

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção
Agrícola Familiar



Dissertação

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA
QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO SISTEMA
DE PRODUÇÃO DE MORANGO EM PROPRIEDADES
FAMILIARES NO MUNICÍPIO DE TURUÇU-RS**

Carina Costa Estrela

Pelotas, 2008

CARINA COSTA ESTRELA

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DE
IRRIGAÇÃO NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE MORANGO EM
PROPRIEDADES FAMILIARES NO MUNICÍPIO DE TURUÇU-RS**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Sistemas de Produção Agrícola
Familiar da Universidade Federal de
Pelotas, como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em
Ciências

Orientador:

Prof. Dr. Luís Carlos Timm - UFPel

Pelotas, 2008

Banca examinadora:

Dr. Luís Carlos Timm

Dr. Vitor Emanuel Quevedo Tavares

Dra. Maria Laura Turino Mattos

Dr. Jocelito Saccol de Sá

DEDICATÓRIA

À

Associação dos Produtores de Morangos do Município de Turuçu – RS

e a todos aqueles que acreditaram neste trabalho,

dedico esta árdua e almejada conquista.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Luís Carlos Timm pela orientação, dedicação, confiança e respeito que sempre me foram dispensados, além da oportunidade de realizar este trabalho;

À Universidade Federal de Pelotas, através do Programa de Pós-Graduação SPAF da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, pela qualificação profissional e crescimento pessoal que me foi proporcionado;

Ao CNPq, pelo suporte através da concessão de bolsa e de auxílio financeiro à execução deste projeto;

À Prefeitura Municipal de Turuçu, que através da Prefeita Municipal Selmira Milech Fehrenbach, do Secretário de Agricultura Eroni Emílio Konrad e da Secretária de Meio Ambiente Silvana Quevedo Ruch Eriksen apoiaram desde o início esta caminhada;

Ao Luís Carlos Philipsen, Dalgisa Philipsen e Lauro Schneid, da EMATER em Turuçu, pelo apoio, motivação e credibilidade incondicionais, dispensados ao projeto;

Ao Laboratório de Microbiologia Agrícola e Ambiental da Embrapa Clima Temperado, bem como ao Laboratório de Água Celulose e Efluentes do CEFET – RS, pela parceria fundamental na execução deste trabalho;

Ao Dr. Carlos Reisser Junior, à Dra. Maria Laura Turino Mattos, ao Prof. Dr. Vítor Emanuel Quevedo Tavares, ao Prof. Dr. Ledemar Carlos Vahl, ao Prof. Michel Gerber, ao Denílson Anthonyssen, à Prof. Dra. Marta Gonzalez Mendez, à Estela Silva Almeida pelas horas dedicadas;

À Gláucia Islabão, Viviane Santos Silva Terra e Adilson Luís Bamberg pela amizade e apoio;

À Carla Denize Venzke, Ane Gerber Crochemore, Eliane Freire Anthonyssen, Ieda Maria Baade dos Santos, Claudinei Bonemann Rosso, Patrícia Dutra Valente (in memoriun) e Manoela Terra Almeida, pelo comprometimento e apoio a este trabalho;

Aos amigos Leandro Sanzi Aquino, Leonardo Goetzke Furtado e em especial à Gabrieli da Cunha Pereira, pela amizade, companheirismo e pela dedicação, na busca dos resultados desta pesquisa;

À Luciana por toda ajuda, amizade e tranquilidade que me foram proporcionadas quando eu tanto precisei;

À vó Genny pelo amor, pela torcida, por todas as orações e pela estrutura oferecida a mim e ao Henry;

À Lígia e Pedro, meus pais, por me ajudarem a chegar até aqui, e ser hoje o que sou;

Ao Matheus, pelo amor, dedicação, paciência e por ter estado sempre tão presente;

Ao Henry, meu filho e minha razão para vencer o que ainda tiver que ser vencido, pelo amor, apoio e principalmente pela compreensão, que foram imprescindíveis neste período.

Muito Obrigada!!!

RESUMO

No município de Turuçu-RS as principais atividades econômicas desenvolvidas são a pecuária leiteira, a produção de frutíferas de clima temperado, de fumo e de pimenta vermelha. Dentre as frutíferas, destaca-se o morangueiro que tem propiciado aos produtores rurais, boa rentabilidade constituindo-se em instrumento de geração de renda e emprego, inclusão social e assim incrementando o padrão de qualidade de vida destes produtores. A irrigação localizada por gotejamento foi um dos incrementos tecnológicos adotados na produção do morangueiro. Neste sistema, a qualidade da água utilizada assume papel importante podendo afetar seu funcionamento causando obstrução de emissores diminuindo sua vida útil e comprometendo a uniformidade da irrigação. Baseado nisto, este trabalho teve como objetivo caracterizar as fontes de captação de água usada para irrigação quanto a sua origem e avaliar a variabilidade espacial e temporal da qualidade da água usada na produção de morangos em 15 propriedades, pertencentes à Associação dos Produtores de Morango do Município de Turuçu-RS. Para tal, foram coletadas, mensalmente, amostras de água das fontes de captação em cada uma das propriedades, durante um período de 10 meses, determinando suas características físicas (sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e turbidez), químicas (pH, ferro total, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e dureza), e microbiológicas (coliformes totais e fecais). Estas características foram avaliadas quanto ao potencial de causar danos ao sistema de irrigação por gotejamento e quanto a sua distribuição espacial e temporal ao longo do período utilizando gráficos em caixa. Na caracterização das fontes de captação de água foram usadas as definições da Resolução CONAMA 303/2002 para identificar características semelhantes quanto a origem das fontes de captação resultando em seis fontes caracterizadas como Tipo 1, cinco como Tipo 2, três como Tipo 3 e uma como Tipo 4. A variabilidade espacial e temporal da qualidade da água apresentou magnitudes diferentes quanto aos parâmetros,

sendo a concentração de sólidos dissolvidos a maior dentre os físicos e o oxigênio dissolvido, seguido pela condutividade elétrica dentre os químicos. Quanto ao potencial de risco a causar entupimento dos gotejadores, a concentração de sólidos em suspensão apresentou o maior percentual das amostras classificadas como moderado e severo, dentre os parâmetros físicos, sendo a turbidez da água classificada como adequada em onze fontes de captação. Dentre os parâmetros químicos, a concentração de ferro apresentou o maior percentual de amostras com potencial de risco moderado e severo, o oxigênio dissolvido apresentou seis propriedades com mais de 50% das amostras de água classificadas inadequadas e em outras seis mais de 50% das amostras classificadas adequadas. O pH da água de irrigação apresentou baixo potencial de risco, em dez fontes de captação, enquanto que, a condutividade elétrica e a dureza total apresentaram potencial de risco baixo em todas as amostras. Não foi detectada a presença de coliformes totais em quatro amostras de água analisadas e de coliformes fecais em cinco, ao longo do período estudado.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, qualidade da água de irrigação, variabilidade espacial e temporal da água, sistema familiar de produção, irrigação localizada.

SPATIAL AND TEMPORAL VARIABILITY OF THE IRRIGATION WATER QUALITY IN THE STRAWBERRY CROP PRODUCTION SYSTEM IN THE FAMILY FARMERS IN THE TURUÇU-RS COUNTY, BRAZIL

ABSTRACT

The main economic activities developed at Turuçu-RS (Brazil) are the dairy cattle breeding, cultivation of temperate climate fruit, tobacco and red-hot chili pepper. Among the fruits, strawberry is a relevant crop which is providing worthy investment return for the farmers, generating income, employment, social inclusion and therefore rising quality of life of the farmers. Drip irrigation is one of the adopted technologies by the rural producers in the strawberry crop system. The irrigation water quality has an important role in this system due the potential to cause emitters clogging, reducing the equipment life time and irrigation uniformity. The effect of the water quality may very depending on factors as the kind of water source, local climate and the irrigation management employed by the farmer. This work intended to characterize the irrigation water sources in relation to their origin and to assess the spatial and temporal variability of the water quality utilized in the strawberry crop in 15 rural properties affiliated to the Association of Strawberry Producers of Turuçu-RS. Water samples were collected monthly at water supply for ten months. The water quality was evaluated in terms of its physical (suspended solids, dissolved solids and turbidity), chemical (pH, total iron, dissolved oxygen, electrical conductivity and hardness) and microbiological parameters (total and fecal coliform bacteria). These parameters were evaluated in relation to the hazard to cause damages to the drip irrigation systems and to their spatial and temporal distribution by means of box plot graphs. To characterize the irrigation water sources relating to their origin was employed a typology for grouping the sources based on the CONAMA (National Council for the Environment) Resolution 303/2002. In this manner, six sources were classified as Group 1, five as Group 2, three as Group 3 and one as Group 4. It was verified that the rural producers had no technical advice about reservoir construction or water withdrawal location. The spatial and temporal variability of the water quality

analyzed presented different magnitude for the parameters. The dissolved solid concentration presented the greatest among physical parameters, and dissolved oxygen, followed by electrical conductivity among the chemical. In relation to the clogging hazard, the suspended solid concentration was the physical parameter that presented the greatest percentage of samples classified as of moderate and severe risk, while turbidity was classified as adequate for most samples. For the chemical parameters, total iron levels presented the greatest percentage of samples classified as of moderate and severe risk. For dissolved oxygen, the percentage of samples classified as inadequate was over 50% in six properties, and it was classified as adequate over 50% in six properties. For the pH parameter the clogging hazard was found low in ten water sources while electrical conductivity and hardness presented low risk for all samples. It was not detected the presence of total and fecal coliform bacteria in four and five water samples, respectively, along the studied period.

Keywords: *Fragaria x ananassa*, irrigation water quality, water spatial and temporal variability, family production system, drip irrigation system.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. RECURSOS HÍDRICOS	14
2.2. QUALIDADE DA ÁGUA	15
2.3. USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA.....	17
2.4. QUALIDADE DA ÁGUA USADA NA IRRIGAÇÃO	18
2.4.1. O USO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO MORANGUEIRO	21
2.5. MÉTODO DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA.....	22
2.5.1. <i>Parâmetros de qualidade da água em sistemas de irrigação por gotejamento.....</i>	<i>24</i>
2.5.1.1. <i>Parâmetros físicos.....</i>	<i>24</i>
2.5.1.1.1. <i>Sólidos.....</i>	<i>24</i>
2.5.1.1.1.1. <i>Sólidos Suspensos.....</i>	<i>25</i>
2.5.1.1.1.2. <i>Sólidos Dissolvidos.....</i>	<i>25</i>
2.5.1.1.2. <i>Turbidez</i>	<i>26</i>
2.5.1.2. <i>Parâmetros Químicos.....</i>	<i>26</i>
2.5.1.2.1. <i>Potencial Hidrogeniônico (pH).....</i>	<i>26</i>
2.5.1.2.2. <i>Condutividade Elétrica.....</i>	<i>28</i>
2.5.1.2.3. <i>Ferro Total.....</i>	<i>29</i>
2.5.1.2.4. <i>Oxigênio Dissolvido.....</i>	<i>30</i>
2.5.1.2.5. <i>Dureza.....</i>	<i>31</i>
2.5.1.3. <i>Parâmetros Biológicos.....</i>	<i>31</i>
2.5.1.3.1. <i>Coliformes</i>	<i>31</i>
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
3.1.1. <i>Localização</i>	<i>33</i>
3.1.2. <i>Recursos Hídricos</i>	<i>34</i>
3.1.3. <i>Clima</i>	<i>35</i>
3.1.4. <i>Geologia e Geomorfologia.....</i>	<i>36</i>
3.1.5. <i>Solos</i>	<i>37</i>
3.1.6. <i>Características Sócio-Econômicas.....</i>	<i>38</i>
3.2. SISTEMA DE PRODUÇÃO DA CULTURA DO MORANGUEIRO.....	39
3.3. CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DAS PROPRIEDADES ENVOLVIDAS NESTE ESTUDO.....	39
3.3.1. <i>Caracterização das fontes de captação de água nas propriedades.....</i>	<i>40</i>
3.3.2. <i>Estudo da distribuição espaço-temporal da precipitação nas propriedades</i>	<i>41</i>
3.3.3. <i>Estudo da distribuição espacial e temporal da qualidade da água de irrigação nas propriedades.....</i>	<i>42</i>

3.4. COLETA E ANÁLISE DA ÁGUA.....	43
3.4.1. <i>Período de Coleta e Pontos de Coleta</i>	43
3.4.2. <i>Procedimentos de Coleta</i>	43
3.5. PARÂMETROS DETERMINADOS PARA AVALIAR A VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NAS PROPRIEDADES.....	46
3.6. ANÁLISE E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	47
3.7. VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS PROPRIEDADES ENVOLVIDAS NO ESTUDO	50
4.2. CARACTERIZAÇÃO E ORIGEM DAS FONTES DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO	51
4.3. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NAS PROPRIEDADES.	55
4.4. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	57
<i>Variabilidade espacial e temporal das características da água usada na irrigação</i>	57
4.4.1. <i>Parâmetros Físicos</i>	57
4.4.1.1. <i>Sólidos</i>	57
4.4.1.1.1. <i>Sólidos suspensos</i>	57
4.4.1.1.2. <i>Sólidos dissolvidos</i>	64
4.4.1.2. <i>Turbidez</i>	68
4.4.2. <i>Parâmetros Químicos</i>	71
4.4.2.1. <i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	71
4.4.2.2. <i>Condutividade Elétrica</i>	74
4.4.2.3. <i>Ferro Total</i>	77
4.4.2.4. <i>Oxigênio Dissolvido</i>	81
4.4.2.5. <i>Dureza Total</i>	83
4.4.3. <i>Parâmetros Microbiológicos</i>	86
5. CONCLUSÕES	89
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS	91
7. REFERÊNCIAS.....	92

1. INTRODUÇÃO

O município de Turuçu, localizado na região sul do estado do Rio Grande do Sul, tem aproximadamente 3.710 habitantes (IBGE, 2006). A maior parte desta população reside no meio rural, onde a maioria das propriedades tem até 50,0ha e nestas predomina o sistema de produção agrícola familiar (ASCAR-EMATER, 2001).

As principais atividades econômicas desenvolvidas no município são a pecuária leiteira, a produção de frutíferas de clima temperado, de fumo e de pimenta vermelha, cultura que deu à Turuçu o título de Capital Nacional da Pimenta Vermelha, por ser o município com maior área plantada desta cultura em todo o Brasil.

Dentre as fruteiras de clima temperado, destaca-se a produção e a comercialização de morango “in natura” que têm propiciado aos produtores de Turuçu uma boa rentabilidade constituindo-se, portanto, em instrumento de geração de renda e emprego, de inclusão social e conseqüentemente de incremento no padrão de qualidade de vida dentro destas propriedades rurais.

O sistema de produção de morango em Turuçu é caracterizado pelo plantio de mudas, oriundas de regiões de clima temperado do Chile e da Argentina, em pequenas extensões de terra (menos de 1,0ha) empregando mão-de-obra familiar. As mudas são transplantadas para canteiros de 0,8m a 1,0 m de largura, sendo dispostas em 2 a 3 fileiras espaçadas de 0,3m. O solo é previamente revolvido com enxada rotativa e após coberto com lona plástica preta. O sistema conta ainda com a irrigação por gotejamento e, na maioria das vezes, é realizada a aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação) durante o ciclo da cultura.

Apesar da importância e dos benefícios do uso da irrigação localizada, como um dos incrementos tecnológicos na cultura do morangueiro, serem constatados pelos agricultores (Associação dos Produtores de Morango do

município de Turuçu, informação verbal)¹, existe carência de informações relacionadas à qualidade da água que vem sendo utilizada para este fim.

A característica da água usada na produção de morangos interfere diretamente e indiretamente na qualidade do produto “in natura”, já que pode afetar alguns atributos do solo bem como o funcionamento adequado do sistema de irrigação por gotejamento. Além disto, tem havido pressão por parte das autoridades competentes e, principalmente, por parte dos consumidores “in natura” a toda a cadeia produtiva do morango, com relação ao aspecto de segurança alimentar e rastreabilidade do produto já que este é comercializado não só em Turuçu, mas em vários municípios da região.

O principal problema operacional relacionado ao sistema de irrigação por gotejamento é a obstrução de emissores que provoca a diminuição da vida útil dos componentes do sistema e compromete a uniformidade da irrigação. A intensidade e o efeito da qualidade da água utilizada podem variar em função do tipo de fonte de captação desta água, do clima da região, do manejo de irrigação adotado pelo agricultor, dentre outros aspectos.

Devido à importância da irrigação por gotejamento dentro do sistema de produção de morangos nas propriedades agrícolas familiares de Turuçu, é de fundamental importância estudar a qualidade da água que vem sendo utilizada para irrigação bem como sua distribuição espacial e temporal no intuito de avaliar os seus possíveis impactos dentro do sistema de produção. Baseado nisto, este trabalho teve como objetivo caracterizar as fontes de captação de água usada para irrigação quanto a sua origem e avaliar a variabilidade espacial e temporal da qualidade da água usada na produção de morangos em 15 propriedades, que pertencem a Associação dos Produtores de Morango do Município de Turuçu-RS, durante um período de 10 meses, determinando as suas características químicas (pH, ferro total, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e dureza), físicas (sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e turbidez) e microbiológicas (coliformes totais e coliformes fecais) nas fontes de captação de água em cada uma destas propriedades.

¹ Informação fornecida por L. C. PHILIPSEN Ascar-Emater - Associação dos Produtores de Morango de Turuçu, em reunião realizada em Turuçu, em abril de 2006.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Recursos hídricos

A gestão dos recursos naturais está em constante discussão pela forte pressão exercida na busca de atender as necessidades da sociedade em nível global. O aumento da população e o conseqüente crescimento da demanda por água para abastecimento doméstico e para a produção de alimentos colocam em foco a gestão dos mananciais hídricos.

A água fornece insumo ao sistema produtivo, assimila resíduos gerados por diferentes atividades de origem antrópica e provê utilidades estéticas e de lazer. É recurso essencial à vida humana, desempenha um papel fundamental de substrato à vida em diferentes ecossistemas, e através do ciclo hidrológico e da circulação atmosférica global é elemento regulador do clima no planeta (NASCIMENTO & HELLER, 2005).

Para Silveira & Cruz (2005), a escassez da água em quantidade e qualidade se apresenta como um dos maiores problemas deste século, sendo a gestão dos recursos hídricos, segundo Rodrigues et al. (2004), uma necessidade premente, tornando urgentes medidas que transformem as demandas econômicas, sociais e ambientais por água, em medidas sustentáveis.

Em nível mundial, dentre todos os diferentes usos, a agricultura é a maior consumidora de água, utilizando na irrigação de cultivos, uma média de 70% da totalidade de aplicações dadas aos recursos hídricos (MAÑAS; FUSTER; BELMONTE, 2005). Segundo Philip Junior; Romero; Bruna (2004), 69% da água captada é utilizada na agricultura, 23% na indústria e os 8% restantes destinada ao consumo doméstico. Os mesmos autores ainda destacam que a irrigação é uma forma de uso consuntivo onde parte da água utilizada para este fim não retorna ao corpo hídrico original causando a redução da disponibilidade no manancial enquanto a parcela de água que retorna da

irrigação apresenta qualidade inferior àquela captada devido ao carreamento de partículas de solo, fertilizantes e agrotóxicos usados no processo.

2.2. Qualidade da água

A qualidade dos recursos hídricos é determinada por fenômenos naturais e pela ação do homem, devido à propriedade solvente da água e à sua capacidade de transportar partículas, incorporando a si diversas impurezas (VON SPERLING, 1996).

Um ambiente aquático deve apresentar certas características físicas, químicas e biológicas, que determinam a qualidade das águas de um manancial, não só para o consumo humano, como também para o desenvolvimento da biota aquática (FRANCO; HERNANDEZ; VANZELA, 2007). Estas características nos corpos d'água determinam a deterioração da qualidade das águas destinadas aos mais diferentes usos (RODRIGUES et al., 2004).

A poluição da água pode ser classificada de acordo com o agente poluidor, ou seja, sedimentos, esgotos, agentes causadores de doenças, nutrientes inorgânicos, compostos orgânicos, processos químicos inorgânicos, substâncias radioativas ou poluição térmica (COSTA & COSTA, 2004), que se dividem em fontes pontuais de poluição (efluentes gerados em estabelecimentos industriais, agroindustriais, comerciais e de serviços urbanos) e fontes difusas de poluição (atividades agrícolas e pecuárias, com especial referência aos perímetros irrigados e aos confinamentos animais de grande porte), contaminando as águas e manifestando-se através da alteração das características do manancial (RODRIGUES et al., 2004).

Sendo assim, Philip Junior; Romero; Bruna (2004) definiram poluição como a alteração das características físicas, químicas ou biológicas que prejudiquem um ou mais dos seus múltiplos usos.

O comprometimento da qualidade da água dá-se por uma série de fatores que põe em risco a saúde das populações humana e animal e empobrecem o solo, afetando a economia das regiões. Dentre estes efeitos estão a alteração da qualidade das águas superficiais, a elevação dos custos

no tratamento de águas para o consumo humano, o empobrecimento dos solos e o aumento na frequência e magnitude das enchentes (BERTOL, 2005).

Segundo Costa et al. (2005) para evitar danos à qualidade da água, diversas medidas devem ser adotadas não só no manejo das lavouras, mas também no manejo das áreas que mais influenciam as fontes de captação de água. A manutenção da vegetação na zona ripária é um exemplo, pois atua como uma barreira física entre os sistemas terrestre e aquático, promovendo a estabilização das margens, reduzindo as perdas de solo pela erosão e o assoreamento nos mananciais. A presença de vegetação na zona ripária, segundo estes autores, reduz também a possibilidade de contaminação dos cursos d'água por sedimentos, resíduos de adubos e defensivos agrícolas, por ser um excelente consumidor de nutrientes provenientes de agroecossistemas vizinhos. A falta da vegetação ripária pode levar à redução não só da quantidade e disponibilidade dos recursos hídricos nos sistemas, mas também da qualidade da água.

Mota (1995) descreve que para cada uso que se pretende fazer de uma determinada água, existem limites máximos de impurezas que a mesma pode conter. Estes limites são chamados de padrões de qualidade que definem a viabilidade de determinada utilização para um dado recurso hídrico. Os parâmetros de qualidade da água, segundo Von Sperling (1996) traduzem as características químicas, físicas e biológicas de um recurso hídrico, retratando os diversos componentes que podem alterar o grau de pureza da água. Para classificar os corpos d'água visando assegurar seus níveis de qualidade e conseqüentemente seus usos preponderantes, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), estabeleceu por meio da Resolução nº 357 de 2005 as análises de condições e de padrões específicos.

De acordo com essa Resolução, a classificação das águas doces e seus respectivos padrões de qualidade dividem-se em:

I - classe especial: águas destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que possam ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das

comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que possam ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) à aqüicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que possam ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que possam ser destinadas: a) à navegação; b) à harmonia paisagística.

2.3. Uso da água na agricultura

Desde a antiguidade as principais civilizações originaram-se em regiões áridas e fixaram-se à margem de rios como o Nilo no Egito, Tigre e Eufrates na Mesopotâmia, Ganges na Índia e Huang Ho e lang-tse-Kiang na China. O uso dos recursos hidráulicos possibilitou o surgimento e a conservação destes povos demonstrando que a irrigação sempre foi um fator de riqueza, prosperidade e segurança (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2006).

Considerada no passado como uma opção técnica para a garantia de produção em locais ou períodos onde predomina a seca, a irrigação passou a ser utilizada na atualidade, como estratégia para o aumento da produção e rentabilidade da propriedade agrícola (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2006). A irrigação proporciona ainda uma produtividade considerada segura, pois, independentemente da ocorrência de precipitações,

possibilita que normalmente a produção próxima à máxima esperada, seja alcançada, viabilizando os investimentos de capital necessários à exploração agrícola (OLITTA, 1984).

O uso da irrigação na produção de alimentos é a atividade que mais utiliza água no mundo (MAÑAS; FUSTER; BELMONTE, 2005; TUNDISI, 2003). A irrigação é a técnica que complementa a necessidade de água, naturalmente fornecida pela precipitação, promovendo teor de umidade adequado ao solo que permite o crescimento normal das plantas, garantindo a produção agrícola (SETTI et al., 2001). Portanto, sendo considerada como elemento fomentador do desenvolvimento socioeconômico (TESTEZLAF; MATSURA; CARDOSO, 2002).

A alta demanda hídrica pela irrigação, embora esteja relacionada ao alto consumo das plantas, muitas vezes, também se deve a baixa eficiência no uso da água. Devido ao emprego incorreto dos métodos e/ou das técnicas de manejo da irrigação no Brasil, as perdas de água chegam ao valor estimado de 37,7% (CHRISTOFIDIS, 1999 apud VANZELA, 2004).

Quirino et al. (1999) descrevem que não só as águas superficiais, como também os mananciais subterrâneos tem sido prejudicados pelo desenvolvimento agropecuário devido às condições climáticas e ao despreparo dos agricultores quanto à utilização de manejo adequado.

A agricultura brasileira, conforme descrevem Rodrigues et al. (2004), gera problemas ambientais tais como: destruição da cobertura vegetal e a conseqüente destruição dos solos; utilização de insumos e máquinas em excesso na tentativa de dirimir os problemas de fertilidade, associados a problemas de qualidade da produção e comprometimento da saúde dos trabalhadores e consumidores; e o avanço das áreas agrícolas sobre as reservas naturais como forma de reposição dos solos tornados inadequados à agricultura.

2.4. Qualidade da água usada na irrigação

A irrigação é definida por Lima et al. (2004), como o conjunto de técnicas destinadas a deslocar a água no intuito de modificar as possibilidades agrícolas de cada região, visando corrigir a distribuição natural das chuvas. Os

mesmos autores ainda comentam que enquanto complementação às demais técnicas agrícolas, a irrigação proporciona ao produtor alcançar a máxima produção, com o mínimo desperdício de água e energia quando desenvolvida através de manejo racional, fornecendo a cultura a quantidade de água necessária e a aplicação no momento correto.

Qualquer atividade humana que altere o regime das águas influencia a qualidade e a disponibilidade da água em uma bacia hidrográfica, afetando drasticamente a qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (SETTI et al., 2001; COSTA et al., 2005). A irrigação, quando utilizada de forma incorreta sem a adoção de técnicas especiais para o aproveitamento racional com o mínimo desperdício de água, além de afetar a qualidade do solo pode causar problemas quantitativos nos corpos hídricos.

Como forma consuntiva de água, onde parte da água utilizada não retorna ao seu curso original, a irrigação pode causar a redução efetiva da disponibilidade do manancial e a contaminação através da água que retorna, além de modificações no meio ambiente, salinização do solo nas regiões áridas e semi-áridas e problemas de saúde pública (LIMA et al., 2004).

Os impactos negativos, gerados por sistemas de irrigação inadequadamente projetados e manejados de forma não apropriada, podem comprometer o seu desenvolvimento, pois esses impactos afetam geralmente os recursos naturais (água, solo, flora e fauna) tendo como efeitos conseqüências sociais (qualidade de vida) e econômicas (TESTEZLAF; MATSURA; CARDOSO, 2002). Ainda segundo os autores, o primeiro recurso natural que irá sofrer os efeitos do uso da irrigação é o recurso hídrico, pois a aplicação desuniforme e incorreta proporciona desperdício de água e de insumos químicos que venham a ser aplicados via irrigação e, além disto, as aplicações excessivas de água podem contaminar, através da lixiviação, águas superficiais e subterrâneas, prejudicando e comprometendo a fauna e a flora da região. O solo é outro recurso natural que pode sofrer o impacto destas aplicações excessivas que podem vir a causar tanto a compactação quanto a desagregação de partículas. O escoamento superficial pode causar erosão, transportando sedimentos e nutrientes, retirando a camada superficial e expondo horizontes mais profundos inférteis.

Entretanto, os efeitos adversos acima citados, podem ser solucionados e algumas ações são recomendadas para otimizar o uso e minimizar os impactos, tais como: i) os dimensionamentos dos sistemas de irrigação devem estar adequados às necessidades da cultura e às condições da propriedade; ii) o manejo de água deve ser realizado racionalmente, atendendo as necessidades da cultura e as limitações do solo da propriedade; e iii) a operação dos equipamentos deve atender as especificações de projeto e as técnicas de cultivo devem ser apropriadas à lavoura irrigada (TESTEZLAF; MATSURA; CARDOSO, 2002).

Segundo Ayers & Westcot (1999), a irrigação depende tanto da quantidade como da qualidade da água, tendo sido o aspecto qualidade da água desprezado por muitos anos, pela abundância, boa qualidade e fácil utilização que as fontes de água apresentavam. Porém, atualmente, o uso intensivo dos recursos hídricos vem alterando esta realidade e neste sentido, portanto, Rodrigues et al. (2004) descrevem a demanda da água para irrigação, como assunto a ser tratado com mais atenção, devido à qualidade da água exigida a fim de garantir uma produção que atenda as demandas, impostas pelos exigentes mercados compradores de frutas e produtos agrícolas “in natura”.

Os problemas relativos à qualidade da água de irrigação variam em intensidade e tipo e dependem do solo e do clima assim como da habilidade e conhecimento do manejo da água no sistema solo-planta-atmosfera por parte do usuário (AYERS & WESTCOT, 1999). Estes autores comentam que os problemas mais comuns estão relacionados com a salinidade do solo, infiltração de água, toxicidade de íons específicos e outros problemas tais como excesso de nutrientes, oligoelementos ou corrosão de equipamentos.

Em relação à contaminação dos produtos agrícolas, os diferentes métodos de irrigação, devido a características que cada um apresenta, podem levar à contaminação de toda a planta, da parte aérea ou apenas do sistema radicular (MATTOS, 2003).

2.4.1. O uso da irrigação na cultura do morangueiro

O morangueiro é uma planta herbácea, rasteira, com sistema radicular fasciculado superficial, concentrando 95% de suas raízes na camada entre 0 – 25cm. A lâmina de água a ser aplicada para satisfazer as necessidades hídricas do morangueiro está relacionada ao clima, ao tipo de solo, à umidade do solo antes do momento da irrigação e à fase de desenvolvimento da planta. Pelo fato de apresentar um ciclo relativamente curto, a falta de umidade retarda o crescimento da planta e o desenvolvimento do fruto comprometendo o rendimento e a qualidade deste, o que torna a irrigação tecnologia indispensável para o aumento da produção, com frutos mais padronizados, de melhor qualidade, proporcionando maior retorno econômico (CARVALHO et al., 2006).

O nível tecnológico da irrigação empregado nos diferentes Estados é bastante variado, adaptando-se às condições de clima e à capacidade de investimento do produtor. Nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, em virtude da ocorrência de registros pluviométricos elevados durante o ciclo da cultura, mais de 50% dos cultivos ocorrem sob plástico (túneis baixos, túneis altos e casas de vegetação).

No Brasil, até a década de 80, a maior parte das lavouras de morangueiro era irrigada por aspersão. Esse sistema propiciava condições favoráveis ao desenvolvimento de fungos e bactérias, dentre elas, a antracnose no pedúnculo, flores e frutos jovens (flor preta). Os tratamentos fitossanitários tornaram-se ineficientes, caros e com alto risco à saúde do produtor e do consumidor. Santos; Medeiros; Wrege (2003) destacaram que a disseminação de patógenos, que ocorre através dos respingos causados pelo impacto das gotas d'água, também foi um dos fatores que favoreceu a adoção da irrigação por gotejamento.

De acordo com Pires et al. (2006), a irrigação é uma técnica essencial para o cultivo do morango devido à sensibilidade da cultura aos déficits hídricos que nos seus diferentes estádios de desenvolvimento tem forte interferência no seu crescimento e na sua produtividade. Entretanto, os mesmos autores destacaram que o excesso de água também é prejudicial ao crescimento, à saúde e a produtividade do morangueiro. A irrigação por gotejamento permite

que se mantenha o solo úmido e com boa aeração devido ao fato de que este sistema permite aplicar pequenas lâminas de água com alta frequência de irrigação, mantendo-o sempre próximo à capacidade de campo na zona radicular. Bernardo; Soares; Mantovani (2006) destacam que o sistema de irrigação localizada permite uma maior eficiência no controle fitossanitário, não interfere nas práticas culturais e se adapta a diferentes tipos de solos e topografia.

2.5. Método de Irrigação localizada

A irrigação localizada consiste na distribuição de água por uma rede de tubos que apresentam emissores afixados, responsáveis por aplicar a água diretamente na zona radicular, em pequenas intensidades e alta frequência, apresentando um elevado potencial de produtividade e uso eficiente da água na irrigação (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2006).

A aplicação da água diretamente sobre o sistema radicular diminui a contaminação de folhas e frutos. Assim o sistema de cultivo e o sistema de irrigação adotados são determinantes quanto à caracterização da qualidade da água, especialmente na produção de vegetais consumidos crus, sem remoção de película, para os quais uma melhor qualidade de água é exigida a fim de evitar a contaminação dos produtos agrícolas (MATTOS, 2003).

Vieira et al. (2004) descrevem a uniformidade na distribuição de água como um dos aspectos mais importantes no método de irrigação localizada utilizando o sistema de gotejamento, porém, a desuniformidade dos gotejadores, devido a processos de fabricação, o dimensionamento inadequado do sistema além do entupimento dos emissores são fatores que podem comprometer esta uniformidade, causando danos às culturas, segundo Mantovani; Bernardo; Palaretti (2006), em decorrência de um déficit de água no solo em alguns pontos e excesso em outros pontos.

De acordo com diversos autores, a obstrução física de tubulações e emissores é um dos principais problemas relacionados à qualidade da água usada no método de irrigação localizada por gotejamento (OLITTA, 1984; NAKAYAMA & BUCKS, 1986 apud VANZELA, 2004; VIEIRA et al., 2004; ZAMBERLAN, 2007).

As origens do entupimento de emissores foram classificadas quanto à causa como: físicas - entupimento por partículas minerais e orgânicas; químicas - precipitação de sais; e biológicas - desenvolvimento de microrganismos (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2006).

As partículas minerais e orgânicas podem e devem ser evitadas através do uso de filtros de areia, tela, discos e ação centrífuga, comumente usados na irrigação localizada. Os filtros de discos, que são os mais utilizados pelos produtores de morango do município de Turuçu-RS, são compostos por um conjunto de pequenos anéis, com ranhuras, presos sobre um suporte central cilíndrico e perfurado, filtrando a água ao passar pelos pequenos condutos formados entre anéis consecutivos. São mais eficientes que os filtros de tela e mais fáceis de limpar quando comparados aos demais (BERNARDO; SOARES; MONTAVANI, 2006).

Hernandez et al. (2001) destacaram a carência de trabalhos relacionados à qualidade da água na literatura brasileira. Porém, com o avanço da utilização da irrigação localizada, começam a vir a público problemas de perda de desempenho de equipamentos devido a parâmetros característicos da qualidade da água. Sendo imprescindível que se conheça não só a sensibilidade ao entupimento dos diferentes tipos de gotejadores (AIROLDI, 2007), como a qualidade da água a ser usada, no intuito de dimensionar de maneira adequada o sistema a ser utilizado bem como a viabilidade do uso deste método de irrigação. Diversos trabalhos na literatura têm destacado a importância de avaliar a qualidade da água principalmente em sistemas de irrigação por gotejamento: Hernandez et al. (2001), Resende et al. (2001), Ribeiro et al. (2005), Scatolini & Paterniani (2001) e Testezlaf et al. (2001), dentre outros.

2.5.1. Parâmetros de qualidade da água em sistemas de irrigação por gotejamento

2.5.1.1. Parâmetros físicos

2.5.1.1.1. Sólidos

Segundo Von Sperling (1996), os parâmetros físicos estão associados aos sólidos presentes na água sendo que, com exceção dos gases dissolvidos, todas as impurezas encontradas no corpo hídrico contribuem para a carga de sólidos.

Em águas naturais, a concentração de sólidos tem origem no processo de erosão natural dos solos e no intemperismo das rochas (CARVALHO, 1994), impactando sensivelmente os mananciais hídricos que, conforme Silva; Schulz; Camargo (2003) constituem o local de destino das partículas de solo removidas que acabam por alterar as características físicas e químicas da água.

Neste contexto as práticas agrícolas exercem influência direta na concentração de sólidos de um manancial, sendo que as perdas de solos por erosão, em plantios de grãos como feijão, arroz, soja e milho, como exemplifica Braga; Hespanhol; Conejo (2005) chegam a 23,8 t/ha.ano, em média, constituindo uma das principais contribuições de sólidos do meio rural no Brasil.

O carreamento de grandes quantidades de sedimentos pela erosão para os cursos d'água ocorre em maior ou menor intensidade de acordo com as características do solo, topografia, chuva, dentre outros fatores (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990 apud SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2003). O sedimento para Elliot (1995 apud SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2003), é o mais significativo de todos os poluentes devido a sua concentração nos mananciais, aos seus impactos no uso da água e pelos seus efeitos no transporte de outros poluentes.

Von Sperling (1996) menciona que a classificação dos sólidos totais presentes na água pode ser determinada por suas características físicas e

químicas. A determinação dos sólidos quanto ao tamanho das partículas é considerada pelo autor como o método de classificação mais prático, consistindo na separação, através de um processo de filtragem, dos sólidos dissolvidos que se apresentam em dimensões menores que os sólidos em suspensão que apresentam dimensões maiores, ficando retidos em filtros no processo de análise.

2.5.1.1.1.1. Sólidos Suspensos

O parâmetro físico denominado como sólidos em suspensão é constituído por partículas que apresentem diâmetros superiores a $10^0\mu\text{m}$. Definido como um poluente em recursos hídricos tem como principais fontes o esgoto doméstico e a drenagem superficial urbana e rural. Seus possíveis efeitos poluidores são caracterizados por problemas estéticos, formação de depósitos de lodos, adsorção de poluentes e a proteção que oferece a organismos patogênicos (VON SPERLING, 1996).

Nos sistemas de irrigação localizada os sólidos suspensos, em altas concentrações, são considerados um dos principais problemas de qualidade de água ocasionando a obstrução física dos emissores (OLITTA, 1984; NAKAYAMA & BUCKS, 1986 apud VANZELA, 2004). Apesar de ser um dos problemas mais comuns e de ocorrer com maior frequência em sistemas de irrigação abastecidos por águas superficiais, Ayers & Westcot (1999) descrevem como o problema mais fácil de solucionar. Os sólidos em suspensão consistem em partículas de solo com vários tamanhos como calcário e material sólido lavado dos canais e erodido dos reservatórios, algas e microrganismos, portanto, podem ser removidos através da sedimentação ou filtragem onde as partículas mais pesadas do que a água são removidas.

2.5.1.1.1.2. Sólidos Dissolvidos

Os sólidos dissolvidos são constituídos de sais e matéria orgânica e apresentam diâmetros inferiores a $10^{-3}\mu\text{m}$. São provenientes da drenagem superficial de áreas rurais e apresentam como possível efeito poluidor a salinidade excessiva causando prejuízos às culturas irrigadas, tais como

toxicidade nas plantas e problemas de permeabilidade no solo (VON SPERLING, 1996). Nas águas naturais, os sólidos dissolvidos estão constituídos por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos e, principalmente, nitratos de cálcio, magnésio, potássio, pequenas quantidades de ferro e outras substâncias (MAURO, 2003).

Nos sistemas de irrigação localizada, dificilmente ocasionam obstrução física nos equipamentos, no entanto, quando há interação com outros sais formam precipitados ou favorecem o crescimento de lodo, podendo ocasionar a obstrução nos emissores (NAKAYAMA & BUCKS, 1986 apud VANZELA, 2004).

2.5.1.1.2. Turbidez

O parâmetro físico turbidez pode ser usado no intuito de medir a concentração de sedimentos em suspensão, sendo, portanto, um parâmetro de relevante importância para a qualidade da água de irrigação (CARVALHO, 1994).

A turbidez é definida como o grau de diminuição da intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água, pela presença de sólidos em suspensão (CETESB, 2003), sendo que além da concentração dos sólidos, características como tamanho, composição mineral, cor e quantidade de matéria orgânica no sedimento, são determinantes para a turbidez (SANTOS et al., 2001 apud VANZELA, 2004).

Sua origem pode ser natural, como partículas de rocha, argila e silte, algas e outros microrganismos, e/ou antropogênica como despejos domésticos, industriais, microrganismos e erosão (VON SPERLING, 1996).

2.5.1.2. Parâmetros Químicos

2.5.1.2.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O valor do potencial hidrogeniônico (pH) não indica a quantidade de ácidos das amostras de água ou efluentes, mas sim a intensidade de acidez ou de alcalinidade da amostra (FRAVET & CRUZ, 2007). Segundo Von Sperling

(1996), o pH representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, sendo que sua faixa de variação é de 0 a 14.

Os constituintes responsáveis pelo pH na água são os sólidos dissolvidos e os gases dissolvidos. Sua origem natural dá-se pela dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e pelo processo de fotossíntese, tendo como origem antropogênica os despejos domésticos e industriais (VON SPERLING, 1996).

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies e apresentando também, efeitos indiretos considerados muito importantes, pois, em determinadas condições, contribuem para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados que exercem efeitos sobre a solubilidade de nutrientes (CETESB, 2003)

De acordo com Nakayama & Bucks (1986 apud VANZELA, 2004; ZAMBERLAN, 2007), o pH é um parâmetro químico que pode contribuir para a obstrução de tubulações e emissores em sistemas localizados. Águas com valores de pH acima de 7 podem favorecer a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio em águas com alta dureza e a precipitação de alguns fertilizantes fosfatados de baixa solubilidade, quando utilizados para a fertirrigação, sendo que o potencial de risco à causar danos no sistema é considerado baixo até 7,0, moderado entre 7,0 e 8,0 e severo quando os valores de pH encontrados estiverem acima de 8,0 (COELHO et al., 2002 apud VANZELA, 2004; GOMES; SILVA; PESSÔA NETO, 2007).

Já Fioravante et al. (2004), citando Borges & Silva (2002), descrevem que um baixo valor de pH pode provocar a solubilização e a liberação de metais dos sedimentos, alterar a concentração de fósforo e nitrogênio e ainda dificultar a decomposição da matéria orgânica, enquanto que um pH alto, pode ser prejudicial no caso da fertirrigação, pela insolubilização de fertilizantes. O meio exerce interferências sobre os valores de pH através do processo de fotossíntese realizado por plantas aquáticas, que consomem gás carbônico durante o dia, elevando o pH do meio e liberam oxigênio (BRAGA; HESPANHOL; CONEJO, 2005).

2.5.1.2.2. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é uma expressão numérica da capacidade que uma água apresenta de conduzir a corrente elétrica. Representa uma medida indireta da concentração de poluentes por indicar a quantidade de sais existentes na coluna de água que estão relacionados com as concentrações iônicas e com a temperatura do corpo hídrico (CETESB, 2003).

Os sais presentes na água originam-se da dissolução ou intemperização das rochas e solos incluindo a dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais (AYERS & WESTCOT, 1999). Podem ter origem antrópica através do lançamento de esgotos não tratados, que podem contribuir com a carga de sólidos dissolvidos e, desta forma, corresponderem aos sais dissolvidos (VON SPERLING, 1996).

À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados a condutividade da água aumenta chegando a altos valores que podem indicar características corrosivas, fornecendo uma boa indicação das modificações na composição de uma determinada água (CETESB, 2003).

Os sais presentes na água de irrigação podem ser provenientes, além das fontes primárias (rocha e o solo), da água de drenagem e intrusão salina. A qualidade da água de irrigação pode variar segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos que são encontrados em quantidades pequenas, porém muitas vezes significativas. Levados pelas águas de irrigação, os sais se depositam e se acumulam no solo (AYERS & WESTCOT, 1999).

O manejo adequado da salinidade é de fundamental importância para o sucesso da agricultura irrigada, onde são necessárias práticas tais como aplicação de lâminas de água excedentes para a lixiviação de sais no solo, utilização de culturas tolerantes à salinidade e construção de sistemas de drenagem (WINKEL & TSCHIEDEL, 1999; SANTOS, 2000 apud COSTA et al., 2005). O produtor rural geralmente irriga em excesso, muitas vezes por desconhecer os métodos de controle da irrigação e temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, o que poderia comprometer a produção. Esse excesso tem como consequência, além dos danos ao solo e às plantas, o desperdício de energia e água usadas em um bombeamento desnecessário (CEMIG, 1993 apud COSTA et al., 2005).

AYERS & WESTCOT (1999) destacam que para a irrigação, o principal problema do excesso de sais na água é que após a sua deposição no solo, estes se acumulam à medida que a água é evaporada ou consumida pelas culturas podendo resultar em salinização do solo.

2.5.1.2.3. Ferro Total

O ferro está presente na forma insolúvel (Fe^{3+}) em uma grande quantidade de solos e na forma solúvel (Fe^{2+}) em águas com ausência de oxigênio dissolvido, como água subterrânea e no fundo de lagos. Quando a água contendo as formas reduzidas de ferro, for exposta ao ar, o ferro volta a se oxidar à sua forma insolúvel (VON SPERLING, 1996). As situações transitórias do escoamento no interior das tubulações, no caso da irrigação localizada, podem favorecer a oxigenação da água e, conseqüentemente, a precipitação do ferro (VANZELA, 2004).

O ferro ao se oxidar, conforme descrevem Vanzela et al. (2003), Cordeiro (2002), Vieira et al. (2004) e Zamberlan (2007), pode causar danos aos sistemas de irrigação, obstruindo tubulações e orifícios de emissores, principalmente quando se trata de sistemas de irrigação localizada.

A origem natural do ferro na água é proveniente da intemperização dos materiais de origem do reservatório, como solos e rochas, bem como do carreamento de materiais sólidos do entorno da bacia, em função das ações antrópicas decorrentes das atividades desenvolvidas na área de captação do reservatório (ZAMBERLAN, 2007). Com a precária conservação dos solos no meio rural, os processos de erosão e assoreamento aumentam consideravelmente a quantidade de solo em contato com a água, resultando no aumento da concentração de ferro, tanto solúvel como em suspensão na água (VANZELA, 2004). No meio urbano, os despejos industriais constituem-se nas principais fontes de poluição que podem contribuir com incrementos significativos de ferro na água (VON SPERLING, 1996).

O ferro é considerado por Hernandez et al. (2001) como grave problema na água de irrigação devido a sua capacidade de obstruir fisicamente as tubulações e emissores dos sistemas localizados que enquanto solúvel, ao atravessar o sistema de filtragem, pode se oxidar tornando-se insolúvel e retido

no sistema de irrigação o que pode vir a provocar perda de carga nas tubulações comprometendo o projeto de irrigação. Os autores ainda ressaltam que os problemas produzidos por complexos de ferro se agravam quando o pH da água se encontra entre 7,0 e 7,8 que somados a altas temperaturas favorecem a precipitação química.

2.5.1.2.4. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é, sem a menor dúvida, o agente oxidante mais importante em águas naturais. Em cursos de água e rios pouco profundos, o fluxo de água promove a sua aeração, havendo incremento contínuo de oxigênio. Já quando a água encontra-se estagnada ou em uma região próxima ao fundo de um lago de grande profundidade o processo de difusão é lento apresentando com freqüência ausência de oxigênio dissolvido. Para Von Sperling (1996) as fontes naturais de oxigênio se devem a dissolução do oxigênio atmosférico e da produção deste através da fotossíntese, podendo haver a introdução de oxigênio por meio da aeração artificial.

O parâmetro oxigênio dissolvido é usado no controle operacional de estações de tratamento de esgotos e na caracterização de corpos de água, por ser vital para os organismos aeróbios e para a estabilização de matéria orgânica por bactérias (VON SPERLING, 1996). Ele é um indicativo de águas poluídas que podem ser caracterizadas por apresentarem baixa concentração de O_2 devido ao consumo para a decomposição de matéria orgânica e elevadas concentrações de O_2 para a caracterização de águas de boa qualidade, não sendo um parâmetro muito utilizado na caracterização da qualidade de água para a irrigação, porém, é determinante como indicativo da poluição orgânica (MORAES, 2001 apud FRANCO; HERNANDEZ; VANZELA, 2007).

A quantidade de matéria orgânica em um recurso hídrico propicia uma grande quantidade de bactérias decompositoras que consomem o oxigênio disponível no processo de estabilização, reduzindo significativamente sua concentração na água. No entanto, os corpos d'água têm capacidade de recuperação das condições naturais de oxigênio dissolvido por meio da autodepuração, considerada como o equilíbrio no meio aquático, por

mecanismos essencialmente naturais, após alterações induzidas por despejos provenientes de atividades antrópicas (VON SPERLING, 1996).

2.5.1.2.5. Dureza

A dureza é constituída por sólidos dissolvidos em um corpo hídrico e está principalmente relacionada com a presença dos cátions cálcio e magnésio (VON SPERLING, 1996), que reagem com os ânions presentes formando precipitados o que relaciona diretamente sua presença com incrustações em tubulações e emissores, causando entupimento e diminuindo a uniformidade na aplicação de água em especial na irrigação por gotejamento (ZAMBERLAN, 2007).

A dureza tem origens, segundo Von Sperling (1996), na dissolução de minerais que contenham cálcio e magnésio e no resultado de atividades antrópicas através dos despejos industriais. Segundo Nakayama & Bucks (1986 apud ZAMBERLAN, 2007), as precipitações de carbonatos de cálcio e magnésio são causados quando as águas de irrigação possuem altos valores de dureza e de pH.

2.5.1.3. Parâmetros Biológicos

2.5.1.3.1. Coliformes

Considerados por Von Sperling (1996) como os principais indicadores de poluição das águas, as bactérias do grupo coliforme são utilizadas para determinar a potencialidade que uma água tem de transmitir doenças, indicando a contaminação fecal. Os coliformes estão divididos em três grupos de bactérias: a) coliformes totais, constituído por bactérias fecais e não fecais, não havendo identificação dos organismos patogênicos; b) coliformes fecais, organismos originários do trato intestinal humano e de outros animais, incluindo a *Escherichia coli* que tem como habitat exclusivo o intestino humano e de animais de sangue quente, representando riscos a saúde humana, podendo causar sérios distúrbios gastrointestinais em crianças e adultos e; c) streptococos fecais que inclui bactérias representativas da contaminação fecal

humana, de bois e de cavalos, sendo usada como indicador da origem da contaminação. A resolução CONAMA 357/2005 relata que este parâmetro não poderá exceder um limite de 2UFC/ml em 80% ou mais, de pelo menos seis amostras coletadas bimestralmente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da Área de Estudo

3.1.1. Localização

Este estudo foi desenvolvido no município de Turuçu, que se encontra localizado na região sul do estado do Rio Grande do Sul (Fig. 1). O município tem uma área de 255km² e, segundo o IBGE (2006), uma população total de 3710 habitantes sendo que 55,85% vivem na zona rural (CNM, 2006; FAMURS, 2008).

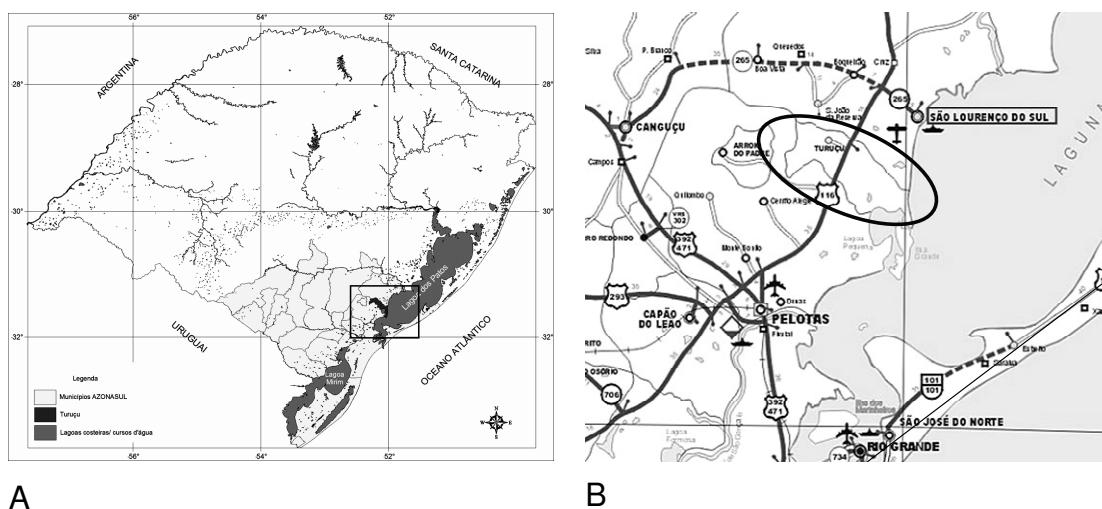


Figura 1 - Localização do município de Turuçu no mapa do estado do Rio Grande do Sul (A) e na região sul do estado (B).

3.1.2. Recursos Hídricos

Inserido na região hidrográfica litorânea (Fig. 2), as margens da Lagoa dos Patos, o município de Turuçu se encontra na área de abrangência dos Comitês de Gerenciamento das bacias hidrográficas Mirim – São Gonçalo e do Rio Camaquã, que drenam suas águas para o sistema lagunar Patos-Mirim (SEMA, 2007).

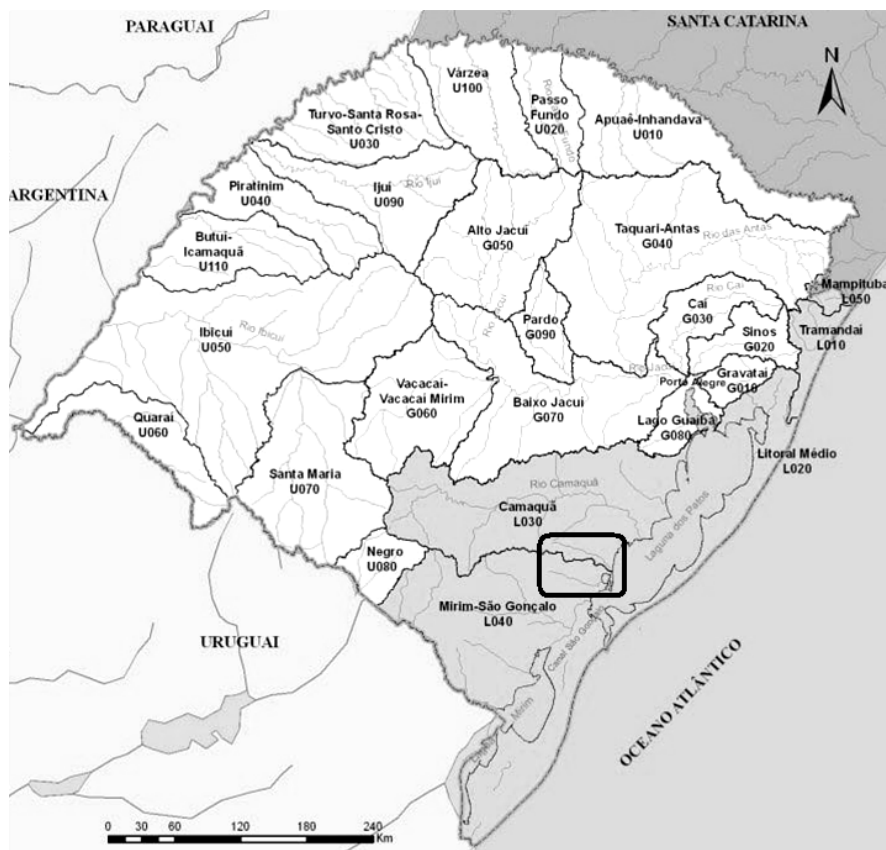


Figura 2 - Hidrografia do estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: SEMA, 2007

O município tem seu território delimitado por dois corpos hídricos: o Arroio Turuçu, que delimita o território do município de Turuçu com o município de São Lourenço do Sul e o Arroio Corrientes que delimita o território do município de Turuçu com o município de Pelotas (Fig. 3).



Figura 3 - Hidrografia do município de Turuçu-RS.

Fonte: TAGLIANI (2007).

3.1.3. Clima

Segundo o IBGE (1986), o clima no Rio Grande do Sul caracteriza-se por apresentar estações bem definidas e presença acentuada de chuvas sem que se defina a existência de um período seco ao longo de um ano normal. Os totais médios de precipitação distribuem-se de um modo geral desde 1200mm na faixa litorânea até 1700mm nos setores setentrionais do Estado. A temperatura média anual no Estado fica abaixo de 20°C, chegando a menos de 14°C nas maiores altitudes. As médias das temperaturas mínimas do mês de julho são inferiores a 10°C, sendo que no inverno as geadas são comuns. No verão as médias das temperaturas máximas são bem elevadas atingindo 30°C a 32°C.

A partir de dados da estação climatológica da Universidade Federal de Pelotas foram obtidas as normais climatológicas utilizadas para a região (tab. 1), sendo a variação média mensal da umidade relativa do ar alta na quase totalidade dos meses, mantendo-se acima de 80%. A temperatura média anual mantém-se em torno de 17,8°C sendo o mês de janeiro o mais quente, com 23,2°C na média e o mês de julho, mais frio, com um valor de 12,3°C. Na região, há uma pequena variação média mensal de precipitação ocorrendo uma distribuição regular durante todos os meses, sendo fevereiro o mês de

maior precipitação (153,3mm) e novembro (99,5mm) e março (97,4mm), os meses de menor precipitação.

Tabela 1 - Normais climatológicas mensais do período 1971/2000 para a região de Pelotas-RS

Variáveis	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
Temperatura Média - °C	23,2	23,0	21,7	18,5	15,1	12,4	12,3	13,4	14,9	17,5	19,6	22,0	17,8
Precipitação Pluviométrica - mm	119,1	153,3	97,4	100,3	100,7	105,7	146,0	117,4	123,7	100,7	99,5	103,2	1366,9
Umidade Relativa - %	77,4	79,9	80,5	82,3	83,6	84,0	84,9	83,2	81,8	79,5	76,0	75,5	80,7
Radiação solar (cal.cm ⁻² .dia ⁻¹)	498,2	439,3	377,3	297,2	225,7	184,0	190,0	238,8	299,2	385,9	478,2	524,1	344,8

Fonte: <http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/normais.html> acesso em: 13 mai. 2008.

3.1.4. Geologia e Geomorfologia

O município de Turuçu, segundo Tagliani (2002), encontra-se localizado na área de transição do escudo sulriograndense para a planície costeira, abrangendo unidades geológico-geomorfológicas de ambas as formações. A oeste do perímetro urbano encontra-se a borda oriental do cinturão Dom Feliciano de idade pré-cambriana, unidade geológica mais antiga do município. Nesta área está localizado o ponto mais alto com 220m acima do nível médio do mar. Nesta unidade geológica ocorrem as maiores declividades, podendo alcançar valores maiores que 20%.

Conforme descrito no Plano Ambiental de Turuçu (TAGLIANI, 2007), que seguiu a lógica proposta por Sombroek em 1969, na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim os solos foram agrupados em função de uma seqüência geomorfológica regional, que abrange desde a borda das lagoas até aos platôs rochosos conservados do planalto. Uma síntese inicial situa a região como composta por três zonas básicas: baixa, média e alta (Fig. 4).

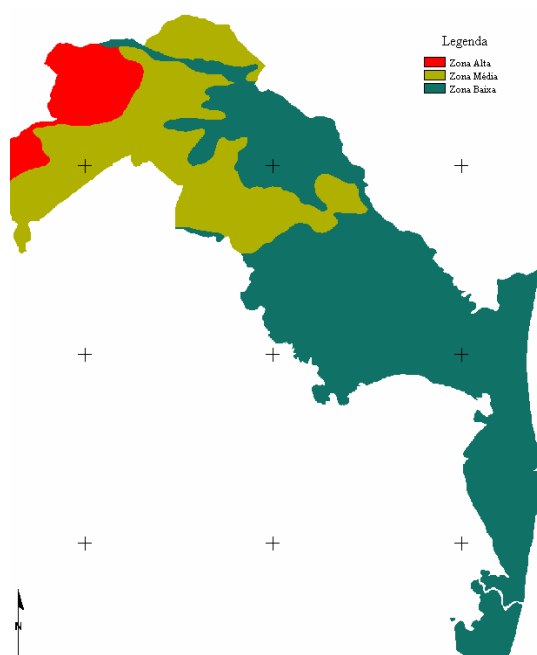


Figura 4 - Ilustração das três zonas diferenciadas em função da seqüência geomorfológica do município de Turuçu, RS.

Fonte: TAGLIANI (2007).

3.1.5. Solos

Os solos foram descritos e classificados segundo metodologia da FAO/UNESCO e foi realizada a correspondência entre este sistema e o sistema de classificação de solos utilizada em Levantamentos Pedológicos no Brasil, tendo como base a Circular Técnica Nº 55 da EMBRAPA de 2006, conforme o Plano Ambiental de Turuçu (TAGLIANI, 2007).

Em função da seqüência geomorfológica, as três zonas apresentam características distintas: a) a zona baixa engloba as terras sedimentares quaternárias próximas a Lagoa Pequena e ao longo das planícies de inundação dos rios Turuçu e Corrientes, onde ocorrem os solos das classes Gleissolo Melânico, Planossolo Háplico, Neossolo Quartzorênico e Neossolo Flúvico; b) a zona média compreende as terras do planalto rebaixado marginal e depósitos sedimentares antigos que desenvolvem um relevo suave ondulado que tende a ondulado no contato com as terras altas. Nesta zona predominam solos da classe Argissolo Vermelho-Amarelo; e c) na zona alta, que compreende o

planalto residual Canguçu-Caçapava, a classe de solo Argissolo Bruno-Acinzentado é a predominante (Fig. 5).

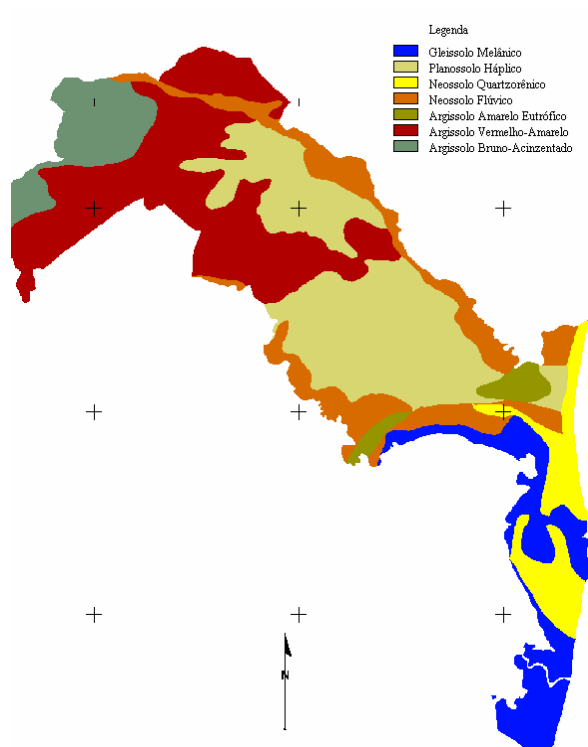


Figura 5 – Mapa dos diferentes tipos de solos encontrados no município de Turuçu, RS.

Fonte: TAGLIANI (2007).

3.1.6. Características Sócio-Econômicas

O município de Turuçu teve sua economia baseada na indústria de curtimento de couros e peles até pouco tempo atrás. Entretanto, atualmente ela se baseia na agropecuária e na agroindústria.

Segundo levantamento feito pela Ascar - Emater (2001), num total de 641 propriedades rurais, 618 apresentam uma área de até 50ha, caracterizadas predominantemente pelo emprego da mão-de-obra familiar. Nestas propriedades, têm-se como principais atividades a pecuária leiteira, a produção de frutíferas de clima temperado (principalmente a cultura do morangueiro que tem se tornado uma importante fonte de geração de renda dentro da propriedade), de fumo e de pimenta vermelha, cultura que deu ao

município de Turuçu o título de Capital Nacional da Pimenta Vermelha, por ser o município com maior área plantada desta cultura em todo o Brasil.

3.2. Sistema de Produção da Cultura do Morangueiro

Dentre as frutíferas de clima temperado, a cultura do morangueiro era encontrada em pequena escala no município de Turuçu. Porém, a partir de 2001 começou a se tornar uma importante atividade de geração de renda devido aos incrementos tecnológicos na produção (utilização de túneis plásticos, do sistema de irrigação por gotejamento, da fertirrigação, dentre outros), organização dos produtores e busca de novos mercados para a fruta tanto “in natura” quanto processada. Com o apoio do escritório local da Ascar – Emater e da administração municipal através da Secretaria de Agricultura, foi formada a Associação de Produtores de Morango de Turuçu - RS (composta por 22 produtores) com o intuito de buscar soluções e alternativas para as questões que envolvem o sistema de produção de morangos bem como sua comercialização.

O sistema de produção da cultura do morangueiro em Turuçu é caracterizado pelo plantio de mudas das variedades Camarosa e Camino Real, oriundas de regiões de clima temperado (Chile e Argentina), em pequenas extensões de terra (menos de 1ha) empregando mão-de-obra familiar. As mudas são transplantadas, geralmente no mês de abril, para canteiros de 0,8m a 1,0m de largura, sendo dispostas em 2 a 3 fileiras espaçadas de 0,3m. O solo é previamente revolvido com enxada rotativa e após coberto com lona plástica preta. O sistema conta ainda com a irrigação por gotejamento e, na maioria das vezes, é realizada a aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação) durante o ciclo da cultura que se encerra em dezembro.

3.3. Critérios para a seleção das propriedades envolvidas neste estudo

Os critérios para a seleção das propriedades envolvidas neste estudo foram:

- Ser membro da Associação de Produtores de Morango de Turuçu;
- Produzir morangos a mais de duas safras;

- Ter somente um representante de cada família participando do projeto;
- Localizar-se no território com maior aptidão à cultura do morango. Sendo caracterizada a área de maior aptidão, regiões de maior altitude que apresentam condições climáticas mais adequadas à produção de morangos.

Baseado nos critérios acima expostos foram selecionados 15 produtores de maneira a representar todo o território do município que apresentava maior aptidão para a produção de morangos.

3.3.1. Caracterização das fontes de captação de água nas propriedades

Em cada uma 15 das propriedades envolvidas foram realizadas as seguintes atividades com o intuito de caracterizar as fontes de captação de água usada para irrigação: a) visitas e aplicação de questionários utilizando roteiros previamente definidos; e b) georreferenciamento e levantamentos fotográficos das fontes de captação de água.

O questionário foi dividido em três partes: 1) informações cadastrais dos produtores (nome, idade, sexo, escolaridade, etc.); 2) informações das fontes de abastecimento de água para irrigação no que tange a sua construção, origem, fontes de recarga, culturas irrigadas e métodos de irrigação utilizados; e 3) informações de dados ambientais referentes ao manejo do esgoto doméstico e dos resíduos sólidos.

No caso dos reservatórios, foram identificadas características semelhantes de acordo com a origem de abastecimento ou recarga dos açudes relacionada às condições naturais do local, anteriormente à sua construção. A Resolução CONAMA 303 de 2002, foi utilizada como ferramenta na caracterização das fontes de captação de água para irrigação através da descrição de espaços territoriais e das definições que adota: a) reservatório artificial - definido como acumulação não natural de água destinada a quaisquer de seus múltiplos usos; b) nascente ou olho d'água - definido como local onde a água subterrânea aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente; e c) vereda - definido como espaço brejoso ou encharcado, que contém nascentes ou cabeceiras de cursos d'água, onde há ocorrência de solos hidromórficos e é caracterizado por vegetação típica. Baseado nesta

resolução foi elaborada a seguinte proposta para a caracterização das fontes de captação de água:

Tipo 1 - reservatórios artificiais originados por nascentes e abastecidos por água subterrânea;

Tipo 2 - reservatórios artificiais originados por veredas, abastecidos por nascentes ou cabeceiras de cursos d'água;

Tipo 3 - reservatórios artificiais construídos a partir de barramentos, utilizando a declividade natural do terreno, abastecidos por escoamento superficial;

Tipo 4 - curso de água natural.

A localização das fontes foi feita através de georreferenciamento por meio de um GPS, modelo GPSMAP 76. O levantamento fotográfico foi realizado de maneira que todas as informações obtidas por meio dos questionários das observações “in loco” fossem registradas de forma a permitir sua comprovação visual.

3.3.2. Estudo da distribuição espaço-temporal da precipitação nas propriedades

Para o estudo da distribuição espacial e temporal da precipitação, foi instalado, em cada uma das 15 propriedades, um pluviômetro do tipo “Ville Paris” com área de captação de 350cm² (Fig. 6). Os volumes precipitados eram anotados em planilhas que foram fornecidas a cada um dos produtores durante o período de estudo.



Figura 6 – Instalação de um pluviômetro tipo “Ville Paris”, em uma das 15 propriedades envolvidas neste estudo, em Turuçu-RS, 2008.

3.3.3. Estudo da distribuição espacial e temporal da qualidade da água de irrigação nas propriedades

Para o estudo da distribuição espacial e temporal da qualidade da água que vinha sendo utilizada na irrigação, em cada uma das 15 propriedades, foram coletadas amostras de água, ao longo de 10 meses, nas fontes de captação acima caracterizadas e após o sistema de filtragem ao longo do sistema de irrigação, caso existisse. Os roteiros de coleta foram previamente definidos de acordo com a proximidade entre as propriedades, sendo divididos em três microrregiões (tab. 2).

Tabela 2 - Pontos de coleta de água e roteiros em cada uma das microrregiões envolvidas neste estudo, Turuçu – RS, 2008.

Nº	Produtor	Ponto de coleta
Primeiro Roteiro – Microrregião São Domingos		
1	Produtor 2	Captação
2	Produtor 3	Captação
3	Produtor 3	Pós-filtro
4	Produtor 4	Captação
5	Produtor 4	Pós-filtro
6	Produtor 5	Captação
7	Produtor 5	Pós-filtro
8	Produtor 11	Captação
9	Produtor 11	Pós-filtro
Segundo Roteiro – Microrregião Centenário		
1	Produtor 6	Captação
2	Produtor 6	Pós-filtro
3	Produtor 7	Captação
4	Produtor 7	Pós-filtro
5	Produtor 8	Captação
6	Produtor 8	Pós-filtro
7	Produtor 9	Captação
8	Produtor 9	Pós-filtro
9	Produtor 10	Captação
10	Produtor 10	Pós-filtro
Terceiro Roteiro – Microrregião Picada Flor		
1	Produtor 12	Captação
2	Produtor 12	Pós-filtro
3	Produtor 13	Captação
4	Produtor 13	Pós-filtro
5	Produtor 14	Captação
6	Produtor 15	Captação
7	Produtor 15	Pós-filtro
8	Produtor 1	Captação
9	Produtor 1	Pós-filtro

3.4. Coleta e Análise da Água

3.4.1. Período de Coleta e Pontos de Coleta

As amostras de água nas fontes de captação foram coletadas, mensalmente, ao longo de 10 meses (Setembro de 2007 a Junho de 2008) abrangendo os períodos com diferentes índices pluviométricos. Nos meses em que a cultura estava instalada foram coletadas amostras de água na fonte de captação e após o sistema de filtragem em sistemas de irrigação que possuíam um filtro ao longo da tubulação, totalizando 28 pontos de coleta. Os sistemas de irrigação por gotejamento instalados nas lavouras dos produtores 2 e 14 não possuíam sistema de filtragem da água de irrigação.

Nos meses de entressafra foram coletadas amostras de água em cada uma das quinze propriedades somente na fonte de captação já que o sistema de irrigação não estava em operação.

3.4.2. Procedimentos de Coleta

As coletas foram realizadas sob orientação dos laboratórios responsáveis pelas análises (Laboratório de Microbiologia Agrícola e Ambiental pertencente a Embrapa Clima Temperado e Laboratório de Águas, Celulose e Efluentes pertencente ao CEFET-RS, ambos localizados no município de Pelotas-RS) os quais trabalham com a metodologia descrita no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (CLESCERI; GREENBERG; EATON, 1998). Os materiais utilizados nas coletas foram: caixas térmicas; bolsas térmicas com gel; luvas de borracha descartáveis; aparato coletor; frasco de vidro âmbar com capacidade de 1,0L, utilizado para análise de sólidos dissolvidos, sólidos suspensos, turbidez, condutividade e pH; frasco de polietileno (volume de 1,0L) para análise de dureza; frasco de polietileno, com volume de 250mL, para análise de ferro; frasco de vidro com capacidade de 300mL, tipo *Winckler*, com tampa esmerilhada, para análise de oxigênio dissolvido na água (Fig. 7); frasco estéril de 250 ml com tampa rosqueada.

Os frascos acima mencionados eram preparados em função das especificidades e exigências de coleta para cada um dos parâmetros a ser determinado, bem como identificados com numeração referente ao ponto de coleta, transcrito em planilha de campo. As amostras foram coletadas e conservadas em caixas térmicas com gelo, sendo conduzidas aos laboratórios na data da coleta, realizada sempre que possível, na primeira semana de cada mês com roteiros previamente estabelecidos.



A



B

Figura 7 – (A) Tipos de frascos utilizados nas coletas de água; (B) Procedimento de higienização externa do frasco utilizado para coleta de amostra de água para análise microbiológica.

Nos produtores em que a fonte de captação de água era açude e que a tomada de água encontrava-se afastada das margens, foi utilizado um aparato onde o frasco era encaixado em um cilindro oco de PVC preso a uma vara (Fig. 8). O frasco ficava imobilizado nesse cilindro com o auxílio de um colar removível adaptado ao PVC possibilitando a coleta no ponto mais próximo da captação de água (Fig. 9).



Figura 8 – Procedimento de coleta de água em açudes onde a tomada de água encontrava-se afastada das suas margens, Turuçu-RS.



Figura 9 – Aparato desenvolvido para a coleta de amostra de água em açudes em que o frasco coletor fica encaixado em um cilindro oco de PVC preso a uma vara, Turuçu-RS.

No produtor em que a fonte de captação de água era um curso d'água (Produtor 5), a coleta foi feita contra a correnteza a uma profundidade de quinze centímetros, entre as margens, por ser um córrego raso e de pequena largura (Fig. 10).



Figura 10 – Momento da coleta de água em que a fonte de captação de água era um curso d'água, Turuçu-RS.

Para a coleta de água ao longo do sistema de irrigação foi instalada uma torneira antes do sistema de filtragem nas propriedades que possuíam reservatório e após a filtragem foi instalada outra torneira (Figs. 11 e 12), sempre tomando o cuidado de coletar a água corrente depois de desprezar uma quantidade que possivelmente sofresse interferência com a deposição de partículas.

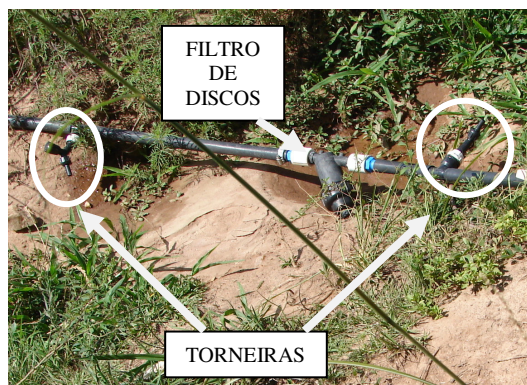


Figura 11 - Disposição de torneiras instaladas ao longo do sistema de irrigação, antes e após a filtragem, para a coleta de amostras de água, Turuçu-RS.



Figura 12 – Momento da coleta de água ao longo do sistema de irrigação por gotejamento, após a filtragem, Turuçu-RS.

3.5. Parâmetros Determinados para Avaliar a Variabilidade Espacial e Temporal da Qualidade da Água de Irrigação nas Propriedades

Os parâmetros físicos e químicos determinados para avaliar a variabilidade espacial e temporal da qualidade da água de irrigação em cada uma das 15 propriedades foram: a) físicos - Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos, Sólidos Suspensos e Turbidez; b) químicos - pH, Condutividade Elétrica, Dureza, Ferro e Oxigênio Dissolvido; e c) microbiológicos - presença ou ausência de Coliformes totais e *Escherichia coli*.

Na Tabela 3 são descritos os diferentes parâmetros avaliados e suas respectivas unidades bem como os métodos analíticos utilizados nas suas determinações.

Tabela 3 - Parâmetros avaliados e suas respectivas unidades bem como os métodos analíticos utilizados nas suas determinações.

Parâmetro	Unidade	Método Analítico
Dureza	mg CaCO ₃ /L	Titulometria
Ferro	mg Fe/L	Espectrofotometria
Oxigênio dissolvido	mg O ₂ /L	Titulometria
Sólidos Totais	mg/L	Gravimétrico
Sólidos Dissolvidos	mg/L	Gravimétrico
Sólidos Suspensos	mg/L	Gravimétrico
pH		pH-metro
Turbidez	UNT	Turbidímetro
Condutividade	μS/cm	Condutivímetro
Coliformes Totais	+/-	Presuntivo
<i>Escherichia coli</i>	+/-	Presuntivo

3.6. Análise e Avaliação da Qualidade da Água de Irrigação

Para avaliação dos resultados obtidos das análises da água de irrigação, foi utilizada a classificação proposta por Vanzela (2004), Ribeiro et al. (2005) e Zamberlan (2007). Vanzela (2004) destaca que não existe nenhuma classificação completa de qualidade de água para irrigação que abranja todos os parâmetros que possam causar algum tipo de problema na utilização desta tecnologia. Sendo assim, o autor sugere a avaliação de determinados parâmetros, de acordo com diversas classificações existentes na literatura a fim de estabelecer os padrões de qualidade da água usada na irrigação levando em consideração o potencial de dano a operação do sistema de irrigação, a toxicidade de íons específicos e o risco de salinização do solo. A Tabela 4 apresenta a classificação da qualidade da água de irrigação proposta por Vanzela (2004), descrevendo os parâmetros utilizados na caracterização da qualidade de água e os problemas relacionados com cada parâmetro assim como os limites estabelecidos de acordo com as classificações.

Tabela 4 - Classificação da qualidade da água de irrigação quanto ao potencial em causar danos no sistema de irrigação localizada, quanto ao excesso de sólidos e carga orgânica, quanto ao risco de salinização do solo e quanto ao risco de precipitação de sais.

Problema	Limites Estabelecidos			Referência	
	Classificação	Baixo	Médio		Alto
Dano a sistemas de irrigação localizada	Sólidos Suspensos (mg/L)	< 50	50 – 100	> 100	Nakayama & Bucks (1986)
	Sólidos Dissolvidos (mg/L)	< 500	500 – 2.000	> 2.000	
	pH	< 7,0	7,0 – 8,0	> 8,0	
	Ferro Total (mg/L)	< 0,2	0,2 – 1,5	> 1,5	
Excesso de sólidos e carga orgânica	Turbidez (NTU)		≤ 40	> 40	Resolução nº 357/05 do CONAMA (2005): águas classe I
	Oxigênio Dissolvido (mg/L)		≥ 6,0	< 6,0	
Risco de salinização do solo	Conductividade elétrica (μS/cm a 25°C)	< 250	250 - 750	> 750	U. S. D. A. Agriculture Handbook nº 60
Risco de Precipitação de Sais	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	< 150	150 – 300	> 300	Pitts; Haman; Smajstla (1990)

Fonte: Vanzela (2004)

3.7. Variabilidade espacial e temporal da qualidade da água de irrigação

Para a avaliação da variabilidade espacial e temporal da qualidade da água de irrigação foi utilizado o gráfico em caixa, denominado *Box Plot*, que representa muitos aspectos relevantes de um conjunto de dados agregando informações a respeito da distribuição, tais como posição, dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes. A Figura 13 ilustra um gráfico em caixa e as diferentes informações que podem ser obtidas através de sua análise.

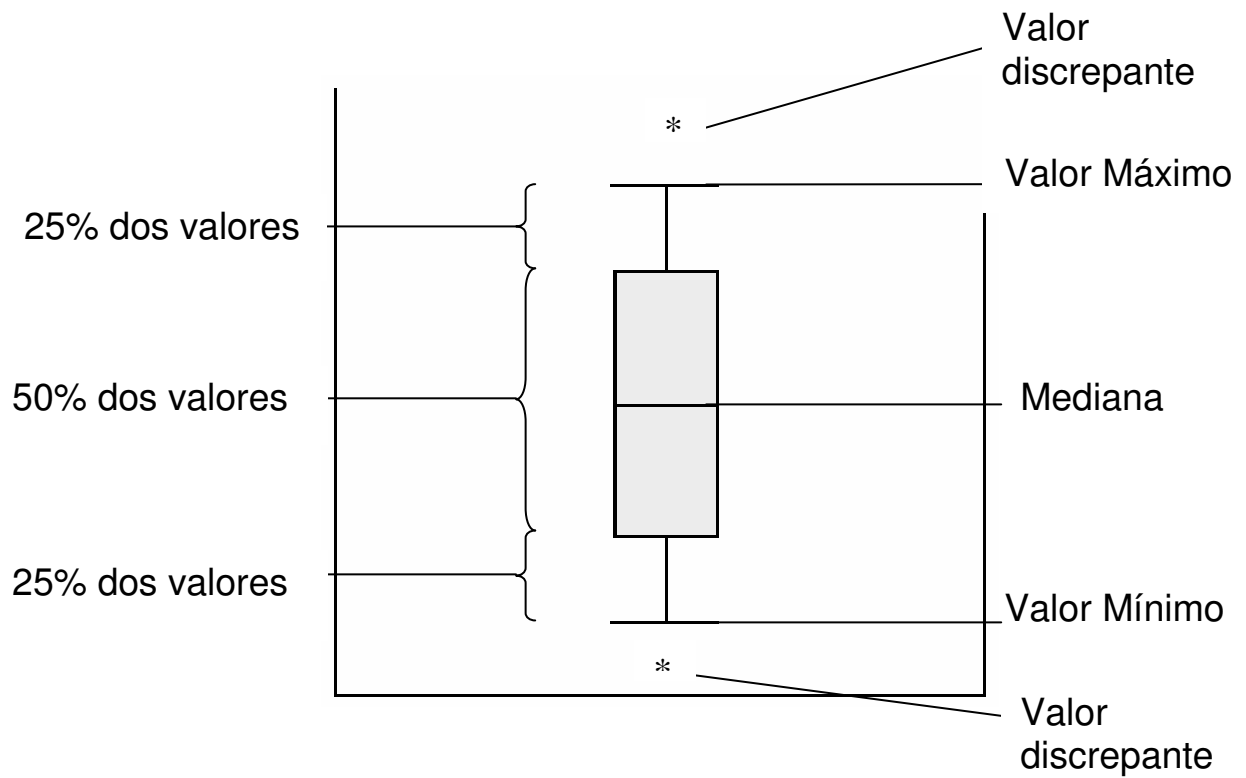


Figura 13 – Ilustração e descrição das diferentes informações que podem ser obtidas através de um gráfico em caixa (*Box Plot*).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Distribuição espacial das propriedades envolvidas no estudo

A Figura 14 apresenta a distribuição espacial das 15 propriedades envolvidas neste trabalho localizadas no município de Turuçu-RS, sendo as propriedades situadas nas zonas alta e média, caracterizadas em função da geomorfologia (Fig. 4). Os produtores encontravam-se dispersos e situados nas áreas que apresentam maior aptidão agrícola para a produção da cultura do morangueiro no município (Fig. 14). Baseado nesta distribuição espacial as propriedades foram agrupadas em três microrregiões: São Domingos (Produtores 2, 3, 4, 5 e 11) Centenário (Produtores 6, 7, 8, 9 e 10) e Picada Flor (Produtores 1, 12, 13, 14 e 15) conforme apresentado na Tabela 2.

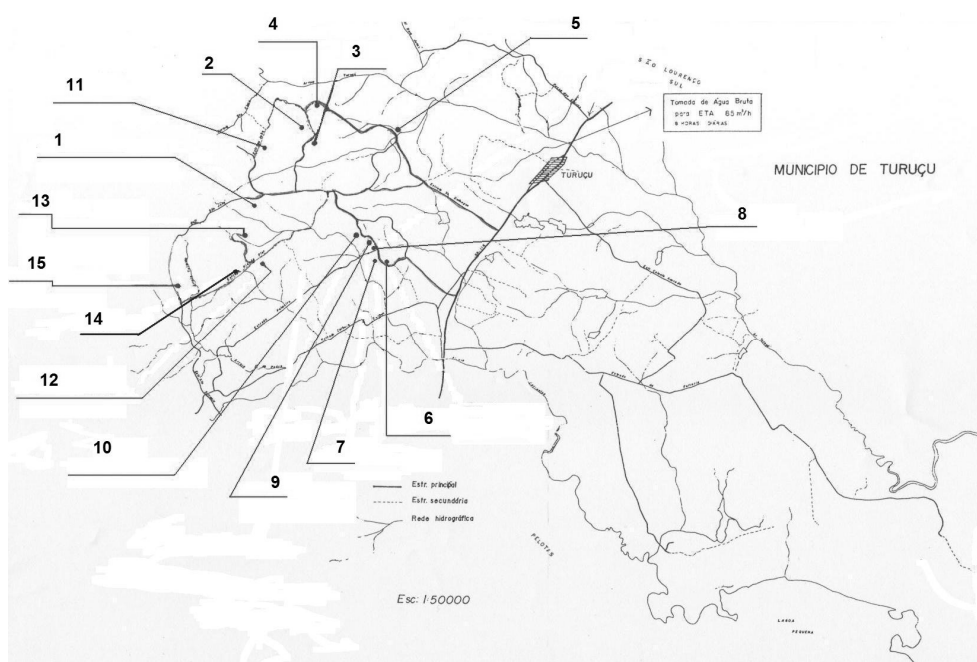


Figura 14 – Distribuição espacial das 15 propriedades envolvidas neste estudo no mapa do município de Turuçu.

4.2. Caracterização e origem das fontes de captação de água para irrigação

Os dados obtidos por meio da aplicação dos questionários foram tabulados e analisados sendo possível verificar que das quinze propriedades percorridas, somente um corpo d'água corrente é utilizado como fonte de captação de água para a irrigação, sendo que nos demais a captação de água é realizada em reservatórios artificiais, ou seja, em 93% das propriedades a água para irrigação é proveniente de açudes e nos restantes 7% proveniente de córrego.

No que tange a caracterização das fontes de captação de água para irrigação, seis fontes de captação (40%) são relacionadas ao tipo 1, cinco (33%) ao tipo 2, três (20%) ao tipo 3, e uma (7%) ao tipo 4, conforme ilustrado na Figura 15.

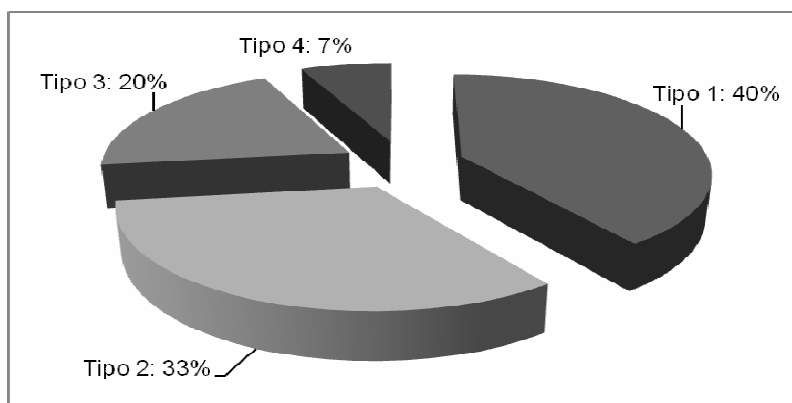


Figura 15 – Caracterização das fontes de captação de água para irrigação do morangueiro em Turuçu-RS. 2008.

Com relação aos aspectos de construção dos açudes, foi constatada a ausência de projetos ou qualquer tipo de orientação técnica na localização da captação de água ou na construção dos reservatórios em todas as propriedades.

Também foi verificado que todos os 15 produtores envolvidos neste trabalho cultivam outras culturas irrigadas além do morangueiro, tais como: feijão, melão, fumo, pimentão, beterraba, pimenta, pepino, milho e tomate (tab. 5). Os métodos de irrigação utilizados pelos agricultores é na totalidade irrigação localizada por gotejamento sendo que, em quatro propriedades das

quinze visitadas, é utilizada a aspersão como método de irrigação em outras culturas.

Tabela 5 – Culturas irrigadas nas propriedades envolvidas no estudo, além do morangueiro.

Culturas irrigadas	Número do Produtor
Feijão	4
Melão	4
Fumo	1, 3, 4 e 13
Pimentão	1
Beterraba	12
Pimenta	1
Pepino	1 e 10
Milho	5
Tomate	10

A partir dos questionários também foi constatado que: a) destino do esgoto: seis produtores possuem fossa séptica e sumidouro (40%), quatro possuem somente fossa séptica (27%) e cinco não tem nenhuma forma de tratamento sendo o esgoto liberado a céu aberto (33%); b) destino dos resíduos sólidos domésticos: realizado sem critérios, de formas distintas dentro de uma mesma propriedade onde a queima ocorre em oito propriedades (47%), em três são lançados na mata (18%), em três são enterrados (17%), em uma é recolhido (6%) e em duas propriedades os materiais recicláveis são selecionados e entregues à reciclagem (12%). A Figura 16 ilustra os diferentes destinos dos resíduos sólidos domésticos e os respectivos percentuais nas propriedades envolvidas no estudo.

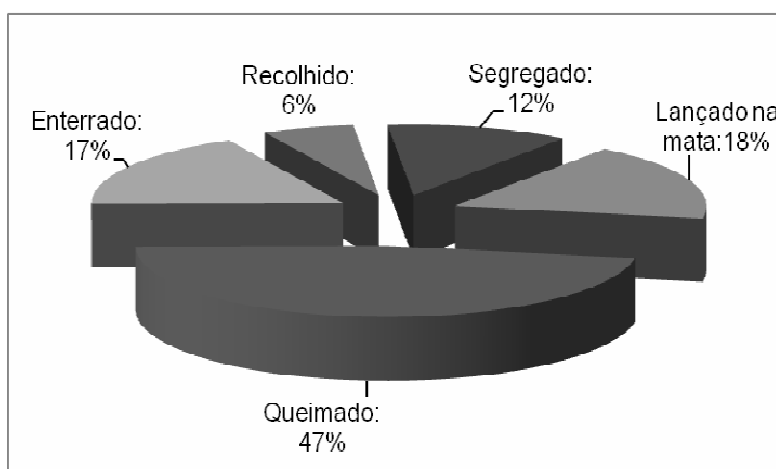


Figura 16 – Diferentes destinos dos resíduos sólidos domésticos e os respectivos percentuais nas propriedades envolvidas no estudo. Turuçu, RS. 2008.

Durante a aplicação dos questionários também foi realizado o levantamento fotográfico com a finalidade de registrar e ilustrar “in loco” a topografia do terreno e a região do entorno de cada uma das fontes de captação de água para a irrigação (Figs. 17 e 18). Este levantamento poderá servir de subsídios para futuros estudos envolvendo diferentes aspectos relacionados às fontes de captação.



Figura 17 – Exemplos de fontes de captação de água para irrigação caracterizadas como tipos 1 (A) e 2 (B) ilustrando a topografia do terreno e a região de entorno das fontes. Turuçu, RS. 2008.



Figura 18 – Exemplos de fontes de captação de água para irrigação caracterizadas como tipos 3 (A) e 4 (B) ilustrando a topografia do terreno e a região de entorno das fontes. Turuçu, RS. 2008.

4.3. Distribuição espacial e temporal da precipitação nas propriedades

A distribuição espacial e temporal dos volumes de água precipitados ao longo dos 10 meses, em cada propriedade, de acordo com as microrregiões abrangidas neste estudo é apresentada na Figura 19.

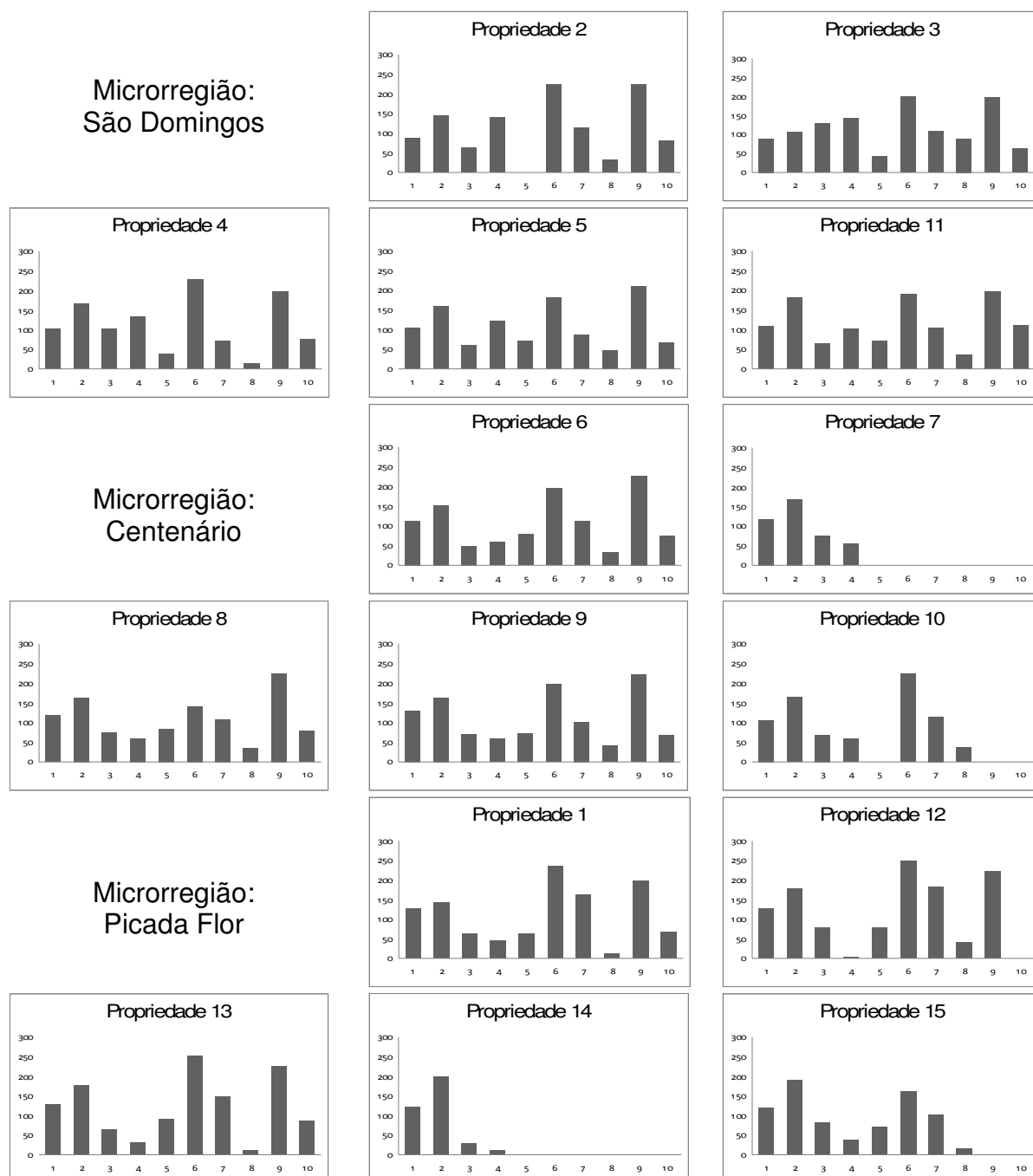


Figura 19 – Distribuição espacial e temporal da precipitação, em cada propriedade e ao longo do período de 10 meses (Setembro de 2007 a Junho de 2008), nas microrregiões de São Domingos, Centenário e Picada Flor abrangidas pelo estudo, Turuçu-RS. 2008.

Analisando a Figura 19 pode ser constatado que houveram alguns problemas de coleta dos volumes precipitados de água em algumas propriedades: P2 – mês de Janeiro/2008; P7 – meses de Janeiro a Junho de 2008; P10 – mês de Janeiro, Maio e Junho de 2008; P12 – mês de Junho de 2008; P14 – meses de Janeiro a Junho de 2008; e P15 – meses de Maio e Junho de 2008. Este fato demonstrou a falta de registro por parte de alguns produtores durante o desenvolvimento do trabalho já que muitas vezes os produtores deixavam de anotar os volumes diariamente precipitados o que poderia comprometer a totalização mensal da precipitação.

Da figura também pode ser constatado que embora os volumes precipitados de água tenham sido diferentes, em cada uma das 15 propriedades e nas diferentes microrregiões, houve uma tendência de comportamento da distribuição da precipitação ao longo do tempo similar nas propriedades localizadas nas microrregiões Centenário e Picada Flor diferindo da distribuição nas propriedades localizadas na São Domingos. Nas propriedades localizadas nas microrregiões São Domingos e Centenário, o mês mais chuvoso foi o de Maio e o mais seco o de Abril, respectivamente, ambos de 2008. Já nas localizadas na microrregião da Picada Flor o mês mais chuvoso foi o de Fevereiro de 2008, em todas as propriedades, e os meses mais secos foram os de Dezembro de 2007 (Propriedade 13) e Abril de 2008 (Propriedade 1). Comparando os resultados da Figura 19 com a Tabela 1 (normais climatológicas mensais), verifica-se que o mês de Fevereiro é o mais chuvoso para o período de 1971/2000 na região de Pelotas-RS e que dentre as microrregiões, a Picada Flor é a que situa mais próxima do município de Pelotas-RS, fato este que poderia ser uma provável explicação para o mesmo comportamento dos volumes precipitados neste mês nas propriedades envolvidas neste estudo localizadas nesta microrregião. Já os meses secos não apresentaram a mesma tendência de comportamento.

4.4. Avaliação da Qualidade da Água de Irrigação

Variabilidade espacial e temporal das características da água usada na irrigação

A variabilidade espacial e temporal das características da água usada na irrigação foi avaliada em 14 propriedades já que o Produtor 14 não colaborou durante o período de execução do projeto sendo, portanto, eliminado desta etapa do trabalho.

4.4.1. Parâmetros Físicos

Todos os parâmetros físicos da água de irrigação foram determinados ao longo de nove meses, em cada uma 14 das propriedades, compreendendo os meses de Outubro de 2007 a Junho de 2008. Os dados referentes à coleta do mês de Setembro de 2007 foram eliminados por apresentarem falta de consistência dos resultados obtidos.

4.4.1.1. Sólidos

4.4.1.1.1. Sólidos suspensos

O parâmetro concentração de sólidos suspensos foi avaliado ao longo de nove meses na fonte de captação de água e ao longo de três meses (Outubro a Dezembro de 2007) após o sistema de filtragem, caso existisse, correspondentes ao período em que o sistema de irrigação estava em operação.

A Tabela 6 apresenta os valores máximos, mínimos e médios da concentração de sólidos em suspensão na fonte de captação de água ao longo do período de nove meses, bem como a classificação quanto ao potencial de risco a causar danos no sistema de irrigação por gotejamento, em cada um dos 14 produtores envolvidos, de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos por Nakayama & Bucks (1986 apud AYERS & WESTCOT, 1999; VANZELA, 2004).

Tabela 6 – Valores máximos, mínimos e médios de sólidos em suspensão na fonte de captação de água para a irrigação ao longo do período estudado, bem como a classificação quanto ao potencial de risco a causar danos no sistema de irrigação por gotejamento, em cada um dos 14 produtores, de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos por Nakayama & Bucks (1986 apud AYERS & WESTCOT, 1999; VANZELA, 2004).

Propriedades	Sólidos em Suspensão (mg/L)			Potencial de risco		
	Máximo	Mínimo	Médio	Baixo	Moderado	Severo
				(% das amostras)		
1	104,67	0,67	29,40	77,77	22,22	0,00
2	431,67	2,67	123,62	37,50	25,00	37,50
3	119,00	1,33	41,59	87,50	0,00	12,50
4	107,33	4,33	32,23	77,77	11,11	11,11
5	36,00	2,00	16,67	100,00	0,00	0,00
6	107,33	1,33	24,73	77,77	11,11	11,11
7	115,67	19,67	44,73	66,66	22,22	11,11
8	102,33	4,00	34,70	77,77	11,11	11,11
9	63,00	1,67	26,47	88,88	11,11	0,00
10	137,40	23,00	73,14	44,44	44,44	11,11
11	40,67	0,33	14,07	100,00	0,00	0,00
12	105,00	10,67	35,19	87,50	0,00	12,50
13	165,67	18,00	67,75	50,00	37,50	12,50
15	55,30	2,00	30,66	75,00	25,00	0,00

Analisando a Tabela 6, verifica-se que o percentual das amostras, em 12 propriedades, se manteve igual ou acima de 50% no potencial de risco Baixo de causar danos ao sistema de irrigação por gotejamento, indicando que na maioria das propriedades o parâmetro sólidos suspensos esteve abaixo de 50mg/L (tab. 4) em pelo menos metade das amostras coletadas.

Nas duas propriedades (Propriedades 5 e 11) em que este parâmetro esteve abaixo de 50mg/L em 100% das amostras coletadas (tab. 6), foi

observado que o entorno das fontes de captação apresentavam conservação da vegetação ciliar, tanto no córrego (Fig. 20) quanto no reservatório (Fig. 21), diminuindo o escoamento superficial que promove o assoreamento dos rios, lagos e represas. Este escoamento superficial, segundo Costa et al. (2005), pode carrear partículas de solo, comprometendo a capacidade de armazenamento dos reservatórios de água, diminuindo a quantidade de água disponível e contribuindo para a poluição dos cursos d'água.



Figura 20 – Córrego natural localizado na Propriedade 5, utilizado como fonte captação de água para irrigação. Turuçu, RS. 2008.



Figura 21 – Reservatório localizado na Propriedade 11, utilizado como fonte de captação de água para irrigação. Turuçu, RS. 2008.

A Figura 22 apresenta a variabilidade espacial e temporal dos valores do parâmetro concentração de sólidos suspensos ao longo dos nove meses de coleta de água na fonte de captação em cada uma das 14 propriedades envolvidas neste estudo.

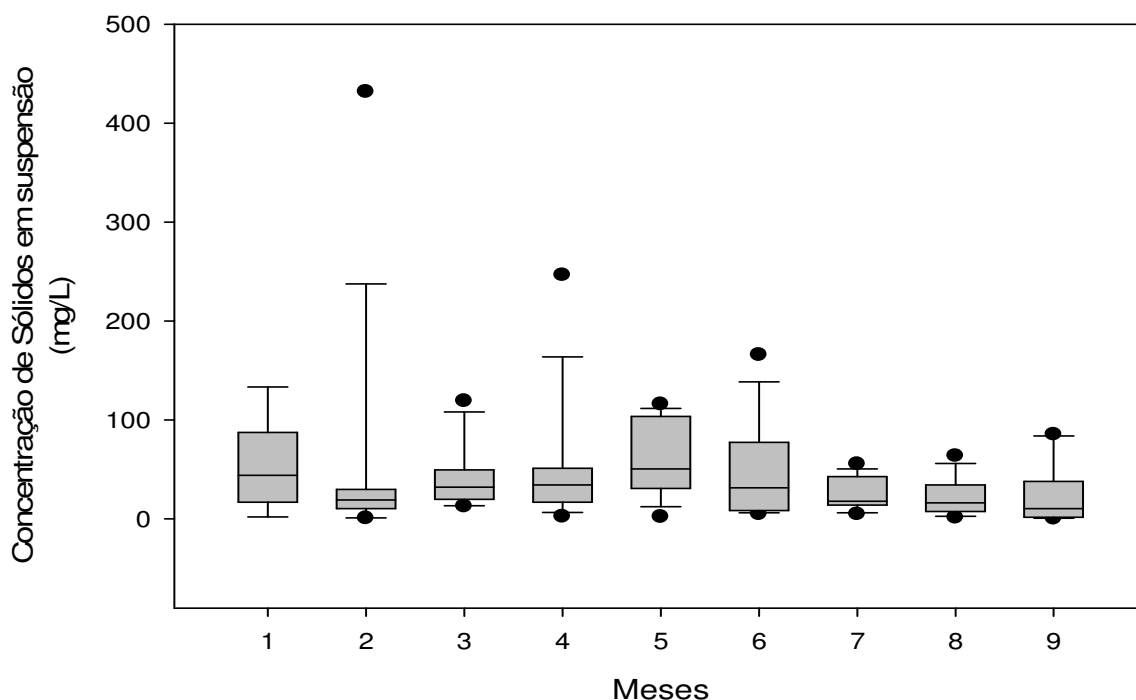


Figura 22 – Variabilidade espacial e temporal da concentração de sólidos em suspensão nas 14 propriedades durante os nove meses de coleta de amostras de água utilizada para irrigação. 1: outubro/2007; 2: novembro/2007; 3: dezembro/2007; 4: janeiro/2008; 5: fevereiro/2008; 6: março/2008; 7: abril/2008; 8: maio/2008; 9: junho/2008.

A variabilidade temporal da concentração de sólidos suspensos não apresentou um comportamento bem definido onde houve oscilação da mediana durante os nove meses de coleta de amostras de água, bem como diferença na variabilidade espacial dos resultados obtidos em cada uma das propriedades, resultando em diferentes amplitudes interquartílicas (Fig. 22). Observa-se que no primeiro mês de coleta (Outubro de 2007) não foi detectado nenhum valor discrepante quando comparado aos demais meses. Já no segundo mês (Novembro de 2007) foi encontrada a maior amplitude de variabilidade entre os valores deste parâmetro, inclusive com a presença de um valor altamente discrepante quando comparado aos demais valores obtidos ao longo de todas as datas de coleta. A menor amplitude de variabilidade espacial dos resultados foi encontrada no sétimo mês (Abril de 2008). Segundo Silva; Schulz; Camargo (2003) seria esperado um aumento na concentração de sólidos em suspensão influenciado pela precipitação, entretanto, neste estudo não foi possível

detectar nenhuma relação entre o comportamento deste parâmetro com os dados de precipitação (Fig. 19).

A Figura 23 apresenta os valores máximos determinados da concentração de sólidos em suspensão na água de irrigação, em cada uma das propriedades e em todo o período de coleta, relacionando-os com o padrão de qualidade da água quanto ao potencial de risco a causar danos no sistema de irrigação.

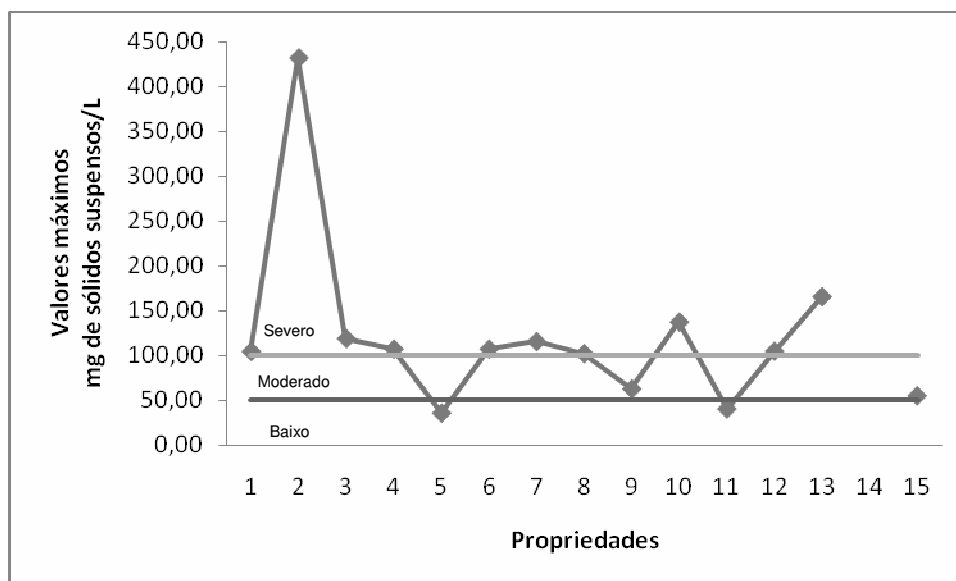


Figura 23 – Valores máximos da concentração de sólidos em suspensão na água de irrigação, em cada uma das propriedades ao longo de todo o período de coleta, e o padrão de qualidade da água quanto ao potencial de risco a causar danos no sistema de irrigação.

O valor máximo encontrado na Propriedade 2 bem acima do limite estabelecido para a qualidade da água ser considerada de risco severo ao sistema, pode ser devido ao fato de que as coletas de água, nesta propriedade, foram realizadas em um reservatório recém implantado (Fig. 24), com pouca acumulação de água e que apresenta em seu entorno área com plantio convencional de fumo (Fig. 25), onde o solo é mantido com pouca cobertura vegetal e em terreno com declividade. Stürmer (2008) salienta que a erosão hídrica é intensificada por preparos convencionais de solo onde a cobertura vegetal é removida, ao contrário das práticas conservacionistas que mantêm o solo coberto por um período maior visando o controle das perdas de solo e, conseqüentemente, os impactos gerados nos cursos de água (SILVA;

SCHULZ; CAMARGO; 2003), que são os locais de destino das partículas de solo removidas, alterando as características químicas e físicas da água.



Figura 24 – Reservatório recém implantado, localizado na Propriedade 2, utilizado como fonte de captação de água para irrigação. Turuçu, RS. 2008.



Figura 25 – Reservatório localizado na Propriedade 2, utilizado como fonte de captação de água para irrigação, da topografia do terreno e do entorno cultivado com lavoura de fumo. Turuçu, RS. 2008.

Na Tabela 7 são encontrados os valores da concentração de sólidos em suspensão determinados na fonte de captação de água para irrigação e após o sistema de filtragem, caso existisse, correspondentes ao período em que o sistema de irrigação estava em operação (período de Outubro a Dezembro de 2007), em todas as propriedades.

Tabela 7 – Valores de concentração de sólidos em suspensão determinados na fonte de captação de água para irrigação e após o sistema de filtragem, durante o período em que o sistema de irrigação estava em operação (período de Outubro a Dezembro de 2007), em todas as propriedades.

Propriedades	Pontos de Coleta	Coleta 1 (mg/L)	Coleta 2 (mg/L)	Coleta 3 (mg/L)
1	Captação	104,67	0,67	31,33
	Pós-filtro	37,34	32,33	42,00
2	Captação	Não possuía sistema de filtragem		
	Pós-filtro			
3	Captação	Amostras	16,66	119,00
	Pós-filtro	prejudicadas	17,33	20,33
4	Captação	58,33	28,00	32,67
	Pós-filtro	13,67	320,33	32,67
5	Captação	Amostras	16,67	28,67
	Pós-filtro	prejudicadas	41,33	24,00
6	Captação	2,00	4,67	12,67
	Pós-filtro	2,00	20,00	35,67
7	Captação	44,00	19,67	21,33
	Pós-filtro	7,66	8,67	27,67
8	Captação	70,33	24,00	46,33
	Pós-filtro	31,00	19,33	71,00
9	Captação	20,33	1,67	16,00
	Pós-filtro	11,00	3,00	33,00
10	Captação	133,34	23,00	Final da safra
	Pós-filtro	24,67	29,67	
11	Captação	13,33	Sem irrigação	14,00
	Pós-filtro	13,67		12,67
12	Captação	Amostras	43,67	46,00
	Pós-filtro	prejudicadas	18,33	19,67
13	Captação	Amostras	18,67	25,33
	Pós-filtro	prejudicadas	77,67	25,00
15	Captação	Amostras	35,67	53,00
	Pós-filtro	prejudicadas	98,33	51,33

Os resultados apresentados na Tabela 7 demonstram que, na grande maioria das amostras de água analisadas no período, a concentração de sólidos em suspensão na água determinada nas fontes de captação e após o sistema de filtragem (em todas as propriedades o sistema de filtragem constituía somente de um filtro de discos, sendo na maioria constituídos de

materiais de segunda linha, não apresentando especificações quanto ao tamanho dos seus poros) não apresentou melhoria na qualidade desta água.

Airoldi et al. (2003) comentam que a qualidade da água analisada, após passar pelos filtros, pode apresentar qualidade inferior pelo fato de haver transpasse de partículas de origem biológica retidas pelos elementos filtrantes que se desmembram no decorrer do tempo em função da pressão da água no interior dos filtros. Um outro fato que poderia estar relacionado a este comportamento da concentração de sólidos em suspensão neste estudo está no fato de que o ponto de captação dentro do reservatório estava localizado, na maioria das propriedades, em local mais profundo do que o ponto onde foram realizadas as coletas para análise da qualidade da água nas fontes de captação.

4.4.1.1.2. Sólidos dissolvidos

O parâmetro concentração de sólidos dissolvidos foi avaliado, mensalmente, em amostras de água coletadas na fonte de captação durante o período de nove meses (Outubro de 2007 a Junho de 2008). Na Tabela 8 encontram-se os valores máximos, mínimos e médios da concentração de sólidos dissolvidos na fonte de captação de água, bem como a sua classificação quanto ao potencial de risco a causar danos no sistema de irrigação por gotejamento, em cada um dos 14 produtores envolvidos, de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos por Nakayama & Bucks (1986 apud AYERS & WESTCOT, 1999; VANZELA, 2004).

Tabela 8 – Valores máximos, mínimos e médios da concentração de sólidos dissolvidos na fonte de captação de água para a irrigação ao longo do período estudado, bem como a classificação quanto ao potencial de risco a causar danos no sistema de irrigação por gotejamento, em cada um dos 14 produtores, de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos por Nakayama & Bucks (1986 apud AYERS & WESTCOT, 1999; VANZELA, 2004).

Propriedades	Sólidos Dissolvidos (mg/L)			Potencial de risco		
				Baixo	Moderado	Severo
	Máximo	Mínimo	Médio	(% das amostras)		
1	117,67	3,67	62,97	100,0	0	0
2	614,33	15,33	61,25	87,5	12,5	0
3	86,67	15,33	61,25	100,0	0	0
4	156,00	0,00	59,27	100,0	0	0
5	126,70	38,67	76,27	100,0	0	0
6	190,33	0,00	58,30	100,0	0	0
7	166,33	6,67	75,07	100,0	0	0
8	139,33	6,67	59,11	100,0	0	0
9	168,67	56,00	106,40	100,0	0	0
10	152,67	38,33	97,00	100,0	0	0
11	165,67	4,33	61,07	100,0	0	0
12	328,67	67,67	215,26	100,0	0	0
13	131,67	29,33	81,04	100,0	0	0
15	188,30	50,00	104,48	100,0	0	0

De acordo com a Tabela 8, verifica-se que na Propriedade 2, somente uma das nove amostras de água coletadas, apresenta potencial de risco considerado moderado quanto ao potencial de causar danos no sistema de irrigação em relação a concentração de sólidos dissolvidos, representando 12,5% de todas as amostragens realizadas nesta propriedade, ou seja, 87,5% ficaram classificadas como baixo potencial de risco. Nas demais propriedades

a água apresenta potencial de risco baixo quanto à possíveis danos no sistema.

A variabilidade espacial e temporal dos valores do parâmetro concentração de sólidos dissolvidos ao longo dos nove meses de coleta de água na fonte de captação, nas propriedades envolvidas neste estudo, é apresentada na Figura 26.

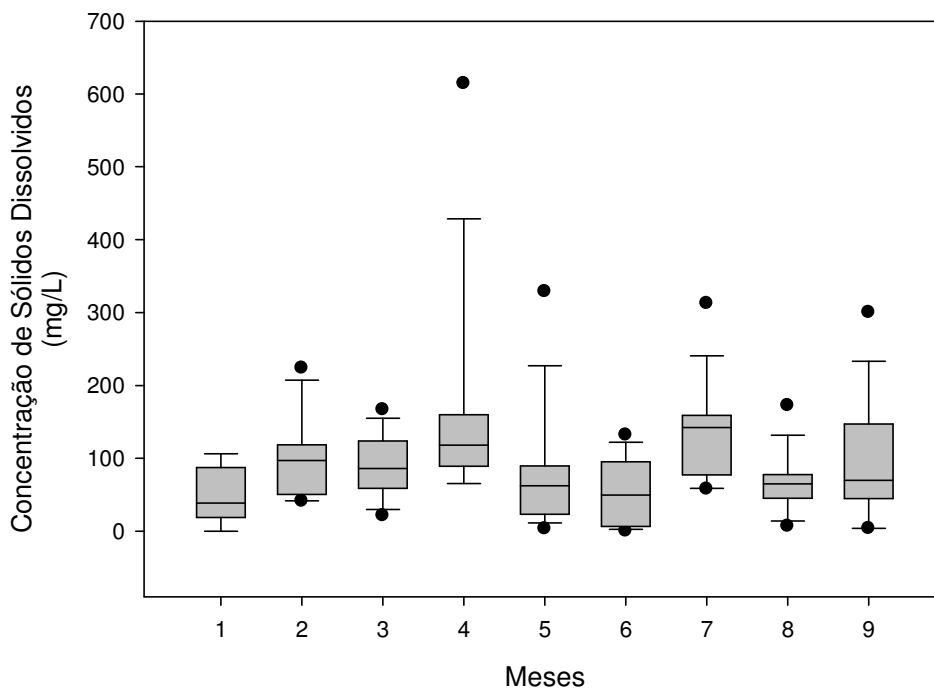


Figura 26 – Variabilidade espacial e temporal da concentração de sólidos dissolvidos nas 14 propriedades durante os nove meses de coleta de amostras de água utilizada para irrigação proveniente da fonte de captação.

A mediana dos conjuntos de dados de concentração de sólidos dissolvidos não apresentou um padrão definido de variabilidade temporal ao longo do período de coleta das amostras de água, conforme pode ser constatado pela oscilação dos valores da mediana em cada mês de coleta (Fig. 26). De maneira similar ao comportamento do parâmetro concentração de sólidos em suspensão (Fig. 22), no primeiro mês de coleta (Outubro de 2007) não foi detectado nenhum valor discrepante quando comparado aos demais meses. Entretanto, a maior amplitude de variabilidade espacial deste parâmetro foi encontrada no quarto mês de coleta (Janeiro de 2008), inclusive com a

presença de um valor altamente discrepante quando comparado aos demais valores obtidos ao longo de todas as datas de coleta. A amplitude de variabilidade espacial deste parâmetro, em cada coleta, foi maior que a encontrada para a concentração de sólidos em suspensão.

O valor discrepante da concentração de sólidos dissolvidos encontrado no quarto mês de coleta (Janeiro de 2008) é oriundo da coleta de água na fonte de captação da Propriedade 2 e pode estar relacionado ao manejo na bacia de contribuição do reservatório (Figs. 24 e 25), já que neste mês houve o preparo do solo, utilizando adubação química, e o transplante das mudas de fumo próximo ao reservatório. Nas coletas seguintes (Fevereiro a Junho de 2008), os valores discrepantes deste parâmetro são oriundos das amostras de água coletadas na fonte de captação da Propriedade 12 que apresentou em todas as amostras valores mais elevados na concentração de sólidos dissolvidos, devido ao fato de que da lavoura ao açude a distância é pequena. Outros aspectos importantes constatados nesta propriedade é que todo o manejo de insumos químicos se dá às margens do reservatório e que existe uma estrada que circunda o reservatório (Fig. 27).



Figura 27 – Reservatório localizado na Propriedade 12, utilizado como fonte de captação de água para irrigação, e da estrada que circunda o mesmo. Turuçu, RS. 2008.

O valor máximo da concentração de sólidos dissolvidos determinado, em cada propriedade, na água de irrigação durante o período de coleta é apresentado na Figura 28, bem como sua relação ao padrão de qualidade da água quanto ao potencial de risco a causar danos no sistema de irrigação.

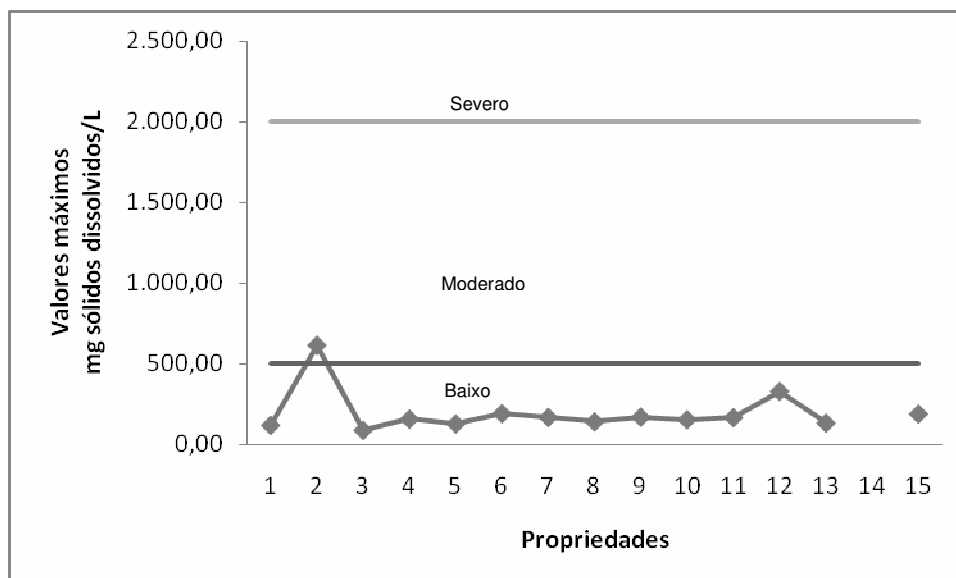


Figura 28 - Valores máximos da concentração de sólidos dissolvidos na água de irrigação, em cada uma das propriedades, ao longo do período de coleta, e o padrão de qualidade da água quanto ao potencial de risco a causar danos no sistema de irrigação.

Em relação às concentrações de sólidos dissolvidos na água de irrigação, somente um dos valores máximos (Propriedade 2) encontrados apresentou resultado maior que 500 mg/L (Fig. 28), portanto, em treze propriedades foi encontrado baixo potencial de risco de entupimento no sistema de irrigação por este parâmetro e em uma foi encontrado potencial de risco moderado.

4.4.1.2. Turbidez

Na Tabela 9 encontram-se os valores máximos, mínimos e médios do parâmetro turbidez determinados na água coletada na fonte de captação, em cada um dos 14 produtores envolvidos neste estudo. A classificação deste parâmetro está relacionada ao excesso de sólidos e da carga orgânica, de acordo com os padrões de qualidade de água estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 9 - Valores máximos, mínimos e médios do parâmetro turbidez determinados na água coletada na fonte de captação, em cada um dos 14 produtores, bem como sua classificação que está relacionada ao excesso de sólidos e da carga orgânica, de acordo com os padrões de qualidade de água estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005.

Propriedades	Turbidez (UNT)			Classificação	
				Adequada	Inadequada
	Máximo	Mínimo	Médio	(% das amostras)	
1	21,77	4,63	9,43	100	0
2	618,00	5,36	143,76	25	75
3	12,43	3,31	7,52	100	0
4	88,47	13,97	31,47	77,77	22,22
5	35,87	5,32	15,81	100	0
6	19,80	3,04	7,78	100	0
7	18,07	6,51	11,91	100	0
8	40,23	7,04	15,05	88,88	11,11
9	71,10	16,00	38,29	55,55	44,44
10	50,60	11,63	27,19	88,88	11,11
11	19,87	4,58	11,06	100	0
12	1.144,00	33,23	277,87	11,11	88,88
13	792,67	26,97	132,31	44,44	55,55
15	64,77	23,77	36,48	77,77	22,22

As propriedades que apresentam um número acima de 50% das amostras de água de irrigação enquadradas como inadequadas quanto ao parâmetro turbidez (tab. 9), apresentam os tipos de fontes de captação caracterizadas como Tipos 2 e 3. Nas Propriedades 12 e 13, a recarga do reservatório acontece pelo escoamento superficial, não havendo contribuição de água subterrânea, enquanto que, na Propriedade 2 (Figs. 24 e 25) o manejo

inadequado no entorno do reservatório, pode ter contribuído para estes resultados.

A Figura 29 apresenta os gráficos em caixa indicando a variabilidade espacial e temporal dos valores do parâmetro turbidez, em cada uma das 14 propriedades, durante o período de nove meses de coleta de amostras de água utilizada para irrigação.

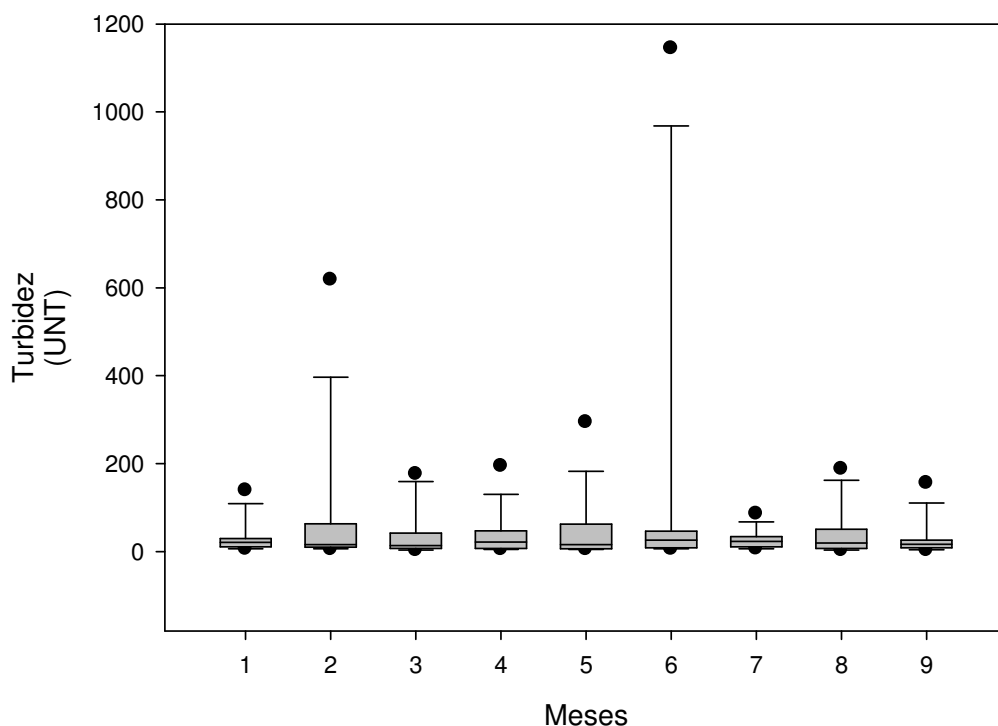


Figura 29 - Gráficos em caixa dos valores do parâmetro turbidez indicando a sua variabilidade espacial e temporal em cada uma das 14 propriedades e durante o período de nove meses de coleta de água.

Constata-se que o valor da mediana do parâmetro turbidez praticamente se mantém constante, embora exista uma faixa de amplitude de variação dos dados diferente em cada um dos meses em que a água foi coletada. A menor amplitude de variação espacial ocorreu no sétimo mês (Abril de 2008), enquanto que o valor mais discrepante observado ocorreu no sexto mês (Março de 2008). A distribuição dos valores deste parâmetro próximo à cerca inferior apresentou o mesmo padrão de comportamento em termos de variabilidade temporal, embora sejam oriundos de três propriedades que apresentam recarga do reservatório, predominantemente, por meio da água

subterrânea e não são desenvolvidas atividades de impacto no entorno destes reservatórios, apresentando solo com cobertura vegetal (Fig. 30 A, B e C).



Figura 30 – Reservatórios utilizados como fonte de captação de água para irrigação com recarga, predominantemente, por meio de água subterrânea com entorno conservado com cobertura vegetal. Turuçu, RS. 2008.

Os valores discrepantes superiores são oriundos das Propriedades 2 (Figs. 24 e 25) e 12 (Fig. 27) que não apresentavam o entorno das fontes de captação de água preservada, onde ocorre a recarga do açude pelo escoamento superficial, houve preparo de solo para implantação de lavoura de fumo na área pertencente a bacia de contribuição do reservatório e apresenta uma estrada contornando o reservatório.

4.4.2. Parâmetros Químicos

A variabilidade espacial e temporal dos parâmetros químicos da água usada na irrigação foi avaliada também em 14 propriedades pelos mesmos argumentos relatados anteriormente.

Dos parâmetros químicos da água, o pH e a condutividade elétrica foram avaliados ao longo de nove meses (Outubro de 2007 a Junho de 2008), enquanto que, os demais parâmetros (ferro total, oxigênio dissolvido e dureza total) foram avaliados ao longo de dez meses incluindo, desta forma, o mês de Setembro de 2007.

4.4.2.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)

A Tabela 10 apresenta os valores máximos, mínimos e médios do parâmetro pH, bem como a classificação destes valores quanto ao risco de causar danos no sistema de irrigação, em cada um dos 14 produtores

envolvidos, seguindo os padrões estabelecidos por Coelho et al. (2002 apud VANZELA, 2004; GOMES; SILVA; PESSÔA NETO, 2007).

Tabela 10 – Valores máximos, mínimos e médios do parâmetro pH, bem como a classificação destes valores quanto ao risco de causar danos no sistema de irrigação, em cada um dos 14 produtores envolvidos, seguindo os padrões estabelecidos por Coelho et al. (2002 apud VANZELA, 2004; GOMES; SILVA; PESSÔA NETO, 2007).

Propriedades	pH			Potencial de Risco		
				Baixo	Moderado	Severo
	Máximo	Mínimo	Médio	(% das amostras)		
1	6,67	6,02	6,36	100,00	0,00	0,00
2	7,06	5,39	6,60	87,50	12,5	0,00
3	6,99	5,97	6,30	100,00	0,00	0,00
4	7,46	5,98	6,50	77,77	22,22	0,00
5	7,99	6,65	7,05	66,66	33,33	0,00
6	7,44	6,21	6,81	77,77	22,22	0,00
7	6,34	5,55	5,91	100,00	0,00	0,00
8	6,54	5,96	6,22	100,00	0,00	0,00
9	9,15	6,51	7,45	33,33	44,44	22,22
10	9,07	5,86	6,43	100,00	0,00	0,00
11	8,53	5,97	6,63	77,77	11,11	11,11
12	7,98	6,33	7,19	33,33	66,66	0,00
13	7,77	6,76	7,29	22,22	77,77	0,00
15	7,98	6,62	7,26	33,33	66,66	0,00

A água usada na irrigação na maioria das propriedades apresentou, conforme a Tabela 10, baixo potencial de risco a causar danos no sistema de irrigação, sendo que nas Propriedades 1, 3, 7 e 8, a água apresentou em 100% das amostras valores de pH abaixo de 7,00, oferecendo baixo risco a precipitação de sais. Já nas Propriedades 9, 12, 13 e 15, a água de irrigação

apresentou potencial de risco moderado na maior parte das amostras analisadas (44,44%, 66,66%, 77,77% e 66,66%, respectivamente). As fontes de captação de água das Propriedades 3, 7, 8 e 10 pertencem à mesma tipologia de fonte de captação, caracterizadas como Tipo 2, onde os reservatórios são originados de veredas e recebem água subterrânea. Já as fontes de captação nas Propriedades 9, 12 e 13 foram caracterizadas como Tipo 3, ou seja, reservatórios artificiais construídos a partir de barramentos, utilizando a declividade natural do terreno, abastecidos por escoamento superficial.

A variabilidade espacial e temporal dos valores do parâmetro pH, em cada uma das 14 propriedades, durante o período de nove meses de coleta de amostras de água utilizada para irrigação é apresentada na Figura 31.

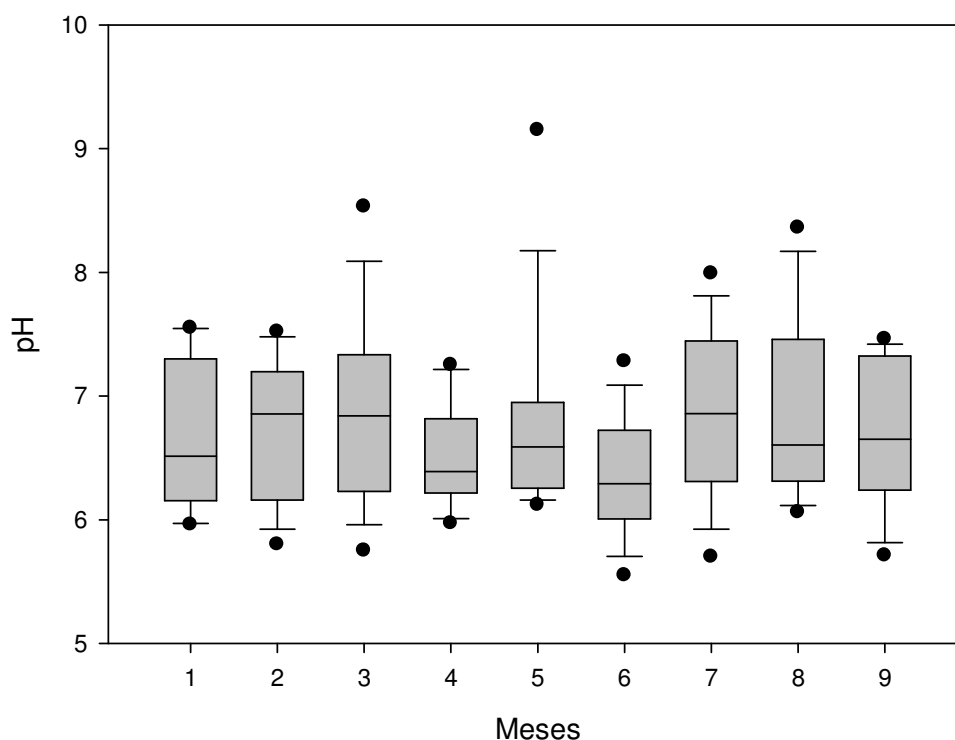


Figura 31 - Gráficos em caixa dos valores do parâmetro pH indicando a sua variabilidade espacial e temporal em cada uma das 14 propriedades e durante o período de nove meses de coleta de água. 1: outubro/2007; 2: novembro/2007; 3: dezembro/2007; 4: janeiro/2008; 5: fevereiro/2008; 6: março/2008; 7: abril/2008; 8: maio/2008; 9: junho/2008.

Os valores de pH apresentaram variabilidade entre 5,39 (Propriedade 2) e 9,15 (Propriedade 9), sendo que o valor da mediana oscilou entre 6,0 e 7,0, ao longo dos nove meses de avaliação deste parâmetro. Os valores discrepantes com resultados de pH acima de 8,0 foram encontrados na água da fonte de captação da Propriedade 11 (no terceiro mês de coleta) e na Propriedade 9 (no quinto e oitavo meses de coleta). O excesso de macrófitas aquáticas e algas pode ter influenciado os valores altos de pH, na água de irrigação proveniente das fontes de captação nas Propriedades 11 (Fig. 32) e 9 (Fig. 33), pois, segundo Vanzela (2004), o processo fotossintético, através do consumo de CO₂ durante o dia pode elevar o pH do meio.



Figura 32 – Reservatório localizado na Propriedade 11, utilizado como fonte de captação de água para irrigação, apresentando excesso de macrófitas. Turuçu, RS. 2008.



Figura 33 – Reservatório localizado na Propriedade 9, utilizado como fonte de captação de água para irrigação, apresentando excesso de algas. Turuçu, RS. 2008.

4.4.2.2. Condutividade Elétrica

Os valores máximos, mínimos e médios do parâmetro condutividade elétrica na água de irrigação, em cada uma das 14 fontes de captação avaliadas, bem como a sua classificação quanto ao risco de causar salinização no solo, de acordo com os padrões estabelecidos pelo *United States Salinity*

Laboratory Staff – Agriculture Handbook nº 60, os quais são encontrados em Bernardo (1989 apud VANZELA, 2004) são apresentados na Tabela 11. Em todas as propriedades, a água de irrigação proveniente das diferentes fontes de captação apresentou, em 100% das amostras analisadas, valores deste parâmetro classificados como de baixo risco a causar salinização no solo (tab. 11).

Na Figura 34 é apresentada a distribuição espacial e temporal do parâmetro condutividade elétrica da água de irrigação, em cada uma das 14 fontes de captação avaliadas, ao longo do período de nove meses de coleta.

Tabela 11 – Valores máximos, mínimos e médios do parâmetro condutividade elétrica na água de irrigação, em cada uma das 14 fontes de captação avaliadas, bem como a sua classificação quanto ao risco de causar salinização no solo, de acordo com os padrões estabelecidos pelo *United States Salinity Laboratory Staff*, os quais são encontrados em Bernardo (1989 apud VANZELA, 2004).

Propriedades	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			Potencial de Risco		
				Baixo	Moderado	Severo
	Máximo	Mínimo	Médio	(% das amostras)		
1	72,90	41,80	57,79	100,00	0,00	0,00
2	66,60	16,80	43,34	100,00	0,00	0,00
3	45,40	25,50	34,80	100,00	0,00	0,00
4	150,00	24,60	44,71	100,00	0,00	0,00
5	93,40	24,10	60,36	100,00	0,00	0,00
6	69,00	25,00	45,88	100,00	0,00	0,00
7	146,70	34,80	73,47	100,00	0,00	0,00
8	68,70	46,60	58,32	100,00	0,00	0,00
9	78,20	43,50	69,54	100,00	0,00	0,00
10	86,00	44,50	66,03	100,00	0,00	0,00
11	70,60	8,53	56,69	100,00	0,00	0,00
12	36,80	6,49	28,01	100,00	0,00	0,00
13	150,20	12,28	58,60	100,00	0,00	0,00
15	126,00	63,60	106,14	100,00	0,00	0,00

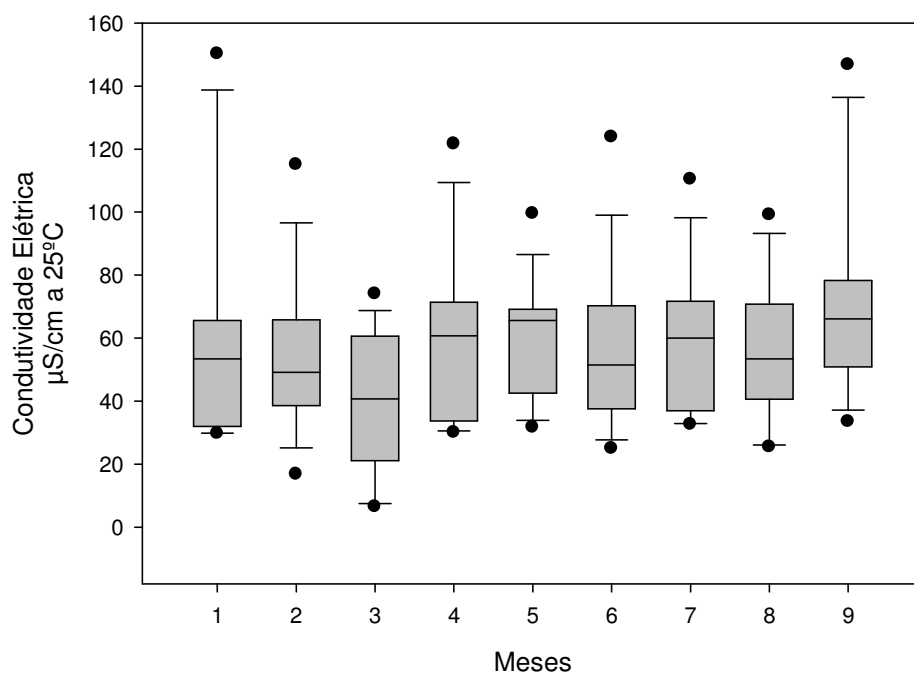


Figura 34 – Variabilidade espacial e temporal do parâmetro condutividade elétrica da água de irrigação em cada uma das 14 fontes de captação avaliadas, ao longo do período de nove meses de coleta.

Analisando a Figura 34, verifica-se que houve variabilidade dos valores da mediana, tanto temporal como espacial, deste parâmetro ao longo do período estudado, apresentando valores discrepantes em todos os meses de coleta. Os valores discrepantes superiores deste parâmetro na água de irrigação foram oriundos das fontes de captação de duas propriedades: no primeiro mês de coleta (Outubro de 2007), o valor discrepante foi obtido na Propriedade 13 e nos demais meses estes valores foram detectados na água de irrigação coletada na fonte de captação da Propriedade 15. As duas propriedades acima citadas apresentam características semelhantes de reservatório, classificado como fonte de captação do Tipo 3 (reservatórios artificiais construídos a partir de barramentos, utilizando a declividade natural do terreno, abastecidos por escoamento superficial). Dentro da área de contribuição do reservatório utilizado como fonte de captação de água para a irrigação na Propriedade 15 (Fig. 35), existe um estábulo utilizado para o pernoite de bovinos e que vem a contribuir na descarga de sólidos podendo estar diretamente relacionado aos valores mais elevados de condutividade

elétrica encontrados nesta fonte. Zamberlan (2007) comparou a qualidade da água proveniente de quatro açudes concluindo que a descarga de sólidos está diretamente relacionada a valores elevados de condutividade elétrica. Von Sperling (1996) citou que uma das fontes de incremento nos valores de condutividade elétrica pode estar relacionada à origem antrópica, devido o lançamento de esgotos não tratados, que podem contribuir com a carga de sólidos dissolvidos, que correspondem aos sais dissolvidos.



Figura 35 – Estábulo de bovinos em área de contribuição de reservatório utilizado como fonte de captação de água para irrigação na Propriedade 15. Turuçu, RS. 2008.

4.4.2.3. Ferro Total

O parâmetro químico ferro total foi avaliado na água de irrigação coletada nas fontes de captação, em cada uma das 14 propriedades, ao longo de 10 meses, abrangendo o período de Setembro de 2007 a Junho de 2008. Os valores máximos, mínimos e médios deste parâmetro, bem como o seu potencial de risco em causar danos ao sistema de irrigação, em cada uma das 14 propriedades envolvidas, de acordo com os padrões estabelecidos por Nakayama & Bucks (1986 apud VANZELA, 2004; ZAMBERLAN, 2007) são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Valores máximos, mínimos e médios do parâmetro ferro total na água de irrigação, bem como o seu potencial de risco em causar danos ao sistema de irrigação, em cada uma das 14 propriedades, de acordo com os padrões estabelecidos por Nakayama & Bucks (1986 apud VANZELA, 2004; ZAMBERLAN, 2007).

Propriedades	Ferro (mg/L)			Potencial de Risco		
				Baixo	Moderado	Severo
	Máximo	Mínimo	Médio	(% das amostras)		
1	2,30	0,70	1,64	0,00	40,00	60,00
2	10,00	0,20	3,08	0,00	70,00	30,00
3	2,20	0,30	1,13	0,00	90,00	10,00
4	14,00	0,30	2,44	0,00	60,00	40,00
5	1,30	0,40	0,83	0,00	100,00	0,00
6	3,30	0,10	0,95	20,00	60,00	20,00
7	5,80	0,10	1,84	10,00	50,00	40,00
8	3,40	0,10	1,34	10,00	60,00	30,00
9	8,30	0,10	2,66	10,00	30,00	60,00
10	15,00	0,30	4,24	0,00	50,00	50,00
11	2,20	0,10	0,74	10,00	80,00	10,00
12	5,30	0,10	3,09	10,00	0,00	90,00
13	1,80	0,10	0,87	10,00	80,00	10,00
15	2,10	0,20	0,98	0,00	80,00	20,00

Na Tabela 12 verifica-se que na maioria das amostras de água analisadas, a concentração de ferro total, foi classificada com potencial de risco moderado a causar danos no sistema de irrigação, sendo que nas Propriedades 1, 9 e 12, o percentual de amostras classificadas com potencial de risco severo ficou acima de 50%.

Os reservatórios das três propriedades que houve maior percentual de amostras com potencial de risco severo possuem características distintas, por

exemplo, o da Propriedade 1 (Fig. 30A) apresentava o entorno bem conservado o que pode descartar a alta concentração de ferro por erosão e sim pelo intemperismo de materiais de origem do reservatório pois, conforme cita Zamberlan (2007), as origens da concentração de ferro na água de reservatórios são provenientes da intemperização dos materiais de origem do reservatório, como solos e rochas, e do carregamento de materiais sólidos do entorno da bacia, em função das ações antrópicas decorrentes das atividades desenvolvidas na área de captação. Os outros dois reservatórios, onde a água apresentou altos valores de concentração de ferro, são classificados como Tipo 3 possuindo como fonte de recarga o escoamento superficial. Ambos os reservatórios apresentavam condições topográficas da área de captação no seu entorno favoráveis ao escoamento de água superficial na sua direção o que pode ter sido determinante para estas altas concentrações de ferro encontradas na água. Vanzela (2004) comenta sobre a precária conservação dos solos no meio rural, bem como os processos de erosão e assoreamento, como incremento considerável à quantidade de solo em contato com a água, resultando no aumento da concentração de ferro, tanto solúvel como em suspensão.

A Figura 36 apresenta a distribuição espacial e temporal da concentração do parâmetro ferro total na água de irrigação, em cada uma das 14 fontes de captação avaliadas, ao longo do período de dez meses de coleta.

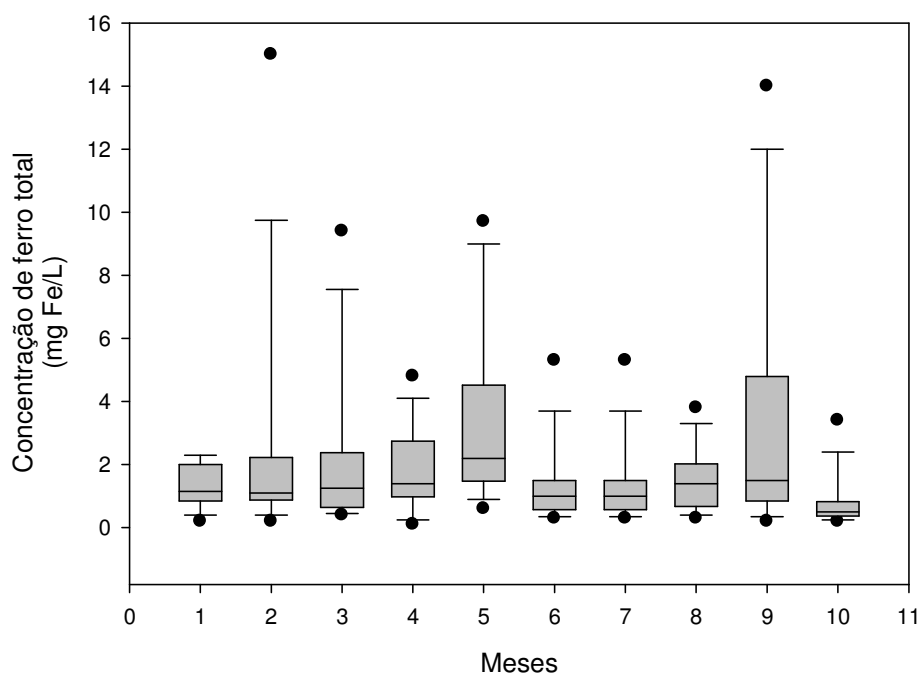


Figura 36 - Distribuição espacial e temporal da concentração de ferro total na água de irrigação ao longo do período de dez meses de coleta. 1: setembro/2007; 2: outubro/2007; 3: novembro/2007; 4: dezembro/2007; 5: janeiro/2008; 6: fevereiro/2008; 7: março/2008; 8: abril/2008; 9: maio/2008; 10: junho/2008.

A concentração de ferro total na água não apresentou um padrão definido de variabilidade espacial e temporal ao longo do tempo de coleta (Fig. 36), embora no segundo (Outubro de 2007) e no oitavo mês (Abril de 2008) o padrão temporal foi similar apresentando valores altamente discrepantes quando comparados aos demais. Quando comparada às distribuições espaciais e temporais dos parâmetros químicos pH (Fig. 31) e condutividade elétrica (Fig. 34), a amplitude de variabilidade dos valores de concentração de ferro total na água foi menor, entretanto, do ponto de vista de potencial de risco este parâmetro apresenta maior potencialidade em causar danos ao sistema de irrigação (tab. 12) quando comparado ao pH (tab. 10) e a condutividade elétrica (tab. 11).

No quinto mês de coleta (Janeiro de 2008), o valor discrepante obtido na concentração de ferro total na água (Fig. 36) pode estar relacionado às operações de preparo do solo para implantação da lavoura de fumo no entorno da fonte de captação na Propriedade 2 (Figs. 24 e 25), quando também foram

encontrados altos valores na concentração de sólidos em suspensão (Fig. 22) e dissolvidos (Fig. 26).

Nos meses de coleta 6, 7 e 9, os valores discrepantes superiores da concentração de ferro na água foram obtidos na Propriedade 12 (Fig. 27), coincidindo com os maiores volumes de precipitação nesta propriedade (Fig. 19).

4.4.2.4. Oxigênio Dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido foi avaliada na água de irrigação coletada nas fontes de captação, em cada uma das 14 propriedades, ao longo de 10 meses, abrangendo o período de Setembro de 2007 a Junho de 2008. A Tabela 13 apresenta os valores máximos, mínimos e médios de oxigênio dissolvido, bem como a classificação de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 13 – Valores máximos, mínimos e médios de oxigênio dissolvido na água de irrigação coletada nas fontes de captação, em cada uma das 14 propriedades e ao longo dos 10 meses, bem como a sua classificação de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

Propriedades	Oxigênio Dissolvido (mg/L)			Classificação	
				Adequado	Inadequado
	Máximo	Mínimo	Médio	(% das amostras)	
1	5,80	2,60	4,07	0	100
2	9,60	4,10	6,69	70	30
3	7,90	2,40	4,57	20	80
4	8,20	1,20	5,46	50	50
5	9,30	0,90	6,43	66,66	33,33
6	9,00	3,20	5,61	40	60
7	7,70	0,70	4,09	20	80
8	8,60	1,10	4,01	10	90
9	11,00	0,60	6,70	80	20
10	11,00	2,70	5,18	30	70
11	11,00	3,90	7,73	80	20
12	9,40	4,10	6,78	70	30
13	9,20	3,10	6,46	55,55	44,44
15	13,00	2,30	6,52	50	50

A concentração de oxigênio dissolvido na água de irrigação apresentou em seis propriedades (Propriedades 1, 3, 6, 7, 8 e 10) um percentual de mais de 50% das amostras classificadas como corpo hídrico inadequado à Classe 1, como proposto pela Resolução 357/2005 do CONAMA, em seis propriedades um percentual com mais de 50% das amostras de água de irrigação classificadas como corpo hídrico adequado (Propriedades 2, 5, 9, 11, 12 e 13) e em duas propriedades (Propriedades 4 e 15) o percentual de amostras foi de 50% com resultados considerados como adequado e 50% como inadequado. O comportamento dos valores de oxigênio dissolvido na água de irrigação da fonte de captação da Propriedade 2 (Figs. 24 e 25) não era esperado já que os valores de concentração de sólidos em suspensão determinados na água (tab. 6) foram elevados o que, segundo Esteves (1998 apud VANZELA, 2004), diminui a transparência da água inibindo a proliferação de algas que, pelo processo de fotossíntese, são as responsáveis pela liberação do oxigênio, ou seja, o comportamento oposto era esperado deste parâmetro.

A Figura 37 apresenta a distribuição espacial e temporal da concentração de oxigênio dissolvido na água de irrigação, em cada uma das 14 fontes de captação avaliadas, ao longo do período de dez meses de coleta.

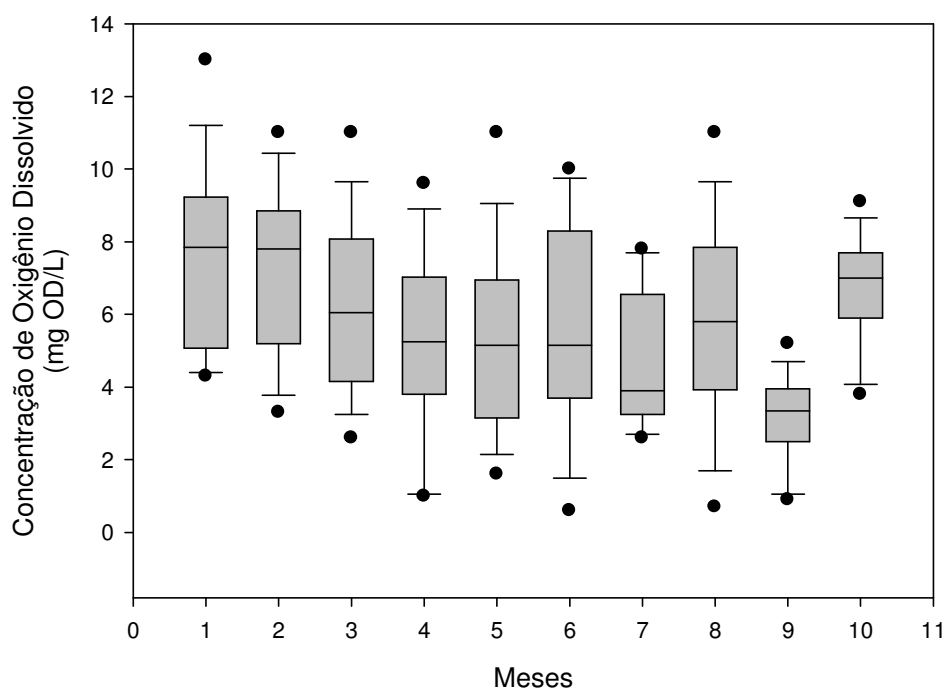


Figura 37 - Variabilidade espacial e temporal da concentração de oxigênio dissolvido na água de irrigação, em cada uma das 14 fontes de captação avaliadas, ao longo do período de dez meses de coleta.

A concentração de oxigênio dissolvido na água de irrigação apresentou uma variabilidade temporal e espacial com os valores da mediana praticamente iguais nos dois primeiros meses de coleta (Setembro e Outubro de 2007), decrescendo nos meses seguintes (Outubro para Novembro e Novembro para Dezembro de 2007), tornando-se estáveis do quarto ao sexto mês (Dezembro de 2007 a Fevereiro de 2008) e oscilando do sétimo ao décimo mês (Março a Junho de 2008), conforme pode ser observado na Figura 37. A variação da mediana dos valores de concentração de oxigênio dissolvido pode ter sido influenciada pela temperatura, pois, o seu decréscimo ocorreu durante os meses de Outubro a Dezembro de 2007, caracterizados por temperaturas elevadas na região, condição que, de acordo com Von Sperling (1996), pode reduzir a concentração de oxigênio dissolvido na água, pois, a solubilidade do oxigênio na água aumenta com a redução da temperatura.

A concentração de oxigênio dissolvido na água apresenta também uma variabilidade espacial bastante pronunciada visto que, em cada um dos meses de coleta, a amplitude interquartilica que representa a variabilidade espacial dos valores de oxigênio dissolvido é elevada quando comparada à amplitude dos valores de pH (Fig. 31), condutividade elétrica (Fig. 34) e ferro total na água (Fig. 36).

4.4.2.5. Dureza Total

O parâmetro dureza total da água de irrigação foi avaliado, em cada uma das 14 propriedades, ao longo do período de Setembro de 2007 a Junho de 2008. A Tabela 14 apresenta os valores máximos, mínimos e médios deste parâmetro, bem como a classificação quanto ao risco de causar danos no sistema de irrigação, de acordo com Nakayama & Bucks (1986 apud ZAMBERLAN, 2007). Em todos os meses de coleta e em todas as fontes de captação de água para irrigação nas 14 propriedades, os valores do parâmetro dureza total, conforme demonstra a Tabela 14, ficaram abaixo de $50\text{mgCaCO}_3/\text{L}$, o que classifica a água como mole, sendo, desta forma, considerada com potencial de risco baixo a causar danos no sistema de irrigação por gotejamento (NAKAYAMA & BUCKS, 1986 apud ZAMBERLAN, 2007).

Tabela 14 – Valores máximos, mínimos, médios do parâmetro dureza total encontrados na água de irrigação, em cada uma das propriedades e ao longo do período estudado, e a porcentagem de amostras classificadas quanto ao risco de danos no sistema de irrigação.

Propriedades	Dureza Total (mg/L)			Potencial de Risco		
				Baixo	Médio	Alto
	Máximo	Mínimo	Médio	(% das amostras)		
1	29,00	11,00	17,90	100	0	0
2	23,00	9,50	15,65	100	0	0
3	37,00	8,20	15,17	100	0	0
4	15,00	5,00	9,73	100	0	0
5	22,00	12,00	17,22	100	0	0
6	44,00	13,00	21,10	100	0	0
7	49,00	13,00	24,70	100	0	0
8	27,00	15,00	18,30	100	0	0
9	45,00	13,00	25,30	100	0	0
10	40,00	15,00	25,70	100	0	0
11	31,00	12,00	20,44	100	0	0
12	25,00	7,40	12,81	100	0	0
13	25,00	11,00	16,70	100	0	0
15	58,00	33,00	44,20	100	0	0

A distribuição espacial e temporal do parâmetro dureza total na água de irrigação, ao longo do período de Setembro de 2007 a Junho de 2008, é apresentada na Figura 38.

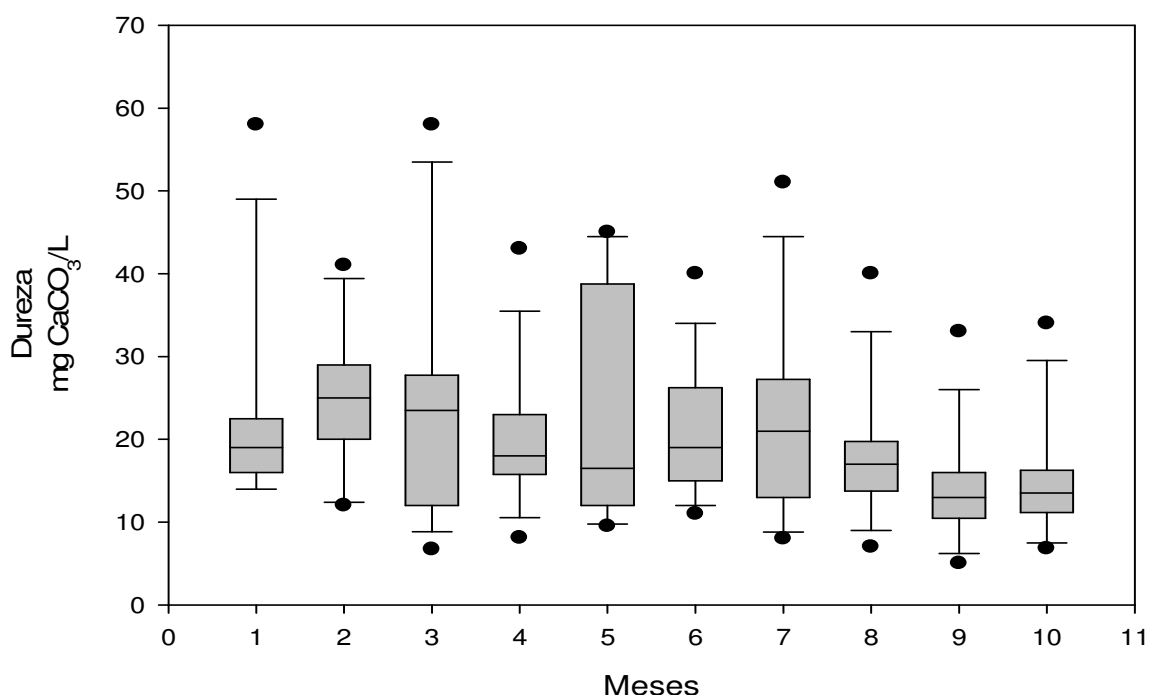


Figura 38 - Distribuição espacial e temporal do parâmetro dureza total na água de irrigação, ao longo do período de Setembro de 2007 a Junho de 2008.

O parâmetro químico dureza total, que corresponde à concentração de sais dissolvidos na água em especial os cátions cálcio e magnésio, está relacionado com a dissolução de minerais provenientes do solo que são oriundos das rochas que formam este solo. Analisando a Figura 38, verifica-se que os valores da mediana deste parâmetro oscilaram ao longo do período estudado, não apresentando uma tendência de comportamento. Em termos de variabilidade espacial em cada mês de coleta, a amplitude de variação dos dados foi menor quando comparada à amplitude de variação dos valores de concentração de oxigênio dissolvido (Fig. 37). Segundo Von Sperling (1996), a concentração de sólidos dissolvidos (Fig. 26) da qual fazem parte os sais dissolvidos está diretamente relacionada ao comportamento deste parâmetro, fato este que não foi observado neste estudo.

4.4.3. Parâmetros Microbiológicos

A presença ou ausência de coliformes totais e fecais na água de irrigação foi analisada ao longo do período deste estudo nas 14 propriedades, com o objetivo de avaliar o possível risco de contaminação do morango por organismos patogênicos.

A irrigação de frutas que nascem rentes ao solo e são consumidas cruas, sem remoção de película exige um elevado padrão de qualidade da água a ser usada, conforme a Resolução CONAMA 357/2005, porém, Mattos (2003), descreveu que a aplicação da água diretamente sobre o sistema radicular diminui a contaminação de folhas e frutos, caracterizando a irrigação localizada por gotejamento como um dos métodos mais seguros, quando o objetivo é evitar a contaminação de produtos agrícolas por organismos patogênicos de veiculação hídrica.

Os sistemas instalados de irrigação por gotejamento em todas as 14 propriedades seguem o mesmo padrão quanto ao projeto de dimensionamento, com poucas diferenças entre eles principalmente no que tange a presença ou não do sistema de filtragem, a aplicação ou não de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação) e, também, pelo fato de que em quatro propriedades a água captada na fonte não era aplicada diretamente na lavoura, mas sim armazenada em uma caixa d'água. Todas as lavouras apresentavam cobertura plástica sobre o solo (Fig. 39), o que dificultava o contato da água de irrigação com as folhas e os frutos do morangueiro. Em função disto, optou-se por não quantificar o parâmetro coliforme neste estudo.



Figura 39 – Lavoura de morango destacando a presença da cobertura plástica sobre o solo em uma das propriedades envolvidas no projeto. Turuçu, RS. 2008.

A Tabela 15 apresenta o percentual das amostras de água de irrigação coletadas nas fontes de captação, em que foi detectada a presença de coliformes totais e fecais, nas diferentes propriedades e ao longo do período de estudo.

Tabela 15 - Percentual das amostras de água de irrigação coletadas na fontes de captação, em que foi detectada a presença de coliformes totais e fecais, nas diferentes propriedades e ao longo do período de estudo.

Propriedades	Coliformes			
	Totais		Fecais	
	Presença	Ausência	Presença	Ausência
	(% das amostras)		(% das amostras)	
1	100		90	10
2	100		100	
3	100		100	
4	100		100	
5	90	10	90	10
6	100		100	
7	100		100	
8	100		100	
9	100		100	
10	100		100	
11	100		100	
12	100		100	
13	80	20	80	20
15	90	10	90	10

Analisando a Tabela 15, verifica-se que não foi detectada a presença de coliformes totais em 10%, 20% e 10% das amostras de água coletadas nas fontes de captação das Propriedades 5, 13 e 15, respectivamente. Este fato não condiz com o esperado já que as bactérias do grupo coliformes têm sido isoladas de amostras de água e solos, sendo, desta forma, dificilmente não

detectada a sua presença em águas provenientes de fontes de captação superficiais. Já as bactérias do grupo coliformes fecais são indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente. Em todas as propriedades foi observada a presença de animais (vacas, cavalos, porcos, cachorros, dentre outros) no entorno das fontes de captação justificando, desta forma, os percentuais elevados de coliformes fecais detectados nas amostras de água analisadas (tab. 15).

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho é possível concluir que:

- a água para irrigação é captada em um corpo de água corrente, sendo que nas demais propriedades a água é captada em reservatórios artificiais;
- seis fontes de captação de água foram caracterizadas como Tipo 1, cinco fontes como Tipo 2, três fontes como Tipo 3 e uma fonte como Tipo 4;
- há ausência de projetos ou qualquer tipo de orientação técnica na localização do ponto de captação de água e na construção dos reservatórios em todas as propriedades envolvidas neste estudo;
- o parâmetro concentração de sólidos dissolvidos apresentou a maior amplitude de variabilidade espacial e temporal ao longo do período estudado, seguido pelos parâmetros concentração de sólidos em suspensão e turbidez;
- a concentração de sólidos em suspensão apresentou um maior percentual de amostras de água com potencial de risco classificado como moderado e severo;
- a turbidez na água de irrigação foi classificada como inadequada em mais de 50% das amostras analisadas em três propriedades sendo que em seis propriedades, 100% das amostras de água analisadas foram classificadas como adequadas;
- o parâmetro oxigênio dissolvido apresentou a maior amplitude de variabilidade espacial e temporal ao longo do período estudado, seguido pelos parâmetros condutividade elétrica, dureza, pH e concentração de ferro total;
- a concentração de ferro total apresentou um maior percentual de amostras de água com potencial de risco classificado como moderado e severo;
- a concentração de oxigênio dissolvido apresentou um percentual de mais de 50% das amostras classificadas como inadequadas em seis propriedades, um percentual com mais de 50% das amostras de água classificadas como adequadas em seis propriedades e um percentual de 50% com amostras consideradas adequadas e 50% inadequadas em duas propriedades;

- o parâmetro pH apresentou potencial de risco baixo em causar danos ao sistema de irrigação por gotejamento na maioria das amostras de água analisadas ao longo do período estudado;
- os parâmetros condutividade elétrica e dureza total apresentaram baixo potencial de risco em todas as amostras analisadas ao longo do período estudado;
- houve ausência tanto de coliformes totais como fecais em 10%, 20% e 10% das amostras de água analisadas nas fontes de captação em três propriedades.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS

- Quanto à variabilidade espacial e temporal dos parâmetros de qualidade da água de irrigação, verificou-se que os químicos apresentaram maior amplitude de variabilidade tanto temporal como espacial quando comparados à variabilidade dos parâmetros físicos dentro do período estudado.

- A fonte de captação de água localizada na Propriedade 2 merece um tratamento especial em futuros estudos que envolvam sua qualidade, visto que apresentou altas concentrações de sólidos em suspensão, de sólidos dissolvidos e de turbidez, o que resultou em valores destes parâmetros na água usada para irrigação acima dos encontrados nas fontes das demais propriedades.

- A concentração de ferro total na água usada para irrigação apresentou o maior potencial de risco em causar danos no sistema de irrigação do que os demais parâmetros analisados, sendo seus valores encontrados muito acima dos limites estabelecidos para a concentração deste parâmetro ser considerada com potencial de risco severo, necessitando futuras avaliações deste parâmetro no que tange as suas possíveis origens que, por exemplo, podem estar relacionadas com os tipos de solos da região abrangida neste estudo.

- Os resultados obtidos indicaram que futuros estudos deverão ser conduzidos no sentido de avaliar a correlação entre os parâmetros químicos pH e condutividade elétrica com o tipo de fonte de captação de água e entre os parâmetros físicos e o manejo no entorno das fontes de captação.

7. REFERÊNCIAS

- AIROLDI, Rogério Pereira da Silva. **Análise do desempenho de gotejadores e da prevenção do entupimento em irrigação com água residuária**. 2007. 140 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ASCAR – EMATER - Empresa de Assistência Técnica Rural. **Leitura da paisagem de Tururuçu**. Tururuçu: ASCAR-EMATER, 2001. 25p.
- AYERS, Robert S.; WESTCOT, Dennis W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução: GHEYI, Hans Raj; MEDEIROS, José Francismar; DAMASCENO, Francisco Ademilton Vieira. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. Revisado 1).
- BERNARDO, Salassier; SOARES, Antônio Alves; MANTOVANI, Everardo Chartuni. **Manual de Irrigação**. Viçosa: UFV, 2006. 625.
- BERTOL, Oromar João. **Contaminação da água de escoamento superficial e da água percolada pelo efeito de adubação mineral e adubação orgânica em sistema de semeadura direta**. 2005. 209p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba
- BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João Gilberto Lotufo. **Introdução a engenharia ambiental**. 2. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 336p.
- BRASIL. Resolução CONAMA n.º 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html> acesso em 28 fev. 2008.
- BRASIL. Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu

enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> acesso em 28 fev. 2008.

CARVALHO, Newton de Oliveira. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.

CARVALHO, Sérgio Pereira coord.. **Boletim do morango: Cultivo convencional, segurança alimentar e cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. 160p.

CLESCERI, Lenore Stanke; GREENBERG, Arnold E.; EATON, Andrew D. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 20. Ed. Washington, DC: American public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 1998. 1220p.

CNM – Confederação Nacional de Municípios. Indicadores: Dados Gerais. Disponível em: http://www.cnm.org.br/dado_geral/mumain.asp?iDMUN=100143441. Acesso em: 12 abr. 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002**. São Paulo: CETESB, 2003. 264p.

COSTA, Patrícia da et al. **A Água e as Florestas Ribeirinhas**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2005. 17p. (Embrapa Roraima. Documentos, 6).

COSTA, Marcus Antônio Gonçalves; COSTA, Ervandi Correa. **Poluição Ambiental: Heranças para gerações futuras**. Santa Maria: Orium, 2004. 256p.

CORDEIRO, Élio de Almeida. **Influência do tratamento de água ferruginosa no desempenho de sistema de irrigação por gotejamento**. 2002. 92p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FAMURS – Federação das Associações de Municípios do Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.portalmunicipal.org.br/entidades/famurs/dado_geral/mumain.asp. Acesso em: 20 jun. 2008.

FIORAVANTE, Celso Daniel et al. Diagnóstico da qualidade da água para a irrigação do córrego Três Barras no município de Marinópolis – SP. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., São Pedro. **Anais do...** São Pedro: SBEA, 2004.

FRAVET, Ana Maria Morato Fávero de; CRUZ, Raimundo Leite. Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu – SP. **Irriga**, v.12, n.2, p. 144-155, 2007.

FRANCO, Renato Alberto Momesso; HERNANDEZ, Fernando Braz Tangerino; VANZELA, Luiz Sergio. Utilização dos parâmetros coliformes totais e fecais e oxigênio dissolvido na avaliação da qualidade de água para irrigação na microbacia do Córrego Três Barras, Marinópolis, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais do...** Bonito: SBEA, 2007.

GOMES, Necival Santos; SILVA, George Aguiar da; PESSÔA NETO, Astério Ribeiro. Estudo de parâmetros químicos nas águas do rio Imbassaí no trecho do município de Dias D'Ávila – BA. **Candombá**, v.3, n.1, p.1-14, janeiro – junho 2007.

HERNANDEZ, Fernando Braz Tangerino et al. Qualidade de água em um sistema irrigado no noroeste paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais do...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeto RADAMBRASIL: **Levantamento dos recursos naturais** v. 33. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 20 abr. 2006.

LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck et al. **O Uso da Irrigação no Brasil**. Disponível em: <http://www.cf.org.br/cf2004/irrigação.doc>. Acesso em: 24 de jun. de 2007.

MAÑAS, Francisco Martín de Santa Olalla; FUSTER, Prudencio Lopez; BELMONTE, Alfonso Calera. **Agua y Agronomía**. Madrid: Mundi-Prensa, 2005. 606p.

MANTOVANI, Everardo, Chartuni; BERNARDO, Salassier; PALARETTI, Luiz Fabiano. **Irrigação Princípios e Métodos**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 318p.

MATTOS, Karen Maria da Costa. **Viabilidade da irrigação com água contaminada por esgoto doméstico na produção hortícola**. 2003. 168p.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MAURO, Fernando. **Vazão e qualidade da água em manancial degradado do Cinturão Verde de Ilha Solteira - SP**. 2003. 95p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

MOTA, Suetônio. **Preservação e conservação dos recursos hídricos**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 187p.

NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; HELLER, Léo. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 36 – 48, 2005.

OLITTA, Antonio Fernando Lordelo. **Os métodos de irrigação**. São Paulo: Nobel, 1984. 267p.

PIRES, Regina Célia de Matos et al. Desenvolvimento vegetativo e produtividade do morangueiro irrigado, com coberturas de solo em diferentes ambientes de cultivo. **Scientia Agricola**. vol.63, n.5, 417-425, 2006.

PHILIP JUNIOR, Arlindo; ROMERO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004. 1045p.

QUIRINO, Tarcizio Rego et al. **Impacto Agroambiental**. Perspectivas, Problemas e Prioridades. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 184p.

RESENDE, Ronaldo Souza et al. Ocorrência de entupimento de origem biológica em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.156-160, 2001.

RIBEIRO, Túlio Assunção Pires et al. Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.3, p. 295-301, 2005.

RODRIGUES, Geraldo Stachetti et al. **Diagnóstico Ambiental das Fontes Pontuais de Poluição das Águas nas Bacias Hidrográficas do Norte de Minas e do Submédio São Francisco**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004. 42p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 23).

SANTOS, Alverides Machado; MEDEIROS, Antônio Roberto Marchese; WREGGE, Marcos Silveira. **Sistemas de Produção do Morango**. Embrapa Clima Temperado. Pelotas,RS. 2003. Disponível em:

(<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/>) Acesso em: 04 de jul. de 2007.

SCATOLINI, Marcos Eduardo; PATERNIANI, José Euclides. Remoção de sólidos suspensos na água de irrigação utilizando mantas sintéticas não tecidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.3, p.382-385, 2001.

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Relatório Anual sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEMA, 2007. 71p.

SETTI, Armando Augusto et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ANAEE; ANA, 2001. 328p.

SILVA, Alexandre Marco da; SCHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa de. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima, 2003. 140p.

SILVEIRA, Geraldo Lopes da; CRUZ, Jussara Cabral. **Seleção Ambiental de Barragens: Análise de Favorabilidades Ambientais em Escala de Bacia Hidrográfica**. Santa Maria: Editora UFSM, 2005. 387p.

TAGLIANI, Carlos Roney Armanini. **A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado**. 2002. 252p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Programa de pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TAGLIANI, Carlos Roney Armanini (coord.). **Plano Ambiental de Turuçu**. Rio Grande: Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), 2007. 113p.

TESTEZLAF, Roberto et al. Análise do Potencial de Entupimento em Gotejadores Através da Avaliação da Qualidade de Água de Irrigação. **Revista Irriga**, v.6, n.1, p. 53 – 62, 2001.

TESTEZLAF, Roberto; MATSURA, Edson Eiji; CARDOSO, João Luiz. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. ABIMAQ/UNICAMP, 2002. 45p.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2003. 248p.

VANZELA, Luiz Sergio et al. Caracterização da microbacia do Cinturão Verde de Ilha Solteira – SP para fins de irrigação. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais do...** Goiânia: SBEA, 2003.

VANZELA, Luiz Sergio. **Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP.** 2004. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

VIEIRA, Gustavo Haddad Souza et al. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p. 1-6, 2004.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p.

ZAMBERLAN, João Fernando. **Caracterização de águas de reservatórios superficiais para uso em microirrigação.** 2007. 88p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.