULAZZANI et al., 2007), inclusive a contaminação por coliformes fecais (RHEINHEIMER et al., 2011) e metais pesados dissolvidos (MATTIAS, 2006). Pellegrini (2005) descreve que para o entendimento da transferência de elementos em BH é necessário conhecer algumas características da região de estudo como o clima, vegetação, deflúvio e evapotranspiração, as quais quantificam o processo hidrológico da bacia, relacionados à qualidade da água.

O despejo de águas residuais sem tratamento adequado no ambiente tem causado várias alterações químicas e físicas na qualidade da água, bem como a proliferação de doenças (MATOS, 2005).

De forma geral, o destino final das águas tributárias da atividade leiteira é o meio superficial do solo, onde ocorre a concentração de todos os elementos químicos presentes no meio produtivo, a mobilidade de cada elemento é variável com as condições físicas e químicas do solo (ERNANI et al., 2007).

As perdas por lixiviação e por deflúvio superficial são as mais comuns, mas a mobilidade vertical dos nutrientes no solo

pode ser alterada por fatores físicos e químicos do solo (DIEROLF et al., 1997).

Dentre os físicos destacam-se a porosidade e a distribuição de tamanho de poros e a saturação destes por água. Dentre os químicos, Chaves & Libardi (1995); Akinremi & Cho (1991) relatam a concentração na solução e o pH do solo, capacidade de troca catiônica, reações de dissolução e precipitação dos elementos e as trocas de iônicas.

Trabalhos realizados por Akinremi & Cho (1991) descrevem que a entrada de cloreto de potássio (KCl), e P na superfície do solo retarda a lixiviação pela formação de compostos de fosfatos de  $K^+$  no solo. Mantovani (2005) relata que a adição de fosfato no solo juntamente com N aumenta a perda de  $N-NH_4^+$  influenciando a perda acentuada de  $N-NO_3^-$ . Aulakh et al. (2000) relatam que nutrientes com alta mobilidade no solo a exemplo as formas nitrogenadas, são perdidos facilmente por lixiviação, quando não explorados pelas pastagens durante o período de desenvolvimento vegetal, fonte de alimentação dos bovinos da atividade leiteira.

O P apresenta baixa mobilidade no solo por isso é perdido de forma insignificante por lixiviação, porém de forma preferencial por carreamento junto com o sedimento (PELEGRINI, 2005). Os elementos químicos na água e sua relação com os sedimentos são variados sendo controlados por mecanismo de troca de íons (RHEINHEIMER, et al., 2010).

## **2.6 Exploração leiteira e qualidade da água**

A qualidade da água é a garantia do sucesso da atividade leiteira, pois é responsável por vários fatores dentro da atividade, tais como sanidade, nutrição e qualidade do leite.

O estado do Rio Grande do Sul destaca-se como o segundo maior produtor de leite, com cerca de 10% da produção nacional, com 2,2 milhões de litros diariamente. Cerca de 90% da produção, provém de pequenos produtores rurais com áreas inferiores a 30 hectares. Tais produtores realizam a captação de água de fontes naturais, que não sofreram nenhum tipo de tratamento, podendo conter a presença de contaminantes durante sua utilização para alguma finalidade específica (RHEINHEIMER et al., 2010).

A atividade leiteira e seus produtos oriundos desta atividade, são considerados pela sociedade, bens de consumo que estão ligados a práticas saudáveis. Mas o que está atrás dos métodos produtivos, e as suas ações ao meio ambiente são pouco conhecidos. Por exemplo, a ausência de proteção de nascentes, o uso de áreas de preservação permanente assim como o uso do solo fora da sua capacidade produtiva prejudica a sustentabilidade do sistema produtivo. A combinação destes fatores pode trazer consequências graves à sustentabilidade de qualquer sistema produtivo. As perdas de elementos e outras substâncias via escoamento superficial, podem contaminar a água tornando-se agente poluidor (RHEINHEIMER et al., 2003).

Pode-se evidenciar que a sustentabilidade da produção

de leite está ligada também ao uso e manejo adequados do solo e da água. Kamiyama et al. (2011) citam que a agricultura moderna, nos moldes do produtivismo, proporcionou o crescimento das cadeias agrícolas de forma intensificada, porém este modelo foi gerador de diversos problemas ambientais, destacando a deterioração da qualidade do solo e da água, através das práticas agrícolas inadequadas para a realidade pelo desconhecimento dos produtores as práticas ambientais sustentáveis.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho é originário do projeto intitulado Manejo Sustentável de Solo em Microbacia Hidrográfica com Exploração Leiteira da Região da Produção, RS desenvolvido com recurso do Procoredes VI Região da Produção em 2009. A iniciativa foi do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico - Tecnológico Regional no estado do Rio Grande do Sul – Procoredes – Processo de participação popular VI. A execução do projeto teve apoio da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, com apoio da Vice Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação da UPF, Fundação Universidade de Passo Fundo, Pólo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Região de Produção, Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, Corede Produção e EMATER Vila Maria.

#### **3.1 Localização e caracterização do local**

A BH escolhida para o estudo está localizada no município de Vila Maria, Linha 16, RS, na região da Produção Norte. A área de foi selecionada buscando representar o modelo de produção da região, permitindo o comparativo dos diferentes usos do solo e modalidades de ação antrópica.

A BH é composta de pequenas propriedades rurais, cuja

atividade de produção agropecuária de grãos e leite, em sistema integrado com a indústria.

O clima da região é do tipo subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen, com precipitações médias normalmente acima de 1400 mm ano<sup>-1</sup>.

A precipitação pluvial média do município de Vila Maria, RS (Figura 01) durante o período de janeiro a junho 2011 foi de 189,3 mm.

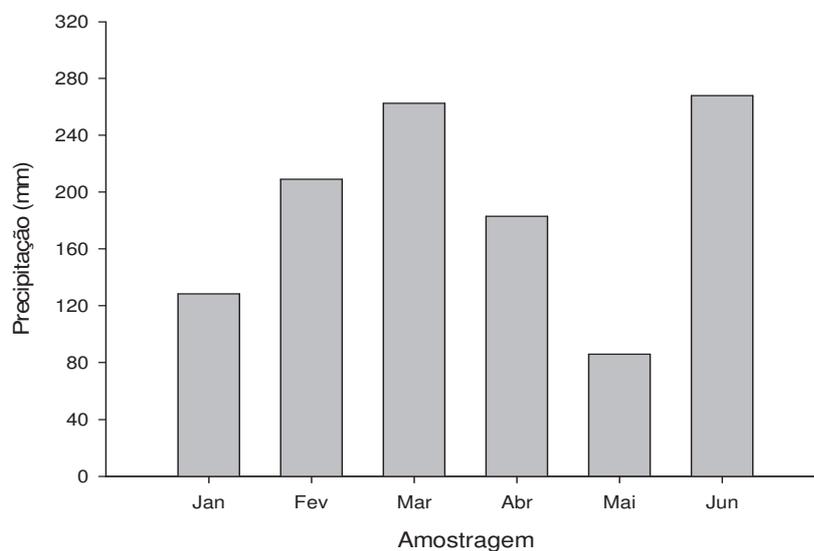


Figura 1 - Precipitação (mm) do Município de Vila Maria – RS durante os meses de Janeiro a Junho de 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

O volume de chuvas ocorridas durante o período de janeiro a junho de 2011 foi obtido pela medida de dois pluviômetros, localizado em duas UPF, um pluviômetro situado na sub-bacia 1 e outro na sub-bacia 2. O volume total de chuva registrado diariamente totalizando 1136,0 mm de chuvas (Tabela

1).

Tabela 1 - Volume de chuva diária (mm) e pluviometria no momento da coleta das amostras de água. Período de janeiro a junho de 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

| Data  | Jan                | Fev    | Mar   | Abr  | Mai    | Jun    |
|-------|--------------------|--------|-------|------|--------|--------|
| 1     | 0                  | 0      | 0     | 0    | 10     | 0      |
| 2     | 0                  | 18     | 0     | 3,0  | 2,0    | 0      |
| 3     | (6,5) <sup>1</sup> | 0      | 0     | 0    | 0      | 0      |
| 4     | 2,5                | 0      | 0     | 0    | 0      | 6,0    |
| 5     | 0                  | 0      | 0     | 3,0  | 0      | 0      |
| 6     | 0                  | 20     | 0     | 0    | 0      | 0      |
| 7     | 55                 | 0      | 0     | 0    | 0      | (63,0) |
| 8     | 0                  | 30     | 0     | 0    | 0      | 11     |
| 9     | 0                  | 3,0    | 0     | 4,0  | 2,0    | 0      |
| 10    | 3                  | (13,0) | 0     | 0    | 0      | 0      |
| 11    | 0                  | 1,0    | 0     | 0    | (41,0) | 0      |
| 12    | 0                  | 13,0   | 0     | 0    | 3,0    | 0      |
| 13    | 2,5                | 21,5   | 0     | 0    | 0      | 0      |
| 14    | 0                  | 2,0    | (10)  | 0    | 0      | 0      |
| 15    | 0                  | 0      | 0     | (85) | 21     | 0      |
| 16    | 4,0                | 0      | 0     | 6,5  | 2      | 0      |
| 17    | 0                  | 0      | 0     | 4,0  | 0      | 0      |
| 18    | 0                  | 0      | 0     | 0,5  | 0      | 38     |
| 19    | 4,0                | 0      | 11    | 0    | 0      | 0      |
| 20    | 17                 | 0      | 0     | 0    | 0      | 5      |
| 21    | 0                  | 0      | 0     | 17,0 | 0      | 28     |
| 22    | 7,5                | 26     | 0     | 1,0  | 5,0    | 15     |
| 23    | 0                  | 6      | 0     | 39,0 | 0      | 10     |
| 24    | 0                  | 15     | 4,0   | 10   | 0      | 23     |
| 25    | 7,0                | 6      | 5,0   | 0    | 0      | 50     |
| 26    | 0                  | 22     | 118   | 0    | 0      | 13     |
| 27    | 1,5                | 12,5   | 37    | 0    | 0      | 1      |
| 28    | 5,0                | 0      | 37    | 0    | 0      | 0      |
| 29    | 12,0               | 0      | 30    | 0    | 0      | 1      |
| 30    | 1,0                | 0      | 2,0   | 10   | 0      | 4      |
| 31    | 0                  | 0      | 7,5   | 0    | 0      | 0      |
| Total | 128,5              | 209    | 261,5 | 183  | 86     | 268    |

<sup>1</sup>(..). Precipitação no momento da coleta.

### 3.2 Usos do solo na BH

Foi realizada a delimitação dos divisores de água, o levantamento das estradas e das propriedades. Realizaram-se também levantamentos usando-se receptores de GPS de navegação para conhecimento dos recursos naturais (córregos, nascentes) e informações da localização das sedes das unidades de produção familiares (UPF).

A BH apresenta possui aproximadamente 400 ha, divididos em 11 UPF, com tamanho médio da propriedade de 12 hectares, destinados a exploração de grãos e leite. As áreas destinadas para cultivo de grãos, soja (*Glicine max* L. Merrill), milho (*Zea mays* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.), ocupam cerca de 235 hectares representando 58,7 % da área total.

As áreas de produção de leite apresentam predominância de pequenos poteiros permanentes, com espécies nativas da região do gênero *Paspalum* e *Axonopus*, representando 5 % da área total da BH. A área destinada ao pastejo dos animais é de 29 hectares do total da BH, representando 7,25 % do uso do solo na BH. Cerca de 100 hectares da BH são ocupados por mata nativa e mata ciliar do córrego principal, compreendendo cerca de 25 % da área total. O restante é ocupado por áreas das UPF com benfeitorias (casas, galpões, estábulos e aviários).

O manejo do solo nas áreas de lavoura é predominantemente no sistema plantio direto (SPD), exceto na área de produção de fumo onde o preparo do solo é de forma de plantio

convencional (PC). As áreas de agricultura recebem adubação com fertilizantes minerais, além de receber adubação com fertilizante orgânico, como a cama de aves. A aplicação de inseticidas, fungicidas e herbicidas, para fins agrícolas na produção vegetal.

Os solos predominantes da BH são classificados como Neossolo Litólico, Cambissolo, Chernossolo e Latossolo Vermelho. Os solos são caracterizados como pouco interperizados e pouco profundos, exceto o Latossolo, eles são suscetíveis a erosão, principalmente quando manejados fora da sua capacidade de uso (Embrapa, 2006).

A constância dos solos no interior da BH é uma função do relevo local. Os Neossolos estão situados na parte mais alta do BH, na proximidade das nascentes, Cambissolos a jusante das nascentes. E nos demais pontos de coleta há predominância de Latossolos.

A BH possui várias nascentes de águas superficiais que formam pequenos córregos de água, que cortam as propriedades rurais, formando um sistema de drenagem. Estas deságuam na rede hidrográfica tributária do rio Guaporé, Bacia do rio Taquari – Antas, que por sua vez pertence à BH do Guaíba.

### **3.3 Caracterização das atividades**

A Figura 2 representa a atividade desenvolvida na agricultura e a atividade leiteira nas dimensões territoriais da BH. Essas atividades auxiliaram na definição dos pontos e épocas de coleta de água.

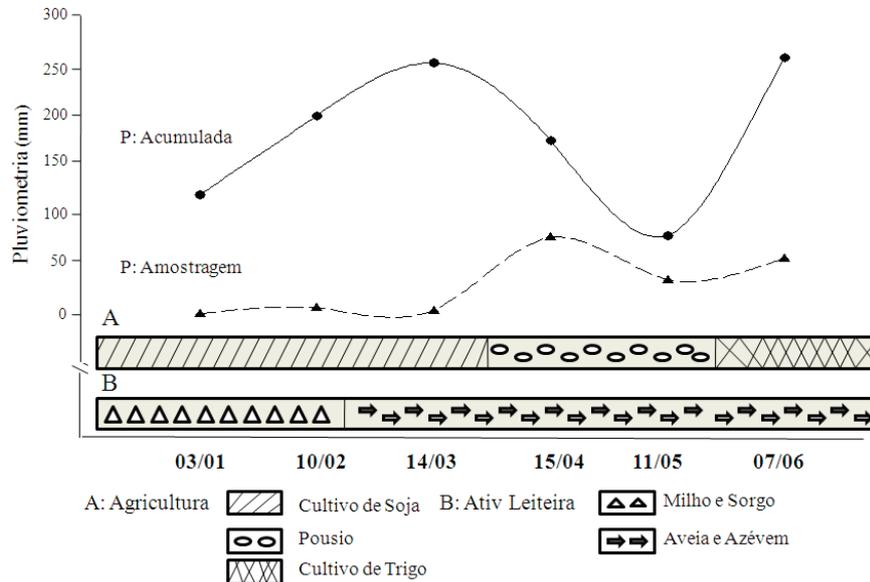


Figura 2 - Sistematização dos usos do solo e pluviosimetria em consonância da amostragem de água superficial na BH. FAMV, Passo Fundo, RS

A sistematização dos usos do solo em relação à pluviosimetria demonstra duas situações: i) podemos dividir as precipitações no momento da amostragem: de alta e baixa pluviosimetria. ii) a pluviosimetria ocorrida nas datas de amostragem com os respectivos usos do solo na atividade agrícola e leiteira.

Em relação ao uso do solo na BH, são dois os usos predominantes os quais foram caracterizados. A atividade leiteira, com o uso de pastagens e espécies aptas a produção de silagem, e a produção de grãos.

### 3.4 Coletas das amostras de água

#### 3.4.1 Caracterização dos locais de coleta

Os locais de coleta foram: Local T1a: nascente da rede de drenagem principal, localizada no ponto de cota mais alta do relevo, circundada por mata nativa, sem interferência antrópica a montante do local, considerada como testemunha.

Local T1b: a jusante do local T1a, a rede de drenagem corta a propriedade onde a atividade leiteira é predominante, as benfeitorias estão localizadas a 20 metros da rede de drenagem com ausência de mata ciliar neste local, onde a livre acesso dos animais, a rede de drenagem, as amostragens foram realizadas no final do limite da propriedade.

Local T2a: nascente circundada por lavoura com predominância de cultivo de fumo (*Nicotiana tabacum* L.) e soja (*Glicine max* L. Merrill), esta nascente não apresenta proteção física, apenas circundada por árvores de pequeno porte.

Local T2b: a jusante do local T2a, com predominância da atividade leiteira, com ausência de mata ciliar, sob influência da atividade leiteira em campo nativo com espécies do gênero *Paspalum* e *Axonopus*, e fornecimento de silagem de milho (*Zea mays* L.) a margem esquerda, e a direita por lavoura de soja (*Glicine max* L. Merrill) no verão e trigo (*Triticum aestivum* L.) no inverno.

Local T3: situado na junção das águas tributárias das sub-bacias e sob influência dos locais T1a, T1b, T2a e T2b. Local

circundado por espécies nativas as suas margens ambas com 20 metros do centro do córrego.

Local Ex: Exutório da BH, localizado as margens do rio Guaporé, sob influência de todas as atividades exercidas nas sub-bacias de estudo, a margem direita situada pela exploração leiteira semi-extensiva e a margem esquerda lavoura de soja (*Glicine max* L. Merrill), no verão e aveia (*Avena sativa* L.) no inverno.

Os locais acima descritos e suas características ambientais podem ser observados na Figura 3.

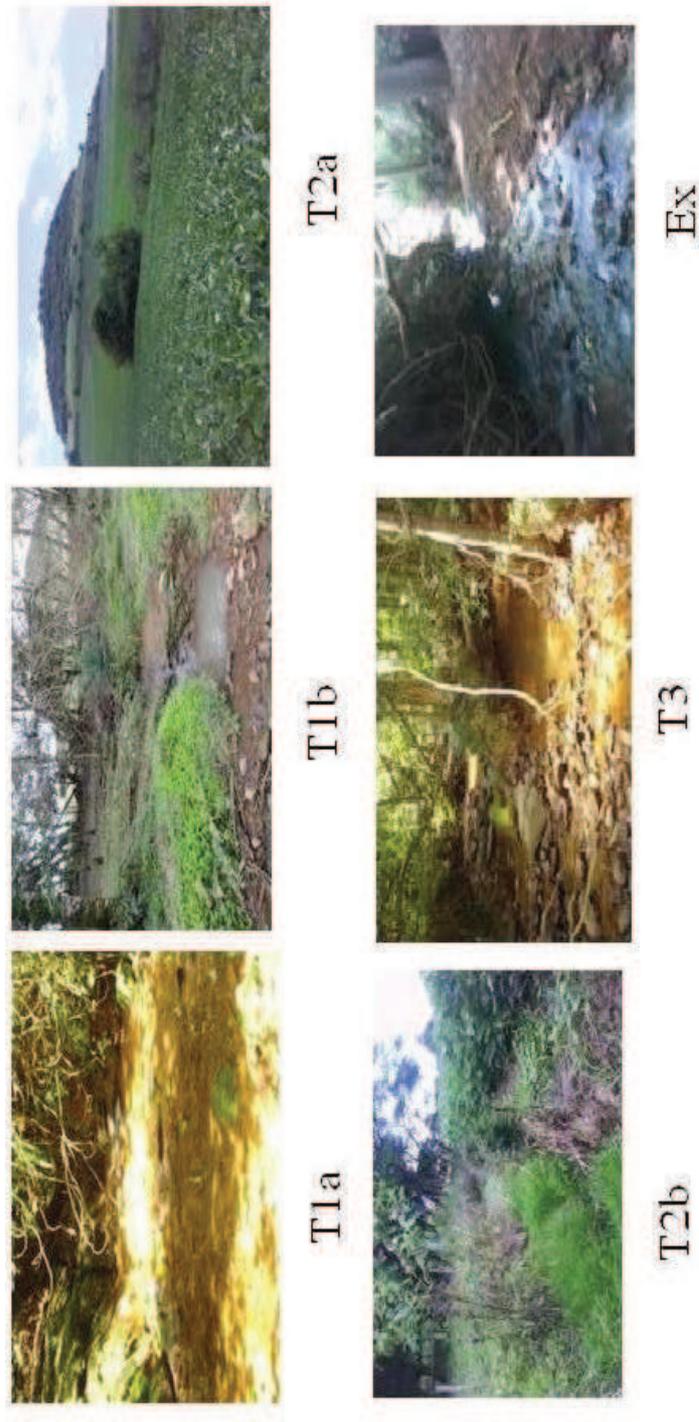


Figura 3 – Sistematização dos locais de coleta e caracterização ambiental das subbacias da BH, linha 16, Vila Maria - RS. FAMV, Passo Fundo, RS

### 3.4.2 Épocas de coleta

A coleta de água foi realizada mensalmente iniciando-se em janeiro até junho de 2011, realizada nos mesmos locais no centro do córrego conforme Figura 4. O amostrador utilizado foi o DH-48, adaptado. O sistema consiste em um recipiente de PVC com duas mangueiras uma de entrada do material coletado e outra de respiro. A mangueira de entrada do material foi presa a 3 cm de altura acima do nível normal do córrego, o que permite que a água seja coletada por ocasião de precipitação.



Figura 4 - Amostrador de água e sedimentos utilizado na amostragem na BH, linha 16, Vila Maria – RS. FAMV, Passo Fundo, RS

No momento da coleta as amostras de água, foram acondicionadas em frascos âmbar de 1 L, previamente lavados em solução de ácido clorídrico e enxaguadas com água destilada. Após

foram armazenadas em caixa de isopor com gelo a 4 °C e encaminhadas ao Laboratório de Uso e Manejo do Território e de Recursos Naturais da FAMV/UPF - Passo Fundo – RS, para posterior análise e tratamento dos dados.

### 3.5 Análises de água

Foram realizadas análises físicas e químicas da água superficial, como segue:

Os parâmetros pH, CE e OD foram realizados imediatamente a chegada ao laboratório.

O parâmetro pH, foi determinado com medidor de pH modelo TEC-5, a CE determinada com medidor de condutividade modelo TEC-4 MP, ambos da Tecnal.

O OD foi determinado com medidor de OD, seguindo a metodologia descrita por APHA (1995), teve-se o cuidado de não oxigenar a água durante o transporte, através do preenchimento total do recipiente.

A Turbidez e Cor foram determinadas por colorimétrica seguindo a metodologia proposta por APHA (1995).

Os parâmetros  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Zn}^{2+}$ , foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, utilizando lâmpada apropriada para cada elemento, e  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  por espectrofotometria de emissão de chama e o PT e PS por espectrofotocolorimetria seguindo metodologia proposta por Murphy & Hiley (1962).

A Dureza foi obtida através dos valores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$

em  $\text{mg L}^{-1}$ , expressado em equivalente  $\text{CaCO}_3$ , pela expressão:

$$\text{CaCO}_3 (\text{mg L}^{-1}) = 2,497 \times [\text{Ca}] + 4,118 \times [\text{Mg}]$$

A determinação de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ , por digestão ácida segundo Silva (2001).

A concentração de sedimentos, determinada através de uma alíquota representativa da amostra de 10 mL, seca em estufa a  $105\text{ }^\circ\text{C}$ , determinada por gravimetria em balança analítica (MINELLA et al., 2007; PELLEGRINI et al., 2010).

### **3.6 Tratamentos estatísticos dos dados de qualidade de água**

Os resultados dos parâmetros oriundos da testemunha (nascente) e das áreas sob influência da produção de leite foram confrontados entre si e com os padrões de qualidade para água doce superficial, preconizado pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005).

Os atributos  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ , PT e PS, foram submetidos à análise de variância (para delineamento IC com parcelas subdivididas no tempo) e suas médias comparadas entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

## **4 Resultados e Discussão**

### **4.1 Parâmetros físico-químicos de águas superficiais**

Os resultados referentes ao estudo da qualidade da águas superficiais na BH serão apresentados quanto aos dados das análises físico-químicas de águas superficiais em relação aos locais de amostragem em diferentes épocas.

#### **4.1.1 pH**

Na Figura 5 estão apresentados os valores de pH dos locais amostrados em 6 épocas de coleta. Os valores de pH variaram entre 5,31 e 7,55 e estão associados a magnitude da pressão antrópica exercida em cada sub-bacia. Os teores preconizados pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) para os valores de pH de águas superficiais (classe II), devem estar na faixa entre 6,0 e 9,0.

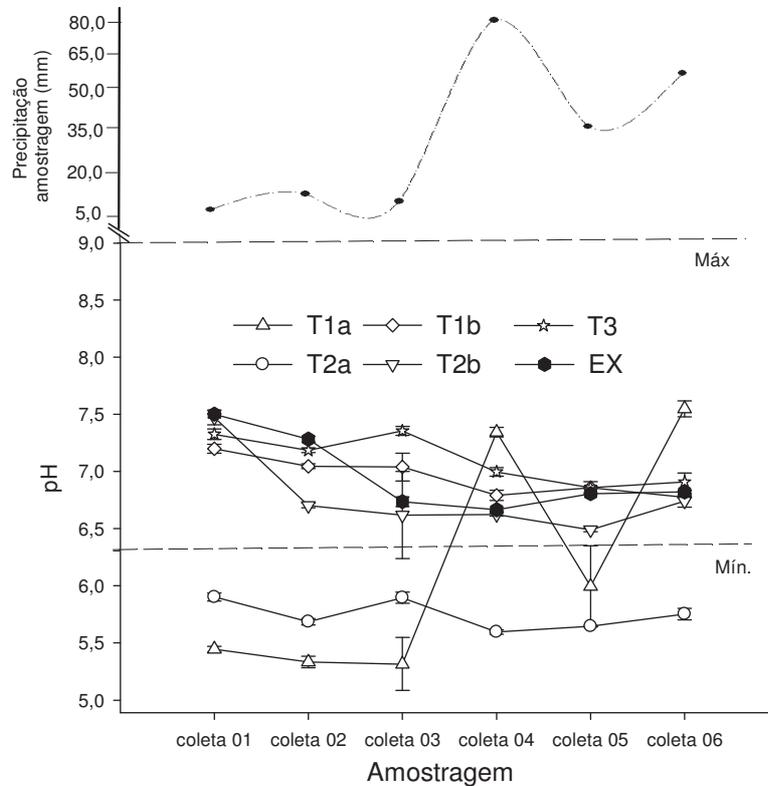


Figura 5 - pH de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH, Vila Maria - RS 2011. FAMV, Passo Fundo, RS (T1a – Testemunha, T1b – Atividade leiteira, T2a – Lavoura, T2b –Atividade leiteira, T3 – Junção das águas, Ex – Exutório) (\*Máx - Mín: valor máximo e mínimo preconizado para águas superficiais classe II)

A nascente T1a (mata nativa) apresentou valores de pH inferiores aos preconizados pelo CONAMA (BRASIL, 2005) em todas as coletas. O tratamento T2a, sub-bacia com atividade agrícola apresentou valores abaixo do preconizado pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005), nas três primeiras coletas, onde ocorreu baixa precipitação no momento da coleta, com média de 9,8 mm. Para o período subsequente, ou seja, as 3

últimas coletas os valores foram superiores ao preconizado pelo CONAMA (BRASIL, 2005), devido à maior pluviometria, com média de 63 mm.

Os locais T1b, T2b, T3 e Ex por serem sub-bacias com exploração agropecuária com alta pressão antrópica, apresentam valores na faixa de 6,0 a 9,0 em todas as épocas de coleta, como preconizado pelo CONAMA (2005), tendendo a neutralidade (pH 7). Isso se deve ao efeito de diluição, com o aumento do volume de água ocorre a diminuição do pH, na maioria das águas superficiais (ESTEVES, 1998).

#### **4.1.2 Condutividade elétrica CE**

Para o parâmetro CE, os valores variaram entre 17,5 e 63,5  $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ , durante o período de amostragem. O nível mínimo estipulado para este é 0  $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ , pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005). Na Figura 6, estão apresentadas a variação, das amostras de água em diferentes locais e épocas de amostragem.

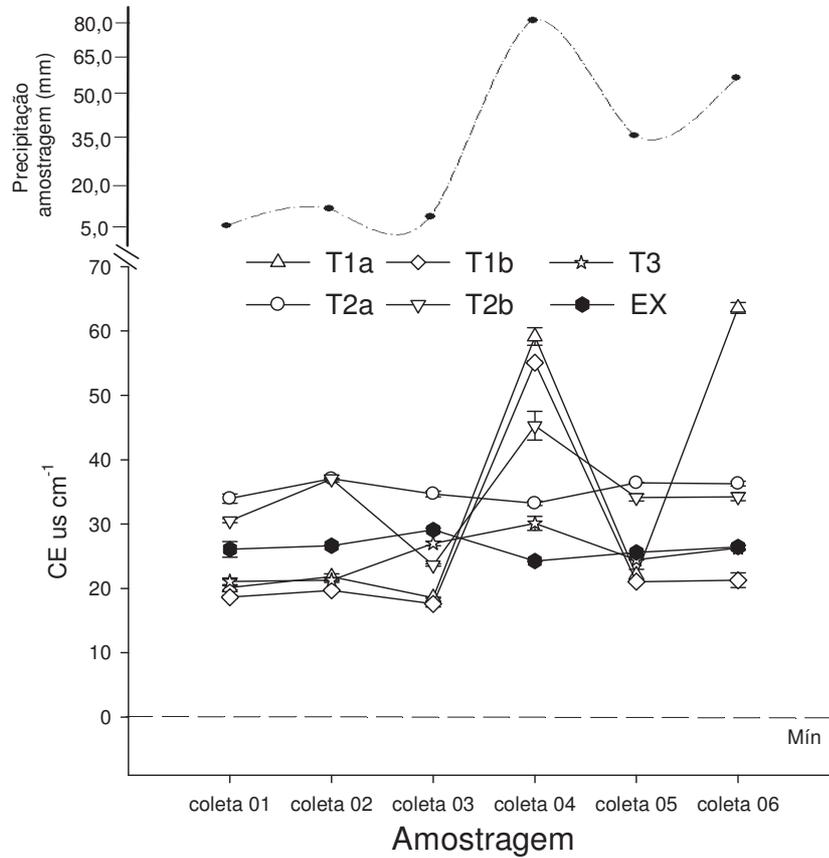


Figura 6 – CE de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH, Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS. (T1a – Testemunha, T1b – Atividade leiteira, T2a – Lavoura, T2b –Atividade leiteira, T3 – Junção das águas, Ex – Exutório) (\*Mín: valor mínimo preconizado para águas superficiais classe II)

Com exceção dos tratamentos T1a e T1b, os tratamentos tiveram distribuição similar nas 6 épocas. Os tratamentos T1a e T1b destoaram dos demais para a quarta e sexta épocas de coleta, isso se deve a entrada de solo na nascente destas sub-bacias, no local T1a, devido ao desmoronamento do perfil de solo na proximidade do ponto de amostragem, e T1b através da entrada de

solo da escavação, para cobrir o silo da silagem próximo ao córrego.

De forma geral, a CE está associada segundo Ayres & Westcot (1991) à concentração de poluentes presentes, não concordando com o observado, pois as maiores valores foram nas nascentes, principalmente em T1a, local sem interferência antrópica. Quanto maior a concentração de íons capazes de conduzir a corrente elétrica pela água maior a CE (ESTEVES, 1998). Segundo Silva & Jardim (2007) os valores de CE são altos por ocasião de precipitações. Os tratamentos T2a e T2b (sub-bacia antrópica) apresentaram valores superiores que segundo Harding et al. (2006) está associado à influência antrópica em áreas marginais ao corpo hídrico.

#### **4.1.3 Oxigênio dissolvido OD**

Os valores médios de OD variaram de 5,08 mg L<sup>-1</sup> a 8,49 mg L<sup>-1</sup> Figura 7. Esses valores são bons, acima de 5 mg L<sup>-1</sup>, valor limite a sobrevivências da vida aquática.

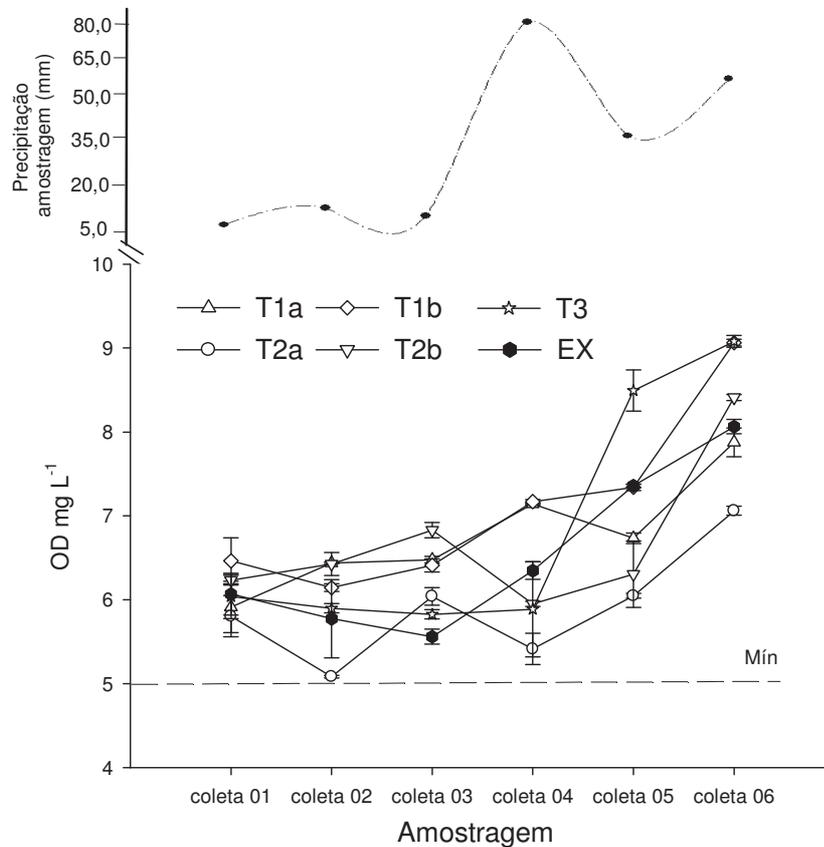


Figura 7 - OD de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH. Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS (T1a – Testemunha, T1b – Atividade leiteira, T2a – Lavoura, T2b –Atividade leiteira, T3 – Junção das águas, Ex – Exutório) (\*Mín: valor mínimo preconizado para águas superficiais classe II).

Os resultados para OD mostram a tendência de elevação dos valores à medida que a precipitação, que ocorreu logo antes da amostragem, é maior. Exceto na quarta coleta onde os valores dos tratamentos T2a e T2b, tiveram valores menores em alta precipitação. Silva & Jardim (2007) em estudo de águas superficiais encontrou valores inferiores de OD ao preconizado por

órgãos governamentais, diferentes dos resultados deste trabalho, os quais se mantiveram acima do valor preconizado pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005).

Carvalho et al. (2000) relata que os valores de OD, em águas superficiais, são verificados pela variação do regime pluviométrico ocorrido, associados a outros parâmetros como o pH e turbidez.

Em relação às sub-bacias com predominância da atividade leiteira os valores de OD são menores quando comparados a sub-bacia com atividades agrícolas. Esteves (1998) relata que as variações deste parâmetro possuem envolvimento direto com a fotossíntese, respiração e decomposição das substâncias presentes na água.

#### **4.1.4 Amônio N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**

Os valores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> oscilaram entre 0,02 e 1,81 mg L<sup>-1</sup>. O valor preconizado pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) é de 0,025 mg L<sup>-1</sup>, em águas superficiais de classe II. Nesse sentido, os valores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de todos os tratamentos, com exceção dos da nascente T1a e T1b, se mantiveram acima do limite preconizado na primeira coleta (Figura 8, Tabela 2). Os demais locais o Ex, se manteve abaixo do limite nas quatro primeiras coletas. O local T3 obteve valor abaixo do preconizado apenas na terceira coleta.

Os maiores valores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, no tratamento T1a são característicos, em função da decomposição de restos arbóreos e

vegetais junto à nascente, elevando os valores. Contudo esse parâmetro não foi eficaz em diferenciar os diferentes usos comparativamente com entre si, apenas diferindo da nascente T1a.

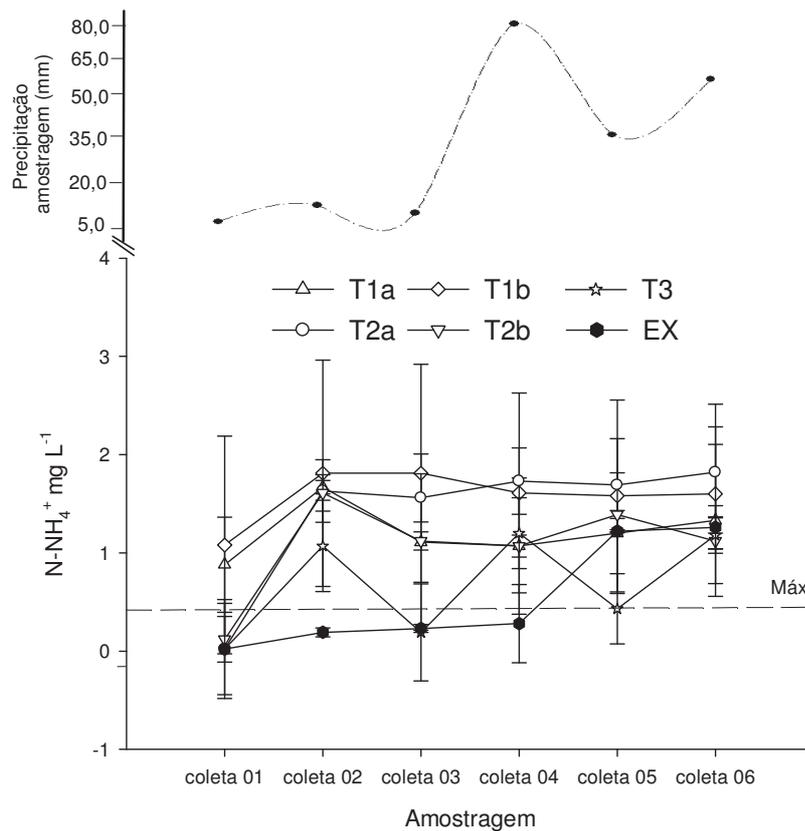


Figura 8 -  $N-NH_4^+$  de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH. Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS (T1a – Testemunha, T1b – Atividade leiteira, T2a – Lavoura, T2b –Atividade leiteira, T3 – Junção das águas, Ex – Exutório) (Máx: valor máximo preconizado para águas superficiais classe II).

A grande variabilidade do  $N-NH_4^+$  avaliado entre as amostragens pode ser função da precipitação ocorrida Kaiser (2006).

Tabela 2 – Valores de  $N-NH_4^+$  mg  $L^{-1}$  em amostras de água superficial, nos diferentes locais de coleta, na BH com exploração leiteira, linha 16, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

| Local | Épocas de coleta |           |          |            |           |            | Média   |
|-------|------------------|-----------|----------|------------|-----------|------------|---------|
|       | Coleta 1         | Coleta 2  | Coleta 3 | Coleta 4   | Coleta 5  | Coleta 6   |         |
| T1a   | 0,88 B a         | 1,67 A a  | 1,11 B b | 1,07 B b   | 1,20 AB a | 1,33 AB ab | 1,21 bc |
| T1b   | 1,08 B a         | 1,81 A a  | 1,81 A a | 1,61 AB ab | 1,58 AB a | 1,60 AB ab | 1,58 a  |
| T2a   | 0,02 B b         | 1,63 A a  | 1,56 A b | 1,73 B a   | 1,69 A a  | 1,82 A a   | 1,41 ab |
| T2b   | 0,12 B b         | 1,61 A ab | 1,12 A b | 1,07 B b   | 1,39 A a  | 1,12 A b   | 1,07 c  |
| T3    | 0,02 B b         | 1,07 A b  | 0,19 B c | 1,20 B ab  | 0,43 B b  | 1,18 A b   | 0,68 d  |
| Ex    | 0,02 B b         | 0,19 B c  | 0,23 B c | 0,28 B c   | 1,22 A a  | 1,26 A b   | 0,53 d  |
| Média | 0,35 d           | 1,33 ab   | 1,00 c   | 1,16 bc    | 1,25 ab   | 1,39 a     |         |

As médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1a – Testemunha, T1b – Atividade leiteira, T2a – Lavoura, T2b – Atividade leiteira, T3 – Junção das águas, Ex – Exutório.

Na Tabela 2, o local T1b (sob influência de atividade leiteira) apresenta diferença com o local T2b (atividade mista). Os dados de  $\text{N-NH}_4^+$  encontrados corroboram com os observados por Kaiser (2006), onde a pressão antrópica potencializa a perda de elementos.

#### 4.1.5 Nitrato $\text{N-NO}_3^-$

A concentração de  $\text{N-NO}_3^-$  oscilou entre 0,10 e 1,59  $\text{mg L}^{-1}$ . Todos os locais obtiveram valores abaixo do limite de 10  $\text{mg L}^{-1}$  para águas superficiais de classe II, preconizado pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005). Observa-se a oscilação dos valores em função da pressão antrópica exercida em cada local e época amostrada Figura 9.

Para o tratamento T2a percebe-se um aumento dos valores de  $\text{N-NO}_3^-$ , em ocasião de baixas precipitações. Esse ponto de coleta caracteriza-se por uma nascente circundada por lavoura de soja no verão e de azevém no inverno. No azevém aplica-se N na forma de uréia após o pastejo dos animais, o que pode ter causado o aumento da concentração de N nas amostras de água superficial.

Apenas o local T1b teve maior concentração de N nessa forma na primeira coleta, não excedendo o preconizado por órgãos governamentais.

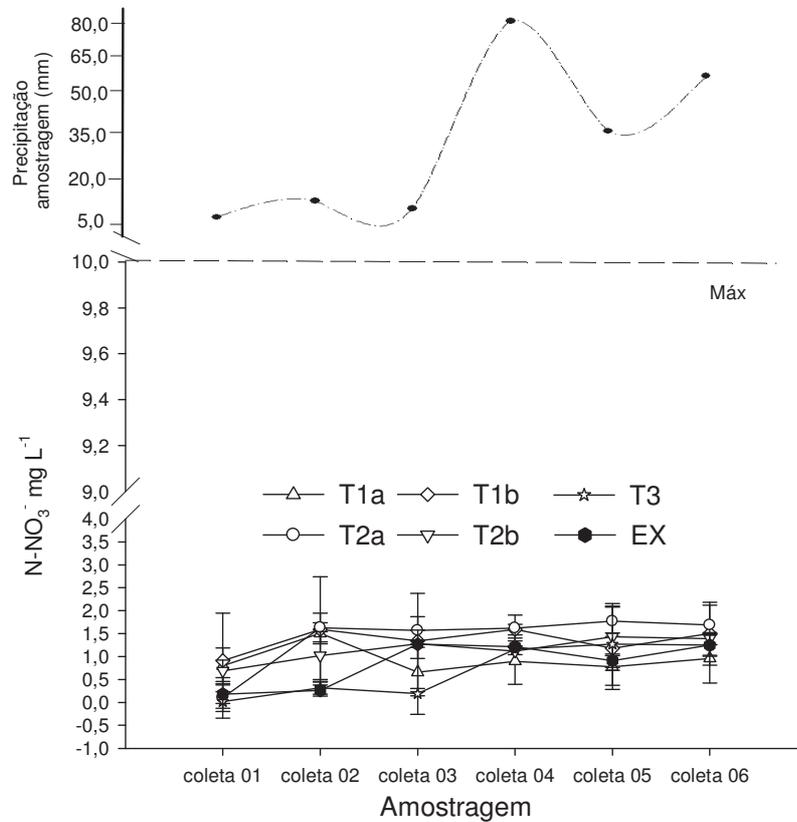


Figura 9 -  $\text{N-NO}_3^-$  de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH. Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS (T1a – Testemunha, T1b – Atividade leiteira, T2a – Lavoura, T2b –Atividade leiteira, T3 – Junção das águas, Ex – Exutório) (Máx: valor máximo preconizado para águas superficiais classe II).

No geral, os valores de  $\text{N-NO}_3^-$  foram superiores nos locais sob maior ação antrópica T1b e T2a, culminando com os maiores valores para o ponto do exutório da BH por ocasião das maiores pluviometrias (3º, 4º e 5º coletas). Isso está de acordo com as observações de Kaiser (2006).

A presença de  $\text{N-NO}_3^-$  em águas superficiais é decorrente do desbalanço entre as fontes e demandas de N no solo.

Como observado no estudo, os valores encontrados estão abaixo do limite máximo preconizado, pode-se inferir que a condução dos sistemas de exploração agropecuária desenvolvidos na BH não está influenciando a qualidade da água no parâmetro  $\text{N-NO}_3^-$ .

Na Tabela 3 estão apresentadas as médias das concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  das amostras de água coletadas em diferentes locais e épocas. Ao comparar os locais de coleta, podem-se evidenciar diferenças entre as épocas de coleta e os níveis de pressão antrópica encontradas na BH. Os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  apresentaram maiores concentrações nos local com maior pressão antrópica, coincidentemente as áreas sob atividade leiteira (T1b), do que os locais com atividade agrícola e nascente (T1a). Contudo este parâmetro não foi conclusivo na determinação da interferência do setor agrícola ou leiteiro sob a qualidade superficial da água na BH.

Tabela 3 – Valores de  $\text{N-NO}_3^-$   $\text{mg L}^{-1}$  em amostras de água superficial, nos diferentes locais de coleta, na BH com exploração leiteira, linha 16, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

| Local | Épocas de coleta |           |           |           |            |            | Média  |
|-------|------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|--------|
|       | Coleta 1         | Coleta 2  | Coleta 3  | Coleta 4  | Coleta 5   | Coleta 6   |        |
| T1a   | 0,80 B a         | 1,51 A a  | 0,66 B b  | 0,90 B c  | 0,78 B d   | 0,96 B c   | 0,93 c |
| T1b   | 0,91 C a         | 1,59 A a  | 1,34 AB a | 1,59 A ab | 1,18 BC bc | 1,50 AB ab | 1,35 a |
| T2a   | 0,10 B b         | 1,63 A a  | 1,57 A a  | 1,62 A a  | 1,77 A a   | 1,69 A a   | 1,40 a |
| T2b   | 0,69 C a         | 1,02 BC b | 1,28 AB a | 1,12 AB c | 1,43 A ab  | 1,39 AB ab | 1,16 b |
| T3    | 0,02 B b         | 0,32 B c  | 0,19 B c  | 0,16 B d  | 1,27 A bc  | 1,25 A bc  | 0,53 d |
| Ex    | 0,18 B b         | 0,26 B c  | 1,27 A a  | 1,22 A bc | 0,91 A cd  | 1,25 A bc  | 0,85 c |
| Média | 0,45 d           | 1,05 c    | 1,05 c    | 1,10 bc   | 1,22 ab    | 0,45 d     |        |

As médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1a – Testemunha, T1b – Atividade leiteira, T2a – Lavoura, T2b – Atividade leiteira, T3 – Junção das águas, Ex – Exutório.

#### 4.1.6 Fósforo total PT

Os teores de PT variaram entre 0,00 e 2,04 mg L<sup>-1</sup>. Figura 10. O valor máximo preconizado pela Resolução n° 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) é de 0,025 mg L<sup>-1</sup>, em águas superficiais de classe II.

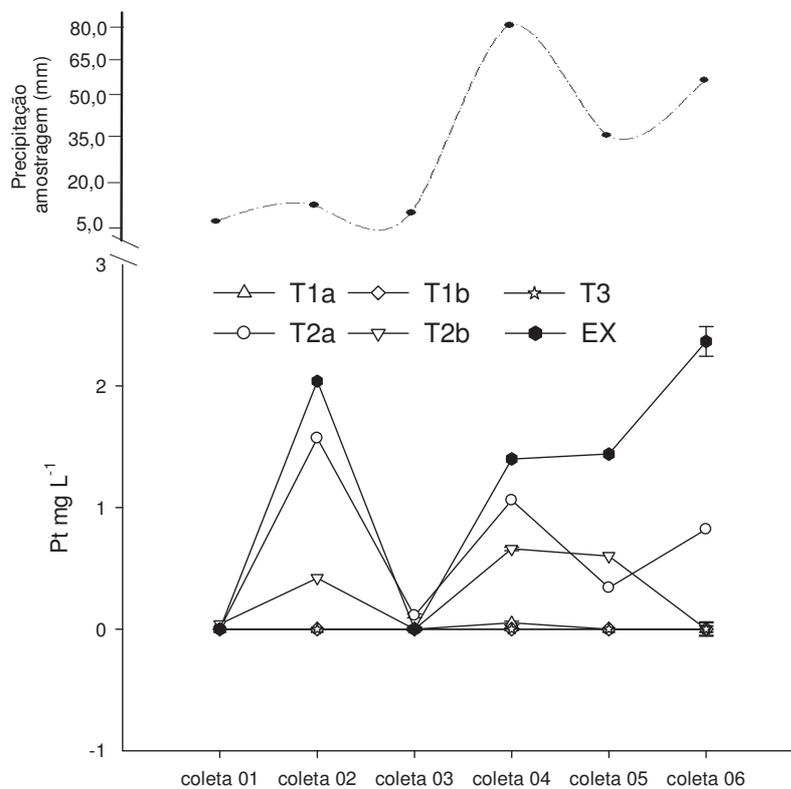


Figura 10 - PT de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH. Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS (T1a – Testemunha, T1b – Atividade leiteira, T2a – Lavoura, T2b –Atividade leiteira, T3 – Junção das águas, Ex – Exutório)

Os maiores teores de PT na água foram encontrados nas áreas com maior pressão antrópica, locais T2a; T2b, T3 e

Ex. Em áreas com proteção dos recursos naturais os níveis encontrados foram nulos T1a e T1b.

Os teores de PT na água foram ausente na primeira coleta. Na segunda, quarta, quinta e sexta coleta os teores de PT aumentaram, tornando-se maiores que o preconizado pelos órgãos governamentais de  $0,025 \text{ mg L}^{-1}$  pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005). Para esse atributo, o ponto do Ex apresentou o maior valor na última coleta, indicando grande quantidade de P carreado provavelmente pelo sedimento. Segundo Rheinheimer et al. (2010), isto está associado ao regime pluviométrico sendo proporcional as perdas de sedimento.

Tabela 4 – Valores de PT mg L<sup>-1</sup> em amostras de água superficial, nos diferentes locais de coleta, na BH com exploração leiteira, linha 16, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

| Fósforo Total – PT mg L <sup>-1</sup> | Épocas   |          |          |          |          |          | Média  |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
|                                       | Coleta1  | C2       | C3       | C4       | C5       | C6       |        |
| Local                                 |          |          |          |          |          |          |        |
| T1a                                   | 0,00 A a | 0,00 A d | 0,00 A b | 0,00 A d | 0,00 A d | 0,00 A c | 0,00 d |
| T1b                                   | 0,00 A a | 0,00 A d | 0,00 A b | 0,00 A d | 0,00 A d | 0,00 A c | 0,00 d |
| T2a                                   | 0,00 F a | 1,57 A b | 0,11 A a | 1,06 B b | 0,34 D c | 0,82 C   | 0,65 b |
| T2b                                   | 0,04 D a | 0,42 C c | 0,00 D b | 0,66 A c | 0,60 B b | 0,00 D c | 0,28 c |
| T3                                    | 0,00 A a | 0,00 A d | 0,00 A b | 0,00 A d | 0,00 A d | 0,00 A c | 0,00 d |
| Ex                                    | 0,00 d a | 2,04 a   | 0,00 D b | 1,40 C a | 1,44 A c | 2,36 A a | 1,20 a |
| Média                                 | 0,00 d   | 0,67 d   | 0,01 d   | 0,52 b   | 0,39 c   | 0,53 b   |        |

As médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1a – Testemunha, T1b – Atividade leiteira, T2a – Lavoura, T2b – Atividade leiteira, T3 – Junção das águas, Ex – Exutório.

Na Tabela 4, estão apresentadas as médias das concentrações de PT das amostras de águas superficiais nos diferentes locais e épocas de coleta. Os dados demonstram no Ex da BH há um efeito acumulador de PT, diferindo dos locais T2a e T2b com atividade leiteira e agrícola.

Entre as épocas de coleta podem-se evidenciar diferenças entre os teores de PT dentro de cada sub-bacia.

#### **4.1.7 Fósforo solúvel PS**

Os valores de PS variaram entre 0,00 e 1,01 mg L<sup>-1</sup>. Os valores preconizados pela Resolução n° 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) têm como base a ausência deste valor em águas superficiais classe II (Figura 11). Os teores de PS não estão visualmente associados a precipitação pluviométrica. O local T1a manteve seus valores nulos em todas as épocas de coleta, o que é normal por se tratar da testemunha. Os demais locais T2a, T2b, T3 e Ex, apontaram maiores valores de PS. Segundo Gonçalves (2003), a variação de PS pode estar ligada as condições de precipitação ocorridas, antecedendo o período de amostragem. Altas concentrações de P no solo nas áreas adjacentes aos cursos d'água, também favorecem maiores níveis de PS na água. A ausência de PS em amostras de água pode ser atribuído ao fato da alta afinidade elemento-solo ou sedimento (PELLEGRINI, 2005). Na BH ocorrem Latossolos com grande afinidade ao elemento P, o que explicaria a baixa concentração encontrada nas amostras.

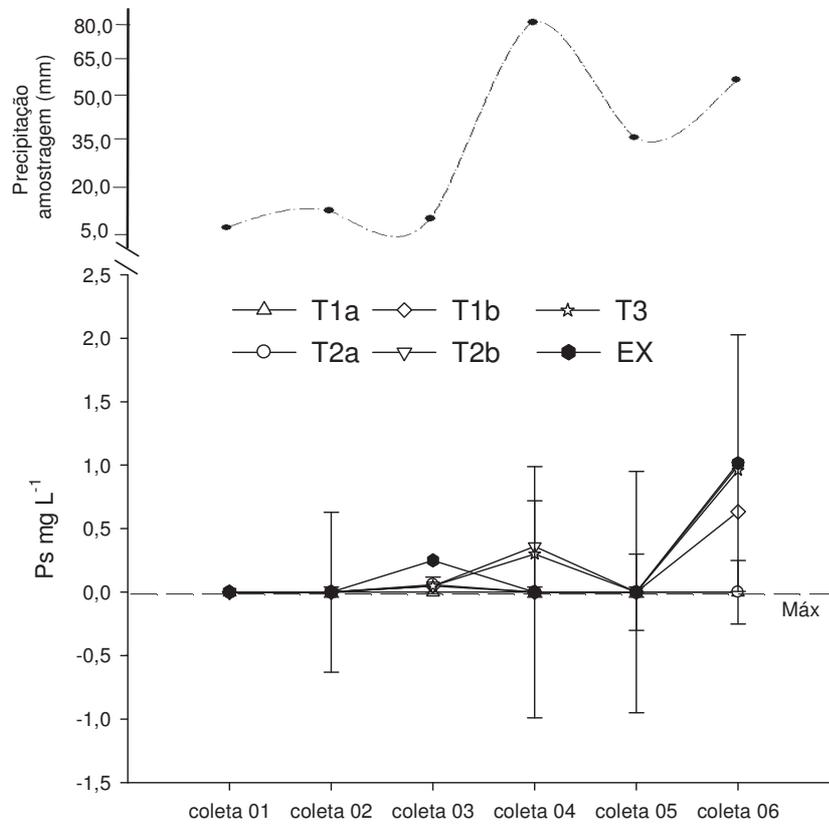


Figura 11 - PS de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH. Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS (T1a – Testemunha, T1b – Atividade leiteira, T2a – Lavoura, T2b –Atividade leiteira, T3 – Junção das águas, Ex – Exutório) (Máx: valor máximo preconizado para águas superficiais classe II).

Na Tabela 5, o tratamento T2b apresentou maiores valores quando comparados com os outros tratamentos, porém não diferiu do T3 e Ex, tratamento com maior teor. Para os demais locais este parâmetro não foi eficaz para diferenciar os valores de PS nas amostras de água superficial.

Tabela 5 – Valores PS mg L<sup>-1</sup> em amostras de águas superficiais, nos diferentes locais de coleta, na BH com exploração leiteira, linha 16, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

| Local | Épocas   |          |           |          |          |          | Média   |
|-------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|---------|
|       | C1       | C2       | C3        | C4       | C5       | C6       |         |
| T1a   | 0,00 A a | 0,00 A b | 0,00 A a  | 0,00 A a | 0,00 A c | 0,00 A c | 0,00 c  |
| T1b   | 0,00 A a | 0,00 A b | 0,00 A a  | 0,00 A c | 0,00 A c | 0,00 A c | 0,00 c  |
| T2a   | 0,00 B a | 0,04 B b | 0,06 AB a | 0,04 B c | 0,04 B c | 0,25 A b | 0,07 bc |
| T2b   | 0,00 B a | 0,00 B b | 0,00 B a  | 0,36 A b | 0,30 A b | 0,00 B c | 0,11 b  |
| T3    | 0,00 A a | 0,00 A b | 0,00 A a  | 0,00 A c | 0,00 A c | 0,00 A c | 0,00 c  |
| Ex    | 0,00 C a | 0,63 B a | 0,00 C a  | 0,99 A a | 0,95 A a | 1,01 A a | 0,59 a  |
| Média | 0,00 c   | 0,11 b   | 0,01 bc   | 0,23 a   | 0,21 a   | 0,21 a   |         |

As médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1a – Testemunha, T1b – Atividade leiteira, T2a – Lavoura, T2b – Atividade leiteira, T3 – Junção das águas, Ex – Exutório.

#### 4.1.8 Sedimentos

Os teores de sedimentos variaram entre 0,0001 e 0,1809 g L<sup>-1</sup>. O valor preconizado pela Resolução n° 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005), tendo como base as águas superficiais de classe II, é de zero (Figura 12).

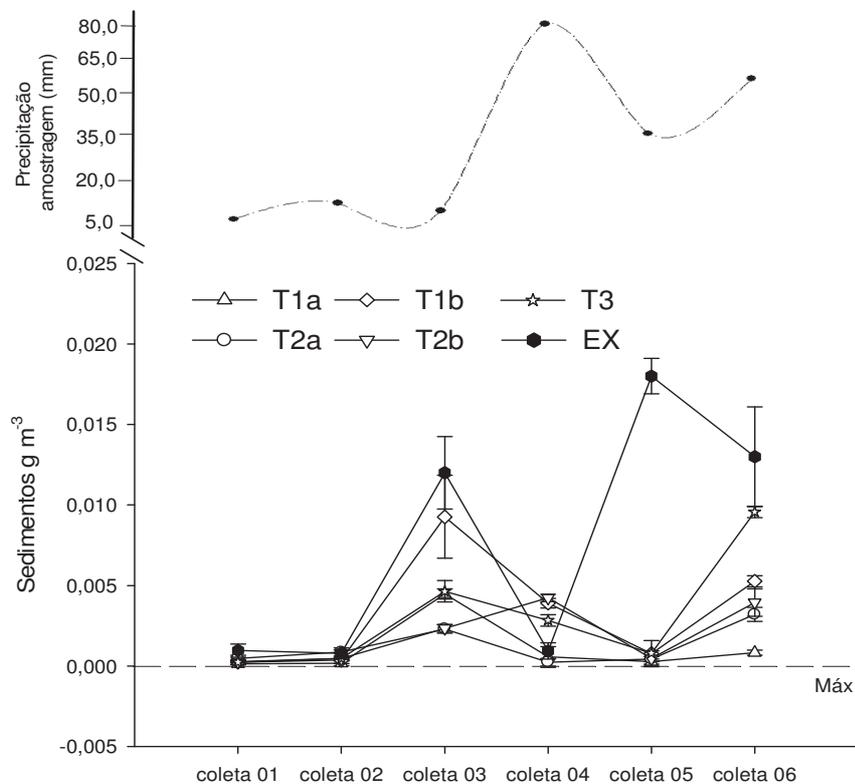


Figura 12 - Sedimentos de amostras de água superficial coletadas em diferentes épocas e locais em BH. Vila Maria 2011. FAMV, Passo Fundo, RS (T1a – Testemunha, T1b – Atividade leiteira, T2a – Lavoura, T2b –Atividade leiteira, T3 – Junção das águas, Ex – Exutório) (Máx: Valor máximo preconizado para águas superficiais classe II).

Para a concentração de sedimentos, a precipitação

parece não explicar a variação entre os tratamentos. Outros fatores não avaliados devem ter atuado na BH, tais como a intensidade da chuva e a configuração do relevo. Apenas, a coleta 3 em todos os locais analisados obteve os maiores índices e a coleta 5 é marcada pela produção e carreamento de sedimentos das estradas rurais.

#### **4.1.9 Outros parâmetros avaliados**

Nas Tabelas 6 a 10 estão sumarizados todos os valores dos parâmetros avaliados.

Os valores de turbidez variaram entre 0,0 e 987 UNT (Tabela 6 a 10), sendo 100 UNT o valor preconizado pela Resolução nº 357/2005 para águas superficiais de classe II. O maior valor de turbidez dentre os locais foi encontrado no Ex para todos os períodos de amostragem.

Os valores de Cor variaram entre 0,0 e 1090 UNT. O valor de 75 UNT é preconizado pelo CONAMA como valor máximo, em águas superficiais de classe II. Para a cor o comportamento foi similar ao parâmetro turbidez.

Os valores de Dureza variaram entre 0,0 e 32  $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ . A Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) tem como base a nulidade deste parâmetro em águas superficiais classe II. O local T1a apresentou maiores valores em amostragem após baixas pluviometrias (na primeira amostragem), seus valores foram nulos por ocasião de altas pluviometrias.

Tabela 6 – Composição física e química da primeira coleta, das amostras de água superficial, oriundas da ação antrópica em BH com exploração leiteira, linha 17, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

| Parâmetro                      | Unidade                              | Tratamentos: locais de coleta <sup>1</sup> |        |        |        |        |        | Limite <sup>2</sup><br>CONAMA |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------|
|                                |                                      | T1a  | T1b    | T2a    | T2b    | T3     | Ex     |                               |
| Coleta 01 (03/01/2011)         |                                      |  |        |        |        |        |        |                               |
| Turbidez                       | UNT                                  | nd   | 1,3    | 4,35   | 1,48   | 1,68   | 6,2    | 100                           |
| Dureza                         | mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> | 6,65                                       | 9,38   | 14,64  | 13,75  | 5,78   | 12,17  | -                             |
| Cor                            | mg PtcolL <sup>-1</sup>              | nd   | 11     | 7      | 13     | 11     | 33     | 75                            |
| K                              | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,00                                       | 1,57   | 0,81   | 1,57   | 1,57   | 1,38   | -                             |
| Na                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 2,17                                       | 2,97   | 2,97   | 3,37   | 3,37   | 2,77   | -                             |
| Mg                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,04                                       | 1,61   | 2,61   | 2,38   | 0,99   | 2,23   | -                             |
| Ca                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,88                                       | 1,16   | 1,53   | 1,59   | 0,82   | 1,25   | -                             |
| Fe                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,68                                       | 1,60   | 1,43   | 1,52   | 2,44   | 4,20   | 0,3                           |
| Zn                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,18                          |
| Cu                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,01                                       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,02                          |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,89                                       | 1,67   | 1,11   | 1,08   | 1,21   | 1,34   | 0,02                          |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,81                                       | 0,90   | 0,91   | 1,59   | 0,10   | 1,62   | 10                            |
| PS                             | mg L <sup>-1</sup>                   | nd   | nd     | nd     | nd     | nd     | nd     | -                             |
| PT                             | mg L <sup>-1</sup>                   | nd   | nd     | nd     | nd     | nd     | nd     | 0,025                         |
| pH                             | un                                   | 5,45                                       | 7,20   | 5,90   | 7,47   | 7,33   | 7,50   | 6 - 9                         |
| CE                             | us cm <sup>-1</sup>                  | 20,14                                      | 18,64  | 33,96  | 30,51  | 21,10  | 26,08  | -                             |
| OD                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 5,91                                       | 6,46   | 5,80   | 6,23   | 6,04   | 6,07   | 4                             |
| Sedimentos                     | g m <sup>-3</sup>                    | 0,0001                                     | 0,0002 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0009 | -                             |

<sup>1</sup>T1a: mata nativa (testemunha), T1b: atividade leiteira. T2a: nascente cercada por lavoura. T2b: ponto à jusante, com influência de atividade leiteira. T3: ponto do talvegue secundário, sob influência dos anteriores T1a, T1b, T2a e T2b. Ex: exutório da BH.

<sup>2</sup>Limite CONAMA, estabelecidos independentes da vazão, usando valores para classe II de águas doces superficiais.

Tabela 7 – Composição física e química da segunda coleta, das amostras de água superficial, oriundos da ação antrópica em BH com exploração leiteira, linha 17, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

| Parâmetro                      | Unidade                              | Tratamentos: locais de coleta <sup>1</sup> |        |        |        |        |        |       | Limite <sup>2</sup><br>CONAMA |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------------------------------|
|                                |                                      | T1a  | T1b    | T2a    | T2b    | T3     | Ex     |       |                               |
| <i>Coleta 02 (10/02/2011)</i>  |                                      |  |        |        |        |        |        |       |                               |
| Turbidez                       | UNT                                  | 0,05                                       | 1,30   | 4,35   | 1,48   | 1,68   | 6,2    | 100   |                               |
| Dureza                         | mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> | nd   | nd     | 2,39   | 2,19   | nd     | 0,99   | -     |                               |
| Cor                            | mg Pt-colL <sup>-1</sup>             | nd   | 11     | 13     | 7      | 11     | 33     | 75    |                               |
| K                              | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,09                                       | 1,49   | 0,89   | 2,29   | 1,49   | 1,29   | -     |                               |
| Na                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,52                                       | 1,12   | 1,91   | 2,31   | 2,51   | 1,12   | -     |                               |
| Mg                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,26                                       | 1,28   | 3,34   | 3,19   | 2,06   | 2,70   | -     |                               |
| Ca                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,49                                       | 1,44   | 3,63   | 3,69   | 2,24   | 2,75   | -     |                               |
| Fe                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,51                                       | 0,68   | 0,72   | 0,59   | 1,85   | 0,80   | 0,3   |                               |
| Zn                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,18  |                               |
| Cu                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,02  |                               |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,75                                       | 2,15   | 1,81   | 1,61   | 1,59   | 1,60   | 0,02  |                               |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,91                                       | 1,60   | 1,34   | 1,59   | 1,18   | 1,50   | 10    |                               |
| PS                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | -     |                               |
| PT                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,025 |                               |
| pH                             | un                                   | 5,33                                       | 7,05   | 5,69   | 6,70   | 7,19   | 7,28   | 6 - 9 |                               |
| CE                             | us cm <sup>-1</sup>                  | 21,81                                      | 19,72  | 37,03  | 37,00  | 21,29  | 26,65  | -     |                               |
| OD                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 6,44                                       | 6,14   | 5,08   | 6,43   | 5,9    | 5,77   | 4     |                               |
| Sedimentos                     | g m <sup>-3</sup>                    | 0,0002                                     | 0,0004 | 0,0009 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0008 | -     |                               |

<sup>1</sup>T1a: mata nativa (testemunha), T1b: atividade leiteira. T2a: nascente circundada por lavoura. T2b: ponto à jusante, com influência de atividade leiteira. T3: ponto do talvegue secundário, sob influência dos anteriores T1a, T1b, T2a e T2b. Ex: exutório da BH.

<sup>2</sup>Limite CONAMA, estabelecidos independentes da vazão, usando valores para classe II de águas doces superficiais.

Tabela 8 – Composição física e química da terceira coleta, das amostras de água superficial, oriundos da ação antrópica BH com exploração leiteira, linha 17, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

| Parâmetro                      | Unidade                              | Tratamentos: locais de coleta <sup>1</sup> |        |        |        |        |        | Limite <sup>2</sup><br>CONAMA |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------|
|                                |                                      | T1a  | T1b    | T2a    | T2b    | T3     | Ex     |                               |
| <i>Coleta 03 (14/03/2011)</i>  |                                      |  |        |        |        |        |        |                               |
| Turbidez                       | UNT                                  | 3,6  | 614    | 3,55   | 343    | 566    | 676    | 100                           |
| Dureza                         | mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> | nd   | nd     | 2,2    | 1,6    | nd     | 2,4    | -                             |
| Cor                            | mg Pt-coL <sup>-1</sup>              | 2  | 75     | 4      | 175    | 100    | 300    | 75                            |
| K                              | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,61                                       | 2,59   | 1,21   | 2,59   | 2,40   | 6,53   | -                             |
| Na                             | mg L <sup>-1</sup>                   | nd   | 1,48   | nd     | 3,67   | nd     | 1,48   | -                             |
| Mg                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,42                                       | 2,86   | 3,95   | 2,54   | 2,77   | 2,25   | -                             |
| Ca                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,30                                       | 0,65   | 1,19   | 0,90   | 0,51   | 1,94   | -                             |
| Fe                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,64                                       | 0,68   | 0,59   | 0,76   | 0,89   | 0,70   | 0,3                           |
| Zn                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,18                          |
| Cu                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,02                          |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | mg L <sup>-1</sup>                   | nd   | 1,63   | 1,57   | 1,74   | 1,69   | 1,82   | 0,02                          |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,11                                       | 1,63   | 1,57   | 1,62   | 1,77   | 1,70   | 10                            |
| PS                             | mg L <sup>-1</sup>                   | nd   | <0,05  | 0,06   | <0,05  | <0,05  | 0,25   | -                             |
| PT                             | mg L <sup>-1</sup>                   | nd   | 1,57   | 0,11   | 1,07   | 0,33   | 0,83   | 0,025                         |
| pH                             | un                                   | 5,32                                       | 7,04   | 5,90   | 6,62   | 7,36   | 6,74   | 6 - 9                         |
| CE                             | us cm <sup>-1</sup>                  | 18,56                                      | 17,60  | 34,69  | 23,63  | 26,99  | 29,10  | -                             |
| OD                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 6,48                                       | 6,41   | 6,04   | 6,83   | 5,83   | 5,56   | 4                             |
| Sedimentos                     | g m <sup>-3</sup>                    | 0,0045                                     | 0,0093 | 0,0023 | 0,0023 | 0,0046 | 0,0130 | -                             |

<sup>1</sup>T1a: mata nativa (testemunha), T1b: atividade leiteira. T2a: nascente circundada por lavoura. T2b: ponto à jusante, com influência de atividade leiteira. T3: ponto do talvegue secundário, sob influência dos anteriores T1a, T1b, T2a e T2b. Ex: exutório da BH.

<sup>2</sup>Limite CONAMA, estabelecidos independentes da vazão, usando valores para classe II de águas doces superficiais.

Tabela 9 - Composição física e química quarta coleta, das amostras de água superficial, oriundos da ação antrópica em BH com exploração leiteira, linha 17, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

| Parâmetro                      | Unidade                              | Tratamentos: locais de coleta <sup>1</sup> |        |         |         |         |        | Limite <sup>2</sup><br>CONAMA |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|--------|---------|---------|---------|--------|-------------------------------|
|                                |                                      | T1a  | T1b    | T2a     | T2b     | T3      | Ex     |                               |
| <i>Coleta 04 (15/04/2011)</i>  |                                      |  |        |         |         |         |        |                               |
| Turbidez                       | UNT                                  | nd   | 105    | 0       | 87      | 77      | 987    | 100                           |
| Dureza                         | mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> | 7,29                                       | 21,55  | 10,54   | 19,95   | 14,49   | 13,60  | -                             |
| Cor                            | mg Pt-colL <sup>-1</sup>             | 4  | 340    | 4       | 310     | 365     | 1090   | 75                            |
| K                              | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,44                                       | 4,43   | 1,12    | 10,92   | 6,59    | 7,13   | -                             |
| Na                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 5,12                                       | 0,50   | 1,79    | 1,45    | 0,84    | 0,97   | -                             |
| Mg                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,26                                       | 5,01   | 2,53    | 3,88    | 3,18    | 2,45   | -                             |
| Ca                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,27                                       | 1,45   | 0,32    | 0,98    | 1,29    | 1,01   | -                             |
| Fe                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,47                                       | 0,72   | 1,01    | 1,35    | 1,73    | 2,02   | 0,3                           |
| Zn                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   | 0,18                          |
| Cu                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00   | 0,02                          |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,51                                       | 1,61   | 1,13    | 1,07    | 1,40    | 1,13   | 0,02                          |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,56                                       | 1,05   | 1,29    | 1,13    | 1,45    | 1,40   | 10                            |
| PS                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00    | 0,36    | 0,30    | 0,00   | -                             |
| PT                             | mg L <sup>-1</sup>                   | <0,05                                      | 0,42   | 0,00    | 0,67    | 0,60    | 0,00   | 0,025                         |
| pH                             | un                                   | 7,35                                       | 6,79   | 5,60    | 6,62    | 7,00    | 6,67   | 6 - 9                         |
| CE                             | us cm <sup>-1</sup>                  | 59,13                                      | 55,06  | 33,23   | 45,27   | 30,11   | 24,26  | -                             |
| OD                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 7,14                                       | 7,17   | 5,41    | 5,95    | 5,89    | 6,35   | 4                             |
| Sedimentos                     | g m <sup>-3</sup>                    | 0,0005                                     | 0,0039 | 0,00023 | 0,00423 | 0,00283 | 0,0184 | -                             |

<sup>1</sup>T1a: mata nativa (testemunha), T1b: atividade leiteira. T2a: nascente circundada por lavoura. T2b: ponto à jusante, com influência de atividade leiteira. T3: ponto do talvegue secundário, sob influência dos anteriores T1a, T1b, T2a e T2b. Ex: exutório da BH.

<sup>2</sup>Limite CONAMA, estabelecidos independentes da vazão, usando valores para classe II de águas doces superficiais.

Tabela 10 – Composição física e química da quinta coleta, das amostras de água superficial, oriundas da ação antrópica em BH com exploração leiteira, linha 17, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

| Parâmetro                      | Unidade                              | Tratamentos: locais de coleta <sup>1</sup> |        |        |        |        |        |        | Limite <sup>2</sup><br>CONAMA |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------|
|                                |                                      | T1a  | T1b    | T2a    | T2b    | T3     | Ex     |        |                               |
| <i>Coleta 05 (11/05/2011)</i>  |                                      |  |        |        |        |        |        |        |                               |
| Turbidez                       | UNT                                  | 4  | 7      | 12     | 16     | 11     | 11     | 11     | 100                           |
| Dureza                         | mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> | 13,41                                      | 11,38  | 27,11  | 20,05  | 16,04  | 16,04  | 14,84  | -                             |
| Cor                            | mg Pt-colL <sup>-1</sup>             | 8  | 6      | 8      | 15     | 9      | 9      | 7      | 75                            |
| K                              | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,04                                       | 1,17   | 0,97   | 1,31   | 1,24   | 1,24   | 1,04   | -                             |
| Na                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,28                                       | 1,35   | 1,76   | 1,82   | 1,55   | 1,55   | 1,55   | -                             |
| Mg                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,37                                       | 1,40   | 4,18   | 2,98   | 2,12   | 2,12   | 2,30   | -                             |
| Ca                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 2,62                                       | 2,23   | 4,43   | 3,30   | 2,55   | 2,55   | 2,58   | -                             |
| Fe                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 2,23                                       | 2,52   | 1,98   | 1,98   | 3,02   | 3,02   | 2,69   | 0,3                           |
| Zn                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,18                          |
| Cu                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,02                          |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 1,61   | 0      | 1,72   | 0,38   | 0,38   | 1,61   | 0,02                          |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,48   | 0,16   | 0,16   | 1,18   | 1,18   | 1,69   | 10                            |
| PS                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | -                             |
| PT                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,025                         |
| pH                             | un                                   | 7,35                                       | 6,79   | 5,60   | 6,62   | 7,00   | 7,00   | 6,67   | 6 - 9                         |
| CE                             | us cm <sup>-1</sup>                  | 59,13                                      | 55,06  | 33,23  | 45,27  | 30,11  | 30,11  | 24,26  | -                             |
| OD                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 7,14                                       | 7,17   | 5,41   | 5,95   | 5,89   | 5,89   | 6,35   | 4                             |
| Sedimentos                     | g m <sup>-3</sup>                    | 0,0003                                     | 0,0008 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0008 | 0,0008 | 0,0009 | -                             |

<sup>1</sup>T1a: mata nativa (testemunha), T1b: atividade leiteira. T2a: nascente circundada por lavoura. T2b: ponto à jusante, com influência de atividade leiteira. T3: ponto do talvegue secundário, sob influência dos anteriores T1a, T1b, T2a e T2b. Ex: exutório da BH.

<sup>2</sup>Limite CONAMA, estabelecidos independentes da vazão, usando valores para classe II de águas doces superficiais.

Tabela 11 – Composição física e química da sexta coleta, das amostras de água superficial, oriundos da ação antrópica em BH com exploração leiteira, linha 17, Vila Maria – RS, 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

| Parâmetro                      | Unidade                              | Tratamentos: locais de coleta <sup>1</sup> |        |         |         |        |        | Limite <sup>2</sup><br>CONAMA |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|--------|---------|---------|--------|--------|-------------------------------|
|                                |                                      | T1a  | T1b    | T2a     | T2b     | T3     | Ex     |                               |
| <i>Coleta 06 (07/06/2011)</i>  |                                      |  |        |         |         |        |        |                               |
| Turbidez                       | UNT                                  | 10   | 154    | 123     | 16      | 950    | 223    | 100                           |
| Dureza                         | mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> | 11,92                                      | 17,28  | 28,55   | 28,84   | 24,39  | 32,45  | -                             |
| Cor                            | mg Pt-colL <sup>-1</sup>             | 33   | 33     | 300     | 6       | 1090   | 485    | 75                            |
| K                              | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,50                                       | 2,73   | 1,11    | 6,65    | 4,56   | 5,43   | -                             |
| Na                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,03   | 0,00    | 0,81    | 0,39   | 0,57   | -                             |
| Mg                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,52                                       | 3,00   | 4,13    | 5,02    | 4,16   | 7,88   | -                             |
| Ca                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 1,72                                       | 2,63   | 5,30    | 3,16    | 2,56   | 3,21   | -                             |
| Fe                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 2,27                                       | 4,74   | 6,80    | 5,08    | 5,08   | 7,47   | 0,3                           |
| Zn                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,18                                       | 0,24   | 0,24    | 0,23    | 0,24   | 0,31   | 0,18                          |
| Cu                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,00   | 0,00    | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,02                          |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,16   | 0,27    | 0,16    | 1,56   | 1,70   | 0,02                          |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,27   | 1,07    | 1,56    | 1,07   | 1,72   | 10                            |
| PS                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 0,63   | 0,00    | 1,00    | 0,96   | 1,02   | -                             |
| PT                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 0,00                                       | 2,05   | 0,00    | 1,40    | 1,45   | 2,37   | 0,025                         |
| pH                             | un                                   | 7,35                                       | 6,79   | 5,60    | 6,62    | 7,00   | 6,67   | 6 - 9                         |
| CE                             | us cm <sup>-1</sup>                  | 59,13                                      | 55,06  | 33,23   | 45,27   | 30,11  | 24,26  | -                             |
| OD                             | mg L <sup>-1</sup>                   | 7,14                                       | 7,17   | 5,41    | 5,95    | 5,89   | 6,35   | 4                             |
| Sedimentos                     | g m <sup>-3</sup>                    | 0,0008                                     | 0,0052 | 0,00320 | 0,00393 | 0,1809 | 0,0095 | -                             |

<sup>1</sup>T1a: mata nativa (testemunha), T1b: atividade leiteira. T2a: nascente circundada por lavoura. T2b: ponto à jusante, com influência de atividade leiteira. T3: ponto do talvegue secundário, sob influência dos anteriores T1a, T1b, T2a e T2b. Ex: exutório da BH.

<sup>2</sup>Limite CONAMA, estabelecidos independentes da vazão, usando valores para classe II de águas doces superficiais.

Os valores de  $K^+$  e  $Na^+$  oscilaram entre 0,4 e 10,9  $mg L^{-1}$  e de 0,0 e 5,11  $mg L^{-1}$ , respectivamente. A Resolução nº 357/2005 do CONAMA preconiza valor zero para esses elementos em águas superficiais de classe II. Para os locais T1a e T2a, os valores de  $K^+$  mantiveram-se estáveis com menor oscilação em função das distintas pluviometrias de baixa e alta intensidade. Os maiores valores observados foram na coleta 3 e 4, em função da menor pluviometria. Segundo Elmi et al. (2004) a presença de  $K^+$  em águas superficiais são decorrentes da atividade agrícola de forma intensificada, através da fertilização química. Já os valores de  $Na^+$  foram maiores em pluviometria baixa, ocorrendo o inverso quando a pluviometria é maior, evidenciando o fator de diluição do elemento. Os valores maiores para  $Na^+$  ocorreram no local T2b, por ser próxima a área com atividade leiteira a sua margem, o que é comum a suplementação dos animais com sal.

Os valores de  $Ca^{2+}$  oscilaram entre 0,27 e 5,29  $mg L^{-1}$ . O local T2a e seu talvegue T2b apresentam uma tendência similar no comportamento deste elemento ao  $Na^+$ . No local T2a observou-se maior valor por se tratar de uma nascente localizada no meio de uma lavoura. Os demais locais mantiveram uma tendência similar no seu comportamento, onde as maiores precipitações ocorridas na coleta 4 provocaram um efeito de diluição deste elemento.

Os valores de  $Mg^{2+}$  oscilaram entre 0,98 e 7,88  $mg L^{-1}$ . Para o tratamento T1a, não apresenta variações em função das épocas. O T2a apresenta diminuição nos valores de  $Mg^{2+}$  quando a pluviometria foi mais alta (coleta 3, 4 e 6). O maior valor de  $Mg^{2+}$  foi encontrado no Ex, sendo que os outros locais apresentaram uma

tendência de menor concentração em baixa pluviometria.

Em relação ao  $\text{Cu}^+$ , seus teores foram nulos nas épocas amostradas. Já para  $\text{Fe}^{3+}$ , os valores variaram entre 0,49 e 6,79  $\text{mg L}^{-1}$ . Os valores preconizados pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) para  $\text{Fe}^{3+}$  em águas superficiais de classe II, é de 0,3  $\text{mg L}^{-1}$ . Os solos oxídicos contribuíram para esses resultados. Também se pode distinguir duas situações típicas, uma, em baixas pluviometrias os valores foram menores, exceto o Ex; em outra situação, em altas pluviometrias, os valores foram maiores em todos os locais.

Os valores de  $\text{Zn}^{2+}$  oscilaram entre 0,00 e 0,31  $\text{mg L}^{-1}$ . O valor de 0,18  $\text{mg L}^{-1}$  é preconizado pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) para águas superficiais de classe II.

### **4.3 Discussão geral**

A BH caracteriza-se pela produção de grãos e atividade leiteira. O efeito dessa modalidade de uso do solo sobre a qualidade da água é variável de acordo com as intensidades de uso do solo nas sub-bacias. Nesse sentido, observou-se que a água sob influência da atividade agrícola apresentou maiores teores de elementos medidos que as amostras de nascentes. Para os elementos  $\text{N-NH}_4^+$ , PT, PS, OD e turbidez os valores ficaram ao menos uma vez acima do preconizado pelo CONAMA. É provável que no período invernal, devido à alta lotação animal em áreas de solos frágeis (solos rasos, declividade acentuada e cobertura vegetal incipiente), próximas aos corpos hídricos favoreça maiores

teores na água de elementos. O livre acesso dos animais aos córregos pode estar favorecendo a transferência de elementos químicos principalmente nas altas precipitações. Como os dejetos ficam sobre o solo com baixa capacidade de infiltração de água e declividade acentuada os córregos recebem grande quantidade de material. As águas apesar de conter baixa concentração de sedimentos carregam poluentes mais móveis, o que caracteriza a BH como um território de alto potencial de transferência de elementos químicos do solo ao sistema aquático.

O impacto do cultivo de trigo e soja na água da BH foi evidenciado no estudo da sub-bacia T2a, e sob os efeitos cumulativos com a atividade leiteira nos locais T2b, T3 e Ex. Nas épocas de maior pluviometria (coletas 4, 5 e 6) observou-se diferenças em relação à testemunha para os parâmetros pH, CE, OD, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PT e PS.

O grau de relacionamento entre os parâmetros avaliados podem ser visualizados por meio da análise de correlação entre os parâmetros PT, PS, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Tabela 12). O PT possui correlação com PS e a concentração de sedimentos, e correlação não significativa com N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Isso é esperado porque o PT tem como principal via de transferência estar particulado, ou seja, adsorvido ao sedimento (PELLEGRINI et al. 2010). O PS mostra correlação com o sedimento. A correlação entre PS, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, não foi significativa em função da diferente capacidade de mobilidade desses elementos. Assim, o N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e o N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> que são móveis no solo e altamente solúveis na água não se correlacionam com a concentração de sedimentos na

água.

Tabela 12 - Correlação simples entre variáveis, físico-químicas, de águas superficiais. Vila Maria – 2011. FAMV, Passo Fundo, RS

| Parâmetros                     | PT                 | PS                  | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Conc.<br>Sedimentos |
|--------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Pt                             | 1                  |                     |                                |                                |                     |
| Os                             | 0,83 **            | 1                   |                                |                                |                     |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | -0,04 <sup>ns</sup> | 1                              |                                |                     |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0,24 <sup>ns</sup> | 0,18 <sup>ns</sup>  | 0,66 **                        | 1                              |                     |
| Conc.<br>Sedimentos            | 0,58 **            | 0,55 **             | 0,15 <sup>ns</sup>             | 0,23 <sup>ns</sup>             | 1                   |

ns: não significativo. \*\* significativo ao nível de 1%.

A exploração do solo pelas atividades agrícola e leiteira na BH deve ser acompanhada de modo a manter a qualidade de água para os parâmetros que estão dentro do preconizado pelo CONAMA. Para os parâmetros que estão acima do preconizado ações no sentido de minimizem a transferência de elementos via escoamento superficial para os corpos hídricos devem ser implementadas. Planejar o espaço agrícola pode surtir efeitos benéficos na qualidade da água (MERTEN & MINELLA, 2002; ANDRADE et al., 2007) bem como pode nortear a expansão da atividade leiteira na região. Essas ações constituem-se em práticas já bem conhecidas da agronomia como o uso e manejo corretos do solo dentro da aptidão dos solos, além de um manejo de pastagens e de pastoreio adequados, praticados de forma incipiente na BH. Ademais, a adequação do número de animais por unidade de área nas UPFs da BH, de forma a serem compatíveis à qualidade da água superficial produzidas nessas BH de cabeceiras são ações que julgamos fundamentais.

## 5 Conclusão

A premissa de que quando a atividade leiteira e a produção de grãos são manejadas de forma sustentável em um conjunto de propriedades de uma bacia hidrográfica, os seus impactos sobre a qualidade da água são minimizados mantendo seus parâmetros químicos dentro dos padrões preconizados pelos órgãos governamentais.

Nesse sentido, o uso do território na bacia hidrográfica influencia negativamente a qualidade da água em parâmetros, tais como:  $\text{N-NH}_4^+$ , PT e PS e turbidez em pelo menos uma ocasião durante o monitoramento. Contudo os parâmetros OD,  $\text{N-NO}_3^-$ , e mesmo a concentração de sedimentos estão dentro das normas de qualidade para águas de classe II.

A magnitude do impacto da produção agropecuária em sistema integração lavoura pecuária sobre os parâmetros de qualidade da água avaliados está associada ao grau de intensificação do uso do solo típica de cada sub-bacia, contudo no geral os resultados sugerem uma pressão compatível com os índices de qualidade da água.

## 6 Referências bibliográficas

AKINREMI, O. O.; CHO, C. M. Phosphate transport in calcium-saturated systems: II. Experimental results in a model system. *Soil Science Society America Journal*. v. 55, p. 1282-1287, 1991.

ANDRAE, M. O.; ASMODE, J.; DACK, VAN'T, L. Determination of sodium in natural waters by atomic absorption spectrophotometry with hydride generation. *Analytical Chemistry*. v. 53, p. 1766-1771, 1981.

ANDRADE, E. M. de.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; GOMES, R. B. LOBATO, F. A. O. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. *Ciência Rural*, v. 37, n. 6, p. 1791-1797, 2007.

AMARAL, L. A.; ROSSI, J. O. D.; FILHO, A. N.; BARROS, L. S. S.; PRISCILA M. S. Água utilizada em propriedades rurais para o consumo humano e na produção de leite como veículo da bactéria do gênero *Aeromonas*. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*. v. 101, n. 557-558, p.103 – 107, 2006.

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

APHA, A. E. G.; AWWA, A. D. E.; WEF, L. S. C. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19 ed. *Washington D.C.*: American Public Health Association, 1995.

AULAKH, M. S.; KHERA, T. S.; DORAN, J. W.; SINGH, K.; SINGH, B. Yields and nitrogen dynamics in a rice-wheat system using green manure and inorganic fertilizer. *Soil Science. Society. America. Journal*. v. 64, p. 1867-1876, 2000.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB. *FAO: Irrigação e Drenagem*, 29. 1991. 218p

BARRELLA, W. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo, USP, p. 187 – 200. 2001.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO F. *Conservação do solo*. 3.ed. São Paulo: Ícone, 1990. 335 p.

BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 6ª ed. Viçosa-MG. UFV. 1995. 657p.

BERTOL, I.; MELLO, E. L.; GUADAGNIN, J. C.; ZAPAROLLI, A. L. V. CARRAFA, M.R. Nutrient losses by water erosion. *Scientia. Agrícola*. v. 60, p. 581-586, 2003.

BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, O. J. Perdas de nitrogênio via superfície e subsuperfície em sistema de semeadura direta. *Revista. Floresta*, v. 35, p. 429-443, 2005.

BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; GONÇALVES, C. S.; PERNES, M.; DUR, J. C. Qualidade de sedimento e processos de eutroficação de águas fluviais em uma pequena bacia hidrográfica do Rio Grande do Sul. In: *SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL*, Porto Alegre, 2006.

BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J.B.R.; GONÇALVES, C.S.; MARONEZE, A. M.; KURZ, M. H. S.; BACAR, N.; ZANELLA R. Investigation of the occurrence of pesticide residues in rural wells and surface water following application to tobacco. *Química nova*, v. 30, n. 8, p. 1872-1876, 2008.

BORTOLUZZI, E. C. *Manejo sustentável de solo em microbacia hidrográfica com exploração leiteira da região da produção*, RS. Passo Fundo, 2011, 80p. (Relatório técnico).

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. *Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997*. Brasília: Diário Oficial da União.

09/01/1997. 15p.

BRASIL. Fundação Nacional da Saúde. *Portaria* n° 1469, de 29 de dezembro de 2000. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2001, 32p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução*:n° 357, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005. 23p.

BRANCO, S. M.; CLEARY, R. W.; COIMBRA, R. M.; EIGER, S.; LUCA, S. J.; NOGUEIRA, V.P. Q.; PORTO, M. F. A. *Hidrologia ambiental*. São Paulo: EDUSP, v, 3. p. 441, 1991.

BRANCO, S. M.; *Hidrologia aplicada à engenharia sanitária*. 3ª ed. São Paulo. CETESB/ACATESB. 1986. 640p.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (Org.). *Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. 2.ed. São Paulo: Escrituras Editora, cap.19, p. 635-649. 2002.

BRAUNE, E.; LOOSER, U. Cost impacts of sediments in South African rivers. In: Proceedings of the Baltimore Symposium, *Sediment and the Environment*, 1989, Baltimore. Proceedings... IAHS Publ. v. 184. p. 131-143. 1989.

CARMOUZE, J. P. *O Metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas*. São Paulo – Ed. Edgard Blücher – FAPESP. 1994. 253p.

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

CETESB – *Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental*. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2004. São Paulo, CETESB, 2005. p. 297.

COPETTI, A. C. C. *Resíduos de agroindústrias familiares: impactos da qualidade da água e tratamento com técnicas simplificadas*. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2010. 139p.

CONEZA, V. F. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid, España: Mundi-Prensa. 1997. 412p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina; *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS RS/SC)* 10 ed. Porto Alegre, RS: 2004. 400p..

CHAVES, L. H. G.; LIBARDI, P. L. Lixiviação de potássio e cálcio mais magnésio influenciada pelo pH. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 19, p. 145-148, 1995.

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

DIEROLF, T. S.; ARYA, L. M.; YOST, R. S. Water and cation movement in an Indonesian Ultisol. *Agronomy Journal*. v. 89, p. 572- 579, 1997.

DOMINGUES, H.; SERRAO, M. G.; MARTINS, J. C.; CASTELO-BRANCO, M. A.; MONTEIRO, O. R.; FERNADES, M. L.; PIRES, F.; CAMPOS, A. M.; HORTA, C.; SALGUEIRO, A.; DORDIO, A. Teores de cobre na água de escoamento superficial num solo ao qual foi aplicada lama residual urbana com elevada concentração de cobre. *Revista De Ciências Agrárias*, jul. v. 30, n. 2, p. 326-334. 2007.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema brasileiro de classificação de solos*: Rio de Janeiro, 2006. 374p.

ELMI, A. A.; MADRAMOOTOO, C.; MOHAMUD, E.; HAMEL, C. Water and fertilizer nitrogen management to minimize nitrate pollution from a cropped soil in southwestern Quebec, Canada.

*Water, Air, and Soil Pollution*, v. 151, p. 117-134, 2004.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. A. de.; CASSOL, P. C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 31, p. 393-402, 2007.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Interciência, Rio de Janeiro. 1998. 602p.

FAUSTINO, J. *Planificación y gestión de manejo de cuencas*. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FARIAS, M. S. S. DE. *Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo*. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)- Universidade federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2006. 152p.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade de água para a irrigação na microbacia do Córrego do Coqueiro. Campina Grande, PB, UAEA/UFCEG Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 6, p.772-780, 2009.

GONÇALVES, C. S. *Qualidade de águas superficiais na microbacia hidrográfica do arroio Lino Nova Boêmia – Agudo – RS*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003. 90p.

HARDING, J. S.; CLAASSEN, K.; EVERS, N. Can forest fragments reset physical and water quality conditions in agricultural catchments and act as refugia for forest stream invertebrates? *Hydrobiologia*. v. 568, p. 391-402. 2006.

HOLT, M. S. “Sources of Chemical Contaminants and Routes into the Freshwater Environment”, *Food and Chemical Toxicology*, v. 38, p. 21-27, 2000.

IBGE. Número de estabelecimentos agropecuários de produção animal por tipo de produção animal. Disponível em:<  
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ca> > Acesso em: 15 de

julho de 2010.

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

KAMIYAMA, A.; MARIA DE, I. C.; SOUZA, D. C. C.; SILVEIRA, A. P. D. *Percepção ambiental dos produtores e qualidade do solo em propriedades orgânicas e convencionais*. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 1, p.176-184, 2011.

LIMA, W. P.; ZAKIA M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H. F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 33-43, 2000.

MACEDO, J. A. B. *Introdução a Química Ambiental: Química e Meio Ambiente e Sociedade*. CRQ-MG: Belo Horizonte. 2006. 1028 p.

MANTOVANI, A. *Lixiviação de nitrogênio num Nitossolo Vermelho em função do pH do solo e da adição de fertilizantes nitrogenados com superfosfato triplo*. (Tese de Mestrado). Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC Lages. 2005. 59p.

MATOS, A. T. *Tratamento de resíduos agroindustriais*. Viçosa-MG: *Fundação Estadual do Meio Ambiente*; Minas Gerais: Universidade federal de Viçosa, 2005.

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

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

MEYBECK, M. The Global Change of continental aquatic systems: dominant impacts of human activities. *Water Science and Technology*. v. 49, p. 73-83, 2004.

MISHRA, S. K. ; TYAGI, J. V.; SINGH, V. P.; SINGH, R. SCS-CN-based modeling of sediment yield. *Journal of Hydrology*. v. 324, p. 301-322, 2006.

MINELLA, J. P.; MERTEN, G. H.; REICHERT, J. M.; RHEINHEIMER D. S. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1637-46, nov./dec. 2007.

MURPHY, J.; HILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chimica Acta*. v. 27, n. 1, p. 31-36, 1962.

MULAZZANI, R. P.; RHEINHEIMER, D. S.; SILVA, J. L. S. da.; et al. Interferência da atividade suinícola na composição química das águas superficiais da microbacia hidrográfica do Arroio Caldeirão, Palmitinho – RS. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*. 17., 2007, São Paulo, Anais... São Paulo, p. 506-520. 2007.

NUGENT, M.; KAMRIM, M.A; WOLFSON, L.; D'ITRI, F. M. Nitrate: a drinking water concern. Michigan State University Extension Service, Extension bulletin WQ-19. Disponível em:<<http://www.gem.msu.edu/pubs/msue>>. Acesso em: 22 de junho de 2011.

OMERNIK, J. M. Nonpoint source stream nutrient level relationships: a nationwide survey. *US Environmental Protection Agency*. Washington, v.3, p. 3-77, 1977.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. da; MATOS, A. T. de. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. *Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.423-429, 2003.

PELLEGRINI, J. B. R. *Fósforo na água e no sedimento na microbacia Hidrográfica do arroio Lino – Agudo – RS.* (Dissertação mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 98p.

PELLEGRINI, A. *Sistemas de cultivo da cultura do fumo com ênfase às práticas de manejo e conservação do solo.* Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006. 91p.

PELLEGRINI, J. B. R.; RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVES, C. S.; COPETTI, A. C. C.; BORTOLUZZI, E. C. Impacts of anthropic pressures on soil phosphorus availability, and concentration and phosphorus forms in sediments in a southern brazilian watershed. *Journal of Soil and Sediments. Engenharia Agrícola Jaboticabal*, v. 30, n. 5, p. 948-957, set./out. 2010.

PORTARIA N.º 518, DE 25 DE MARÇO DE 2004. Disponível em: <[http://www.agrolab.com.br/portaria%20518\\_04.pdf](http://www.agrolab.com.br/portaria%20518_04.pdf)> . Acesso em: 27 de julho de 2010.

RESENDE, A. V. Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato. Planaltina. DF. Documentos 57. *Empresa de pesquisa agropecuária, Embrapa Cerrados, Ministério da agricultura e do abastecimento.* ISSN 1517-5111, Dezembro, 2002.

RHEINHEIMER, D. S. *Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos.* Porto Alegre. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. 210p.

RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVEZ, C. S.; PELLEGRINI, J. B. R. Impacto das atividades agropecuárias na qualidade da água. *Ciência & Ambiente*, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 85-96, 2003.

RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVEZ, C. S.; BORTOLUZZI, E. C.; et al. Qualidade de águas subterrâneas captadas em fontes em função da presença de proteção física e de sua posição na

paisagem. *Engenharia Agrícola Jaboticabal*. v. 30, n. 5, p. 948-957, set./out. 2010.

SAWYER, C. N.; McCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. *Chemidtry for envitonmental engineering*. 4º ed. New York.McGraw-Hill Book Company. 1994. 658p.

SILVA, L.S. *Dinâmica da matéria orgânica e a interação com componentes inorgânicos na planta e no solo*. Tese (Doutorado Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. 167 p.

SILVA , G. S.; JARDIM , W. F. Aplicação do método da carga máxima total diária (CMTD) para amônia no rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia – SP. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 12, n. 2 - abr/jun, p. 160-168, 2007.

SEQUINATTO, L. et al.; Hidrossedimentologia em pequena bacia hidrográfica rural cultivada com fumo em Agudo – RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 7, 2006. *Anais...* Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2006.

SHARPLEY, A. N. Phosphorus cycling in unfertilized and fertilized agricultural soils. *Soil Science Society of American Journal*. Madison, v. 49, 1985. 905-911 p.

SHARPLEY, A. N.; SMITH, S. J.; JONES, O. R. et al. The transport of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v. 21, p. 30-35, 1992.

SPERLING, M. V. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2 ed., Belo Horizonte: DESA, 1996. 243p.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental e local. *Revista UNIARA*, n, 20, p 227-245, 2007.

TEDESCO, M. J. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais.

2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (Boletim Técnico, 5) 1995. 174p.

VARENNE, A. *Produtividade dos Solos e Ambiente*. Escolar Editora, Lisboa, Portugal. 2003. 250p.

VENTE, J.; POESEN, J.; VERSTRAETEN, G.; ROMPAEY, A. V.; GOVERS, G. Spatially distributed modelling of soil erosion and sediment yield at regional scales in Spain. *Global and Planetary Change*, v. 60, p. 393-415, 2008.

VEGA, M.; PARDO R.; BARRADO, E.; DEBÁN, L. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Research*. v. 32, n. 12, p. 3581-3592, 1998.

ZABALETA, A.; MARTÍNEZ, M.; URIARTE, J. A.; ANTIGÜEDAD, I. Factors controlling suspended sediment yield during runoff events in small headwater catchment of the Basque Country. *Catena*, v. 71, p. 179-190, 2007.

WILLIAMS, G. P. Sediment concentration versus water discharge during single hydrologic events in rivers. *Journal of Hydrology*, v.111, p. 89-106, 1989.

WALLING, D. E. The sediment delivery problem. In: RODRIGUEZ-ITURBE, I. e GUPTA, V. K. (Editores), Scale Problems in Hydrology. *Journal of Hydrology*, v. 65, p. 209-237, 1983.