

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**RESÍDUOS DE AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES:
IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA E
TRATAMENTO COM TÉCNICAS SIMPLIFICADAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

André Carlos Cruz Copetti

Santa Maria, RS, Brasil

2010

**RESÍDUOS DE AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES:
IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA E TRATAMENTO
COM TÉCNICAS SIMPLIFICADAS**

por

André Carlos Cruz Copetti

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de concentração em Processos Químicos e Ciclagem de Elementos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência do Solo**

Orientador: Professor Danilo Rheinheimer dos Santos

Santa Maria, RS, Brasil

2010

C782r

Copetti, André Carlos Cruz, 1977-

Resíduos de agroindústrias familiares: impactos na qualidade da água e tratamento com técnicas simplificadas / André Carlos Cruz Copetti. – Santa Maria, 2010. 139 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, 2010.

“Orientador: Prof. Danilo Rheinheimer dos Santos”

1. Ciência do solo 2. Resíduos agroindustriais 3. Agricultura familiar 4. Contaminação ambiental 5. Estação de tratamento de resíduos I. Santos, Danilo Rheinheimer dos II. Título III. Título: Impactos na qualidade da água e tratamento com técnicas simplificadas

CDU: 631.6.02

Ficha catalográfica elaborada por
Patrícia da Rosa Corrêa – CRB 10/1652
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

© 2010

Todos os direitos autorais reservados a André Carlos Cruz Copetti. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua Erly de Almeida Lima, nº 195, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97105-120 Fone (055) 9616-5339; End. Eletr: copettiusm@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo**

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

**RESÍDUOS DE AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES:
IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA E TRATAMENTO COM
TÉCNICAS SIMPLIFICADAS**

Elaborada por
André Carlos Cruz Copetti

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência do Solo

COMISSÃO EXAMINADORA:

Danilo Rheinheimer dos Santos, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Celso Silva Gonçalves, Dr. (IFF)

Jean Paolo Gomes Minella, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 26 de fevereiro de 2010.

Às pessoas fundamentais na minha caminhada:

Meus pais, **Dirceu e Odila**
Minha amada e amiga **Betania**
Meu orientador e amigo, **Danilo**

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

Á Deus, pela oportunidade de vida.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do Edital Universal 2007, pelo auxílio financeiro para execução do projeto no qual estava incluído a minha dissertação de mestrado.

À minha família, pelo apoio e confiança, principalmente aos meus pais, Dirceu e Odila, que souberam entender a distância e minha ausência, e que sempre apostaram junto comigo nos meus sonhos.

À minha noiva Betania, pelo companheirismo, amizade, amor e compreensão, em todos os momentos da vida e da carreira acadêmica nos últimos sete anos.

Ao meu orientador e grande amigo, professor Danilo pelos preciosos ensinamentos, oportunidades, apoio e amizade durante a realização deste curso e de muitos outros trabalhos, exemplo de honestidade, dedicação e humanismo.

Ao professor João Kaminski pelos ensinamentos, confiança e amizade durante a realização deste e de outros trabalhos.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de convívio e pelos ensinamentos.

Ao meu grande amigo e colega do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, João Pellegrini, pelos conselhos, parceria e oportunidade de desenvolver partes de suas próprias idéias de projeto de pesquisa.

Ao professor Paulo Roberto Cardoso da Silveira, pelo apoio e ensinamento dado durante a execução do projeto.

Agradecimento em especial aos proprietários das agroindústrias da Rede da Casa, pelas informações, espaço para implantação das estações de tratamento de resíduos, empenho na manutenção e principalmente por acreditar na proposta apresentada pelo grupo e abrir espaço para o estudo.

Aos funcionários do Departamento de Solos, principalmente ao Alex Giuliani, pelo auxílio na realização de trabalhos de campo, sendo o braço direito nas coletas

de amostras, e amizade, nunca esquecendo a frase: *...o Copétti está te esperando lá em baixo...*

Agradecimento especial, aos alunos dos Cursos de Graduação e pós-graduação: Alexandre, Caciara, Cela, Fábio, Gilmar, Iana, Mallmann, Reis, Renan, Rosana, Solano, Tales, Valmi e Viviane, pela colaboração fundamental na realização do trabalho de campo e laboratório, pela disponibilidade e amizade.

Aos companheiros da Extensão: Aline, Cícero, Tanise e Ezequiel.

Aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pelo companheirismo, pelos bons momentos de estudos, discussões, pelo coleguismo e amizade.

Ao amigo Johnson pela oportunidade de perceber diretamente a importância da língua inglesa, e pelas curtas conversas, mas que me forçaram a desenvolver um pouco da conversação em inglês.

Enfim, a todos que estiveram presentes direta ou indiretamente nesta fase da minha vida e que contribuíram para a realização deste trabalho:

Muito Obrigado!

***“Os que desprezam os pequenos
acontecimentos, nunca farão
grandes descobertas”
(Augusto Cury).***

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria

RESÍDUOS DE AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES: IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA E TRATAMENTO COM TÉCNICAS SIMPLIFICADAS

AUTOR: ANDRÉ CARLOS CRUZ COPETTI

ORIENTADOR: Professor Dr. Danilo Rheinheimer dos Santos
Local e Data da Defesa: Santa Maria, 26 de fevereiro de 2010.

As atividades antrópicas têm alterado a qualidade ambiental principalmente no que se refere aos mananciais de água. As atividades agroindustriais em escala de pequeno porte podem representar potencial poluidor diferentes daquelas das demais atividades agrícolas, e, portanto, há necessidade de propor alternativas para minimizar seus impactos. Este trabalho tem como objetivos: (a) avaliar qualitativa e quantitativamente os resíduos sólidos e líquidos de agroindústrias familiares de pequeno porte; (b) caracterizar as agroindústrias quanto aos tipos de resíduos e o potencial poluidor; (c) avaliar os impactos das agroindústrias na qualidade das águas superficiais; e (d) avaliar a eficiência de sistema simplificado de tratamento de resíduo líquido. O trabalho foi realizado nas agroindústrias integrantes do grupo "Rede da Casa" da Região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul. A dissertação de mestrado foi organizada em três estudos: o primeiro estudo abordou a caracterização das agroindústrias familiares; o segundo avaliou o impacto das atividades agroindustriais na qualidade de água de quatro córregos; e o terceiro abordou o tratamento de resíduos de abatedouro de aves, de produção de queijos e de vinhos e sucos. Os cursos de água são contaminados ao longo do percurso dentro da propriedade por diferentes fontes de contaminação. A agroindústria é apenas mais uma atividade que pode contribuir para a má qualidade ambiental. Há produção de resíduos orgânicos nas agroindústrias familiares de pequeno porte, tanto na forma líquida ou sólida, e esses apresentam baixos impactos negativos se lançados diretamente no ambiente. As estações de tratamento por zona de raízes são eficientes na remoção da carga orgânica e de contaminantes biológicos, mas devem ser feitas manutenções constantes e, para alguns tipos de resíduos, é fundamental a presença de tanques de deposição e flutuação e tanques de filtração física.

Palavras-chave: resíduos agroindustriais; agricultura familiar; contaminação ambiental; estação de tratamento de resíduos.

ABSTRACT

Master thesis
Pos-Graduation Program in
Federal University of Santa Maria

WASTE OF AGRO-INDUSTRY FAMILY: IMPACT ON WATER QUALITY AND TREATMENT WITH TECHNIQUES SIMPLIFIED

AUTHOR: ANDRÉ CARLOS CRUZ COPETTI

ADVISER: Professor Dr. Danilo Rheinheimer dos Santos

Place and Date of the defense: Santa Maria, 26th February, 2010.

Human activities have altered the environmental quality especially with regard to water sources. The agro-industry activity in small scale may represent a potential pollutant different from those of other agricultural activities, and, therefore, there is the need to search alternatives to minimize its impacts. This work aims to: (a) assess the quality and quantity of waste solid and liquid Small Scale Agro-industry Family (b) characterize the Small Scale Agro-industry Family in the types of waste and pollution potential, (c) assess the impacts of Small Scale Agro-industry Family in the quality of surface water, and (d) evaluate the efficiency of a simplified treatment of liquid waste. The study was conducted in agricultural members of the group "Rede da Casa; Network Home" of the Fourth Region of the Colony of Italian immigration of Rio Grande do Sul. The thesis was divided into three studies: the first study addressed the characterization of family agro-industry of small scale, the second assessed the impact of agricultural practices on water quality of four streams, and the third addressed the treatment of poultry slaughter waste, production of cheeses, and wines and juices. The waterways are contaminated along the way within the property by different sources of contamination. The Small Scale Agro-industry Family is just one activity that can contribute to poor environmental quality. There is production of organic residues in Small Scale Agro-industry Family, both in liquid and solid form. These have low negative impacts released directly into the environment. The root zones of plants are efficient in the removal of organic and biological contaminants, but constant maintenance must be made. For some types of waste, it is essential to have flotation and deposition tanks and physical filtration tank.

Key words: agro-industry activity; environmental contamination; wetlands; agro-industry wastes.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Valores anuais de produção de resíduos sólidos em cada agroindústria, e o somatório produzido em todas as agroindústrias familiares de pequeno porte pertencentes ao grupo Rede da Casa da Região da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.....	49
TABELA 2 – Valores diários e anuais de produção de resíduos líquidos em cada agroindústria e o total produzido em todas as agroindústrias familiares de pequeno porte pertencentes ao grupo Rede da Casa da Região da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.....	51
TABELA 3 – Composição nutricional dos principais resíduos sólidos gerados no processamento de alimentos de origem vegetal e animal nas agroindústrias familiares de pequeno porte do grupo Rede da Casa da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.	53
TABELA 4 – Quantificação de nutrientes nos resíduos sólidos gerados em um ano de atividade nas agroindústrias familiares de pequeno porte do grupo Rede da Casa da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.....	53
TABELA 5 – Composição química, física e microbiológica dos principais resíduos líquidos gerados no processamento de alimentos de origem vegetal e animal nas agroindústrias familiares de pequeno porte do grupo Rede da Casa da Quarta Colônia - Rio Grande do Sul.....	56
TABELA 6 – Quantidades de nitrogênio mineral, fósforo, potássio e carbono anuais contidas nos resíduos líquidos das cinco maiores agroindústrias familiares de pequeno porte do grupo Rede da Casa da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.....	59
TABELA 7 – Quantificação do volume de água pura necessário para diluir um litro de resíduo líquido para enquadrar na qualidade de águas da classe I do CONAMA.....	60
TABELA 8 – Dados do relevo e posição altimétrica dos pontos de coleta nos córregos avaliados, referentes às agroindústrias.....	69
TABELA 9 – Valores dos parâmetros microbiológicos analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na	94

	agroindústria Abatedouro de Aves.....	
TABELA 10 –	Valores dos parâmetros químicos e indicadores de matéria orgânica no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria Abatedouro de Aves.....	95
TABELA 11 –	Valores dos parâmetros químicos e físicos analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria Abatedouro de Aves.....	96
TABELA 12 –	Valores em NMP 100ml ⁻¹ de Coliformes totais e coliformes fecais no resíduo não tratado e tratado, e valores em porcentagem da remoção pelo tratamento na agroindústria produtora de vinhos e sucos.....	100
TABELA 13 –	Valores dos parâmetros analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria produtora de vinhos e sucos.....	101
TABELA 14 –	Valores dos parâmetros químicos e indicadores de matéria orgânica analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria produtora de vinhos e sucos.....	102
TABELA 15 –	Composição nutricional da maravalha usada no pré-tratamento dos resíduos derivados da produção de queijo na agroindústria Parlacto.....	103
TABELA 16 –	Valores em NMP 100 ml ⁻¹ de Coliformes totais e coliformes fecais do resíduo não tratado, pré-tratado e tratado, e valores em porcentagem da remoção pelo pré-tratamento com maravalha e pelo tratamento pela zona de raízes, na agroindústria Parlacto produtora de queijo.....	105
TABELA 17 –	Valores dos parâmetros químicos e indicadores de matéria orgânica analisados no resíduo não tratado, pré-tratado e tratado, e valores em porcentagem da remoção pelo pré-tratamento com maravalha e pelo tratamento pela zona de raízes, na agroindústria Parlacto produtora de queijo.....	108
TABELA 18 –	Valores dos parâmetros químicos e físicos analisados no resíduo não tratado, pré-tratado e tratado, e valores em porcentagem da remoção pelo pré-tratamento com maravalha e pelo tratamento pela zona de raízes, na agroindústria Parlacto produtora de queijo.....	109
TABELA 19 –	Valores dos parâmetros químicos e físicos complementares analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria produtora de queijos.....	111

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Localização das quinze agroindústrias familiares de pequeno porte distribuídas na região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul.....	35
FIGURA 2 – Agrupamento quanto às atividades das agroindústrias familiares de pequeno porte da Rede da Casa, na Região da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.....	43
FIGURA 3 – Agrupamento quanto aos tipos de resíduos gerados no processamento de produtos de origem animal e vegetal nas agroindústrias familiares de pequeno porte da Rede da Casa, na Região da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.....	47
FIGURA 4 – Localização dos córregos: frigorífico (A), licores (B), vinhos (C) e abatedouro de aves (D).....	68
FIGURA 5 – Valores médios dos parâmetros de qualidade de água coletada nos pontos: nascente, antes do lançamento de resíduos pela agroindústria e depois do lançamento de resíduos pelas agroindústrias Simonetti (Córrego vinhos), Sabor do Vale (Córrego licores), abatedouro de Aves (Córrego abatedouro de aves) e Irmãos Giacomini (Córrego frigorífico). Os valores de coliformes totais e fecais estão expressos em NMP ml-1, e não NMP 100ml-1 para melhorar ajuste de escala; a coluna de gráficos da esquerda representa os principais parâmetros para avaliação da interferência das diferentes atividades na qualidade da água dos córregos. A coluna de gráficos à direita mostra apenas os demais parâmetros que tiveram alteração significativa em um dos pontos em relação aos outros.....	77
FIGURA 6 – Médias de oxigênio dissolvido na água coletada nos córregos nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria, e níveis das diferentes classes de águas doces estabelecidas pela Resolução do CONAMA nº 357 de 2005; médias de demanda biológica e química da água nos córregos.....	78
FIGURA 7 – Tanques construídos para estudo (7A e 7B), e das lagoas usadas pelo proprietário atualmente (7C e 7D) na agroindústria Parlacto produtora de queijo.....	87
FIGURA 8 – Tratamento de resíduo líquido na agroindústria Abatedouro de Aves.....	88
FIGURA 9 – Tratamento de resíduo líquido na agroindústria produtora de vinhos e sucos.....	89

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste T de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade da água no córrego vinhos nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Simonetti.....	127
APÊNDICE B – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste t de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade da água do córrego licores nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Sabor do vale.....	129
APÊNDICE C – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste t de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade da água no córrego abatedouro de aves nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Abatedouro de Aves.....	132
APÊNDICE D – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste t de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade do córrego frigorífico nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Irmãos Giacomini.....	134
APÊNDICE E – Esquema ilustrativo da estrutura de tratamento de resíduos de agroindústria de laticínios. Ponto 1 – Agroindústria; Ponto 2 – tanque de decantação e deposição; Ponto 3 – tanque de retenção de gordura; Ponto 4 – caixa de distribuição; Ponto 5 – tanque de tratamento por zona de raízes.....	137
APÊNDICE F – Etapas para construção do tanque de tratamento por zona de raízes.....	137
APÊNDICE G – Perfil do tanque de tratamento por zona de raízes, mostrando detalhes da tubulação de distribuição e drenagem do resíduo, além da espessura da camada de areia e brita e distribuição das raízes.....	138

APÊNDICE H – Valores dos parâmetros analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria Abatedouro de Aves....	139
APÊNDICE I – Valores dos parâmetros analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria produtora de vinhos e sucos.....	140

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL.....	19
2.2 QUALIDADE DA ÁGUA NO MEIO RURAL E FONTES DE CONTAMINAÇÃO.....	21
2.3 TRATAMENTOS E USOS DE RESÍDUOS DE AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES DE PEQUENO PORTE.....	23
3. OBJETIVOS	26
3.1 OBJETIVO GERAL	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
4. ESTRATÉGIAS DE ESTUDO	27
5. ESTUDO I: CARACTERIZAÇÃO DAS AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES DE PEQUENO PORTE DA REGIÃO DA QUARTA COLÔNIA DE IMIGRAÇÃO ITALIANA DO RIO GRANDE DO SUL	29
5.1 RESUMO	29
5.2 INTRODUÇÃO	30
5.3 OBJETIVOS	33
5.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
5.4.1 Localização.....	33
5.4.2 Levantamento de dados para caracterização das agroindústrias familiares de pequeno porte quanto aos tipos de resíduos	35
5.4.3 Coleta e análises de resíduos gerados por algumas agroindústrias familiares de pequeno porte	37
5.4.3.1 Coletas de resíduos sólidos e líquidos.....	37
5.4.3.2 Análises físico-químicas dos resíduos sólidos.....	37
5.4.3.3 Análise microbiológica e físico-química dos resíduos líquidos	38
5.4.3.4 Análises comparativas	40
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.5.1 Caracterização das agroindústrias familiares de pequeno porte quanto aos tipos de resíduos	44
5.5.2 Caracterização das agroindústrias familiares de pequeno porte quanto ao potencial poluidor.....	47
5.6 CONCLUSÕES.....	60
6. ESTUDO II: IMPACTO DAS AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES DE PEQUENO PORTE NA QUALIDADE DA ÁGUA DOS CÓRREGOS	61
6.1 RESUMO	61
6.2 INTRODUÇÃO	62
6.3 OBJETIVOS	64
6.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	65
6.4.1 Localização.....	65
6.4.2 Escolha e descrição dos pontos de coletas	65
6.4.3 Caracterização física e morfológica do relevo e córrego	65

6.4.4 Análises microbiológicas	68
6.4.5 Análises físico-químicas	69
6.4.6 Análises estatísticas.....	69
6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
6.6 CONCLUSÃO	78
7. ESTUDO III: TRATAMENTO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS DE AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES DE PEQUENO PORTE POR MEIO DE ZONA DE RAÍZES	80
7.1 RESUMO	80
7.2 INTRODUÇÃO	81
7.3 OBJETIVOS	83
7.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	83
7.4.1 Localização.....	83
7.4.2 Construção da estação de tratamento por zona de raízes	84
7.4.3 Coleta de amostras de resíduos líquidos tratados e não tratados	88
7.4.4 Análises físico-químicas e microbiológicas	89
7.4.5 Análises dos dados.....	89
7.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	90
7.5.1 Resíduos líquidos de abatedouro de aves	90
7.5.2 Resíduos líquidos da produção de vinhos e sucos	97
7.5.3 Resíduos líquidos de produção de queijos	102
7.6 CONCLUSÕES.....	113
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
APÊNDICES.....	125

1. Introdução

O Brasil está numa posição destacada no contexto mundial, quanto às estratégias de sustentabilidade econômica e ambiental, uma vez que ainda é um dos países emergentes com as maiores áreas de florestas naturais preservadas do planeta. A grande discussão entre os países desenvolvidos e os emergentes é o fato daqueles exigirem que esses cresçam sem impactar o ambiente. Muitos países não estão de acordo com esta ideia porque não querem se comprometer em reduzir a emissão de poluentes por medo de prejudicar os seus crescimentos econômicos. A pressão para redução na emissão de poluentes vem aumentando com o passar dos anos, e a demanda mundial por produtos de procedência orgânica e/ou de empresas preocupadas com o meio ambiente está cada vez maior. Internamente, no Brasil, não está tão evidente, mas as comunidades européias, por exemplo, exigem de muitos exportadores brasileiros produtos com certificado de preservação ambiental, de baixo impacto e de cunho social.

Em qualquer setor, seja agrícola ou industrial, há grande dificuldade em computar os custos ambientais. Um dos grandes entraves para resolver as questões ambientais é a falta de conhecimento e interpretações equivocadas das informações acerca do tamanho do impacto. As diferentes atividades antrópicas têm alterado a qualidade ambiental sem sombra de dúvida, principalmente, no que se refere aos mananciais de água. No entanto, é difícil prever em números e valor econômico o custo ambiental de cada atividade. No Brasil é cada vez maior a preocupação com as alterações da qualidade da água provocadas pelas atividades agropecuárias, resultando em estudos e programas governamentais que visam à identificação e controle das fontes de poluição.

Nas regiões de encostas, onde se cultivam culturas anuais de modo convencional (lavração e gradagem), tem-se observado graves problemas de contaminação da água. Dentro deste contexto, a implantação de agroindústrias familiares ganha importância tanto econômica quanto ambiental. Sob ponto de vista econômico, o principal ponto positivo é a agregação de valor à matéria-prima produzida na propriedade rural e a manutenção e valorização da mão-de-obra familiar; sob ponto de vista ambiental, é notório o aumento da área com florestas

regeneradas pelo abandono de áreas anteriormente cultivadas, mas os resíduos agroindustriais também têm potencial de contaminação, principalmente se for jogado no ambiente de forma pontual e sem planejamento. Diferentemente das atividades agrícolas, as atividades agroindústrias tem normas claras para tratamento e descarte dos resíduos. No entanto, essas normas são idênticas para grandes complexos agroindustriais e para as pequenas agroindústrias.

As atividades de processamento de matérias-primas de origem animal ou vegetal podem causar impacto negativo nos recursos naturais, se os resíduos gerados forem lançados aos mananciais de água ou no solo sem tratamento adequado. O tamanho do impacto é proporcional ao tamanho das atividades e à composição do resíduo, assim como o tratamento e descarte do resíduo exige estrutura adequada para cada escala de produção. O pequeno produtor agroindustrial deve entender que, mesmo que as atividades de processamento de produtos tenham mínimo impacto, há necessidade de seguir normas para evitar contaminação. Os órgãos regularizadores - fiscalizadores devem entender, por outro lado, que há técnicas simples de tratamento dos resíduos e que podem ser ajustadas às condições de cada atividade e adequadas para cada tipo de resíduo e serem altamente eficientes. A sustentabilidade econômica e ambiental, das agroindústrias familiares de pequeno porte ao longo dos anos, depende de tecnologias apropriadas para cada situação e, principalmente, da visão em longo prazo dos produtores em produzir sem degradação dos recursos naturais.

Portanto, esse trabalho pretende gerar informações reais e correlacionadas sobre causa e efeito com a finalidade de esclarecer qual é realmente o potencial poluidor das agroindústrias familiares de pequeno porte. Além do mais, apontar dificuldades e facilidades no tratamento de resíduos gerados pelas atividades agroindustriais.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Agroindústrias familiares e sua importância econômica e social

O processo de modernização da agricultura provocou mudanças marcantes no meio rural brasileiro. A tecnificação incrementou a produção e a produtividade de muitas atividades, especialmente aquelas que trazem divisas para o país, e que são fundamentais para manutenção do modelo econômico ligado aos mercados externos. Por outro lado, muitas propriedades de pequeno porte não conseguiram acompanhar o ritmo, limitadas principalmente pela quantidade disponível de terras, pelo baixo nível de diversificação e tecnologias, bem como pouca integração com a produção animal, a fruticultura e a olericultura. A partir de então, inicia-se uma reformulação das atividades nas pequenas propriedades e a sociedade em geral começa a perceber as grandes relações entre a propriedade, o trabalho e a família, e assim passa a denominar esse segmento de agricultura familiar (WESZ JUNIOR, 2005).

A lei 11.326, de 24 de julho de 2006 considera agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos:

- I. não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;
- II. utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;
- III. tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento;
- IV. dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) tem o objetivo de financiar as atividades agropecuárias e não agropecuárias exploradas mediante emprego direto da força de trabalho do produtor rural e de sua família. As atividades não agropecuárias referem-se aos serviços relacionados com turismo rural, produção artesanal, agronegócio familiar e outras prestações de serviço no meio rural, que sejam compatíveis com a natureza da exploração rural e com o melhor emprego da mão-de-obra familiar. O PRONAF considera agricultores familiares aqueles que:

- I. explorem parcela de terra na condição de proprietário, posseiro, arrendatário, parceiro ou concessionário do Programa Nacional de Reforma Agrária;
- II. residam na propriedade ou em local próximo;
- III. não disponham, a qualquer título, de área superior a quatro módulos fiscais, quantificados segundo a legislação em vigor;
- IV. obtenham, no mínimo, 70% da renda familiar da exploração agropecuária e não agropecuária do estabelecimento;
- V. tenham o trabalho familiar como predominante na exploração do estabelecimento, utilizando apenas eventualmente o trabalho assalariado, de acordo com as exigências sazonais da atividade agropecuária, podendo manter até dois empregados permanentes;
- VI. tenham obtido renda bruta anual familiar nos últimos 12 meses que antecede a solicitação da Declaração de Aptidão ao PRONAF - DAP acima de R\$ 6 mil e até R\$ 110 mil, incluída a renda proveniente de atividades desenvolvidas no estabelecimento e fora dele, por qualquer componente da família, excluídos os benefícios sociais e os proventos previdenciários decorrentes de atividades rurais.

Em 2007 a agricultura familiar representava 85% do total de estabelecimentos rurais do país. O PRONAF entende que a melhoria de vida dessas famílias é condição para o desenvolvimento sustentado, pois elas são responsáveis por 60% dos alimentos que chegam à mesa dos brasileiros e pela matéria-prima para muitas indústrias. Além disso, contribuem com o esforço exportador a partir de várias cadeias de produção de que participam, representando cerca de 10% do produto interno bruto nacional (IBGE, 2009).

A importância do setor agropecuário familiar sempre é lembrada por absorver a mão-de-obra familiar e pela produção de subsistência, sendo assim valorizada mais pelo aspecto social do que propriamente econômico (GUILHOTO, 2007). Entretanto, ao se considerar toda a cadeia, desde as atividades que alimentam o setor rural (fornecedores dos insumos), as indústrias (alimentadas pela produção rural) e os setores de distribuição (comercialização e transporte), além do próprio setor de produção (agricultura e pecuária), a distribuição dos recursos do segmento familiar é maior e descentralizado (GUILHOTO, 2007; WESZ JUNIOR, 2008). Além do mais, a própria produção de hortigranjeiros proporciona sustentabilidade econômica para a agricultura familiar por permitir a comercialização com menor grau de processamento, enquanto produtos como a soja e o fumo constituem a matéria-prima de produtos totalmente industrializados, favorecendo a concentração do capital nas mãos das grandes indústrias.

Segundo Vieira (1997), quando a agricultura familiar baseia-se na produção de “commodities” a sustentabilidade do setor é fragilizada, devido a grande competição entre produtores internacionais. Entretanto, quando o produtor procura

entrar na industrialização para agregar valor ao seu produto, ele terá a competição intensa e um mercado mais complexo, exigindo do produtor estratégias que garantem sua sustentabilidade. No entanto é fundamental a organização desses produtores para avançar na comercialização e diferenciação dos produtos, e garantir espaço entre os produtos industrializados em outras regiões por grandes empresas.

A agricultura familiar enfrentou ao longo de muitos anos sérias dificuldades em relação à capacidade de reprodução social e à qualidade de vida por serem meros fornecedores de matéria-prima para as grandes agroindústrias (MDA, 2009). Muito desse modelo de produção ocorre ainda nos dias de hoje em alguns setores, como a produção de fumo, suinocultura e avicultura. Não se pode negar que a integração da agricultura familiar com as agroindústrias de grande porte, favorece a sobrevivência da pequena propriedade no campo com uma vida comparativamente melhor. Ao contrário disso, há aquelas propriedades dentro da agricultura familiar, que desenvolvem atividades de transformação da matéria-prima e processamento final de produtos de origem animal ou vegetal, que podem ser denominadas de agroindústria familiar, agroindústria rural, unidades de beneficiamento, agroindústria familiar de pequeno porte, agroindústria artesanal e/ou colonial (WESZ JUNIOR, 2008; FISCHER, 2006).

As agroindústrias familiares de pequeno porte (AFPP) caracterizam-se por ser um segmento constituído por pequenos produtores, que processam alimentos de origem vegetal e/ou animal e que, geralmente, o processamento é simplificado, mas que agregam valor aos produtos (FISCHER, 2006).

2.2 Qualidade da água no meio rural e fontes de contaminação

A contaminação do solo e da água no meio rural é regra e não exceção. O consumo de água de má qualidade pelo Homem e pelos animais é cada vez mais comum no meio rural. Monitoramentos da qualidade de água em comunidades localizadas nas bacias de cabeceiras têm mostrado que há presença de muitos contaminantes em níveis muito acima do permitido pelo Ministério da Saúde (MS) (Gonçalves, 2003; Pellegrini, 2005; Rheinheimer et al., 2003; Bortoluzzi et al., 2006). O mais preocupante ainda, é que o fato de beber água natural da fonte dá a falsa

impressão de qualidade, até mesmo pela população urbana. Quando a qualidade da água passa a ser um requisito para desenvolver atividades agroindústrias, descobre-se que alguns parâmetros estão fora dos padrões exigidos pelos órgãos reguladores.

A qualidade da água usada no meio rural é reflexo das condições ambientais dentro da bacia hidrográfica, sendo melhor quanto menos interferência antrópica houver à montante da fonte de água. A proteção e a posição da fonte na paisagem determinarão o grau de risco de contaminação por fontes pontuais ou difusas de poluição, tais como: esgotos domésticos, deflúvio superficial agrícola e dejetos da criação de animais, principalmente em sistemas intensivos de criação (RHEINHEIMER et al., 2003; MERTEN; MINELLA, 2002). Os esgotos domésticos são basicamente constituídos por contaminantes orgânicos, nutrientes e micro-organismos que podem ser patogênicos (MAIER, 2007; KAICK, 2002). Os contaminantes ligados ao escoamento superficial agrícola são constituídos de sedimentos (MINELLA, 2003; PELLEGRINI et al., 2009; SEQUINATTO et al., 2006), nutrientes (PELLEGRINI, 2005; PELLEGRINI, 2006; KAISER, 2006), agrotóxicos (BORTOLUZZI et al., 2006; BORTOLUZZI et al., 2007). Já os dejetos de animais contribuem com poluição orgânica (MULAZZANI et al., 2007), coliformes fecais (BALDISSERA, 2002), nutrientes como o fósforo (BERWANGER, 2006) e metais pesados (MATTIAS, 2006).

A ausência de sistema de gestão ambiental tem provocado o lançamento de águas residuárias sem tratamento adequado nos cursos de água. Isso tem causando elevação da DBO da água, diminuição do oxigênio dissolvido, alteração da temperatura, aumento da concentração de sólidos solúveis e totais na água, desencadeando a eutroficação dos corpos hídricos e proliferação de doenças veiculadas pela água (MATOS, 2005). Apesar disso, os programas de implantação das AFPP têm negligenciado o aspecto ambiental, causando situações que colocam estes empreendimentos em posição de fragilidade diante dos órgãos fiscalizadores. Tal fato tem implicado na não obtenção da legalização fiscal e sanitária para comercialização dos produtos, já que a licença ambiental é considerada requisito obrigatório. Assim, reproduz-se a informalidade e limita-se o alcance dos projetos de desenvolvimento de AFPP.

Diante do exposto é fundamental um estudo para conhecimento geral das situações das agroindústrias familiares de pequeno porte, bem como do papel

social, das implicações ambientais e das alternativas viáveis para sanar algumas dificuldades.

2.3 Tratamentos e usos de resíduos de agroindústrias familiares de pequeno porte

Todo lançamento de dejetos líquidos em um corpo receptor está obrigado a seguir padrões de qualidade contemplados nas legislações do Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Saúde e órgãos estaduais responsáveis pela proteção dos cursos de água. Estes padrões se baseiam no princípio de restabelecimento do equilíbrio e da autodepuração do corpo receptor. Estes são os responsáveis pela conversão de compostos orgânicos ativos em compostos orgânicos inertes e não prejudiciais do ponto de vista ecológico (VON SPERLING, 1996).

A reutilização de resíduos de qualquer natureza que possam apresentar riscos de contaminação ambiental ou comprometimento da saúde dos indivíduos deve seguir normas pré-estabelecidas. A Resolução CONAMA nº 357 de 2005, além de estabelecer os parâmetros de qualidade de água que enquadram em diferentes classes, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Dentre os parâmetros avaliados para obtenção do grau de qualidade da água sobressaem-se os que comprometem, especialmente, a sustentação da vida aquática e dos dependentes dessa. Essa resolução CONAMA nº 357 estabelece limites para fósforo, por exemplo, baseado na característica do corpo d'água (ambiente lântico ou lótico) e nos limites que interferem negativamente nos diferentes ambientes. Já para nitrogênio total amoniacal os limites consideram a faixa do pH da água. Em termos de importância, o nitrogênio e o fósforo são considerados os principais responsáveis pela eutroficação dos cursos de água, por serem componentes essenciais para o desenvolvimento dos organismos, o que possibilita um desequilíbrio na proliferação de algas, plantas aquáticas e micro-organismos, exigindo elevados níveis de oxigênio dissolvido comprometendo a disponibilidade aos outros organismos daquele ambiente.

O lançamento de efluentes em um curso de água provoca alterações nas propriedades físicas e químicas da água (HUSSAR, 2001). A preocupação com a

preservação da qualidade ambiental e com a saúde pública é a fundamentação do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). Esse por meio da Resolução nº 128 de 2006, dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Esta resolução estabelece que quando o lançamento tiver vazão menor que $100 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ o padrão para emissão de nitrogênio e fósforo total deve ser de 20 mg l^{-1} e 4 mg l^{-1} , respectivamente. Os padrões de lançamento de demanda biológica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) devem ser inferiores a 180 mg l^{-1} e 400 mg l^{-1} , respectivamente, para empreendimentos com vazão inferior a $20 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$. Para vazões maiores os valores máximos diminuem, como no caso de vazões de lançamento maiores que $10000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ que tem valores de DBO e DQO com o máximo de 40 mg l^{-1} e 150 mg l^{-1} .

Segundo Silveira (1999), os métodos utilizados no tratamento de efluentes líquidos podem incluir processos físicos (remoções de sólidos grosseiros sedimentavam e flutuantes); processos químicos (floculação, precipitação química, cloração, oxidação química, neutralização e elutriação); e ou processos biológicos (aeróbica - processo de lodos ativados e filtros biológicos; anaeróbica - reatores anaeróbicos de fluxo ascendente, lagoas anaeróbicas e filtros anaeróbicos; e outros processos de tecnologia mais complexa - filtração rápida, adsorção, eletrodialise, troca iônica e osmose inversa). Para os resíduos sólidos, os métodos de tratamento mais usuais são o aterro sanitário, a disposição no solo, a compostagem e a incineração, além do uso como matéria-prima na produção de sabões, detergentes e ração animal (SILVEIRA, 1999). Neste sentido, muitas iniciativas em busca de processos mais limpos de produção têm sido adotadas, dentre elas o Centro Nacional de Tecnologias Limpas do SENAI-RS, em que:

Baseado em problemas ambientais conhecidos, o Programa de Produção mais Limpa investiga o processo de produção e as demais atividades de uma empresa e estuda-os do ponto de vista da utilização de materiais e energia. Esta abordagem ajuda a induzir inovações dentro das próprias empresas a fim de trazer a estas e a toda a região, um passo em direção a um desenvolvimento sustentável. A partir disto, são criteriosamente estudados os produtos, as tecnologias e os materiais, a fim de minimizar os resíduos, as emissões e os efluentes, e encontrar modos de reutilizar os resíduos inevitáveis (SENAI-RS, 2003).

A compostagem tem sido estudada como a principal alternativa técnica, para o tratamento de resíduos orgânicos em estado sólido, e tecnologias eficazes e seguras tem sido postas à disposição da sociedade (PEREIRA NETO, 1996). A

compostagem, na atualidade, é definida como um processo biotecnológico, desenvolvido em meio aeróbico controlado, realizado por uma colônia mista de micro-organismos. Historicamente as mais antigas fontes de matéria orgânica empregada como fertilizante, são os esterco animais e adubos verdes. Além desses fertilizantes, atualmente se utiliza outros tais como: fezes humanas, que no Oriente receberam o nome de “solo noturno” e nos dias de hoje, lodo de esgoto; o lixo urbano domiciliar; as tortas vegetais geradas como resíduos da industrialização das sementes oleaginosas; o guano; a turfa; o linhito; e os demais resíduos de indústrias agrícolas, de conservas alimentícias, de bebidas, de frigoríficos, de produtos farmacêuticos e de curtumes (SANTOS, 1993). O preparo do composto na propriedade rural necessita de duas fontes de matérias primas: os resíduos vegetais e os resíduos animais (esterco). Os resíduos animais atuam como inoculantes para a compostagem.

No caso de resíduos líquidos, o tratamento pelo método da zona de raízes é um dos mais promissores em escala de AFPP. Este método teve sua origem na Europa, na década de 1950, para a redução de compostos orgânicos de efluentes industriais (FERREIRA et al., 2003). Esta tecnologia se expandiu com o advento dos movimentos ambientalistas da década de 1970, e teve como objetivo primeiro o controle da qualidade da água. Segundo Mazzola (2003), no Brasil também se denominam terras úmidas construídas e estações de tratamento de efluentes por “zona de raízes”. Os baixos custos de implantação e operação, aliados à tecnologia relativamente simples e eficiente na remoção de poluentes, são fatores que têm contribuído para a utilização crescente dos leitos cultivados em diversos países do mundo, principalmente de resíduos domésticos e industriais (FERREIRA et al., 2003; ANJOS, 2003).

Diante da importância das atividades agroindustriais e da preocupação com o meio ambiente desenvolveu-se o conjunto de estudos com a hipótese de que as agroindústrias familiares de pequeno porte apresentam baixo risco de contaminação das águas e que o potencial de poluição dos resíduos gerados pode ser minimizado com técnicas simplificadas.

3. Objetivos

3.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo principal caracterizar as agroindústrias familiares de pequeno porte, avaliar o impacto das atividades agroindustriais em relação às demais fontes de contaminação e avaliar sistemas simplificados de tratamento de resíduos líquidos.

3.2 Objetivos específicos

Estudo I: Caracterizar agroindústrias familiares de pequeno porte da Região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul quanto aos tipos de resíduos gerados e os seus potenciais poluidores.

Estudo II: Avaliar o impacto na qualidade da água de córregos provocados pelo lançamento de resíduos derivados do processamento de vinhos, licores, abatedouro de aves e frigoríficos por agroindústrias familiares de pequeno porte da Região da Quarta Colônia Italiana do Rio Grande do Sul.

Estudo III: Avaliar a eficiência de estações de tratamento por meio de zona de raízes no tratamento de resíduos líquidos descartados por agroindústrias familiares de pequeno porte produtoras de queijos, de vinhos e sucos e de abate de aves.

4. Estratégias de estudo

O desenvolvimento das atividades agroindustriais nasceu como alternativa para melhorar a renda do produtor. Assim como qualquer atividade que visa lucro, as condições sanitárias e ambientais necessárias para garantir o fornecimento de produtos saudáveis e sem comprometer os recursos naturais, sempre foram vistas pelo produtor de forma negativa, geradoras de custos. No momento em que depende do produtor a decisão em ficar com o lucro integral ou gastar parte em estruturas para garantir a saúde pública e ambiental, a decisão será o lucro integral, porque a visão da sociedade em geral é a curto prazo, de benefício individual, imediato e em números monetários. O agricultor que sempre cultivou suas terras sem grandes interferências dos órgãos reguladores, muitas vezes sem nunca precisar se adequar às normas, quando passa a desenvolver uma atividade que exige ajustes à legislação, como o caso da atividade agroindustrial encara esses ajustes como uma imposição. Quando ele se ajusta é porque quer cumprir uma obrigação que dá o direito de exercer sua atividade, mas desde que não comprometa seu lucro. O problema realmente é a falta do comprometimento do produtor com a preservação ambiental, a falta de sensibilidade dos órgãos reguladores sobre as diferentes situações e, portanto, que deve haver diferentes exigências dependendo de cada situação.

A estratégia de estudo da presente dissertação baseou-se na obtenção de dados sobre as agroindústrias familiares de pequeno porte, qualidade da água, quantidade e composição dos resíduos e tratamento de resíduos líquidos por zona de raízes, tendo como área experimental um grupo de agroindústrias da Região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul. O estudo tem caráter exploratório, mas ao mesmo tempo com objetivos específicos aborda assuntos inter-relacionados entre as atividades familiares com importância social indiscutível, as consequências ao meio ambiente e as alternativas adequadas a cada situação. Nesse sentido, os resultados foram agrupados em três estudos, descritos a seguir:

O primeiro estudo faz uma caracterização das agroindústrias de pequeno porte quanto aos tipos de resíduos e ao potencial poluidor. O segundo, aborda o impacto na qualidade da água de córregos provocados pelo lançamento de resíduos

derivados do processamento de vinhos, licores, abatedouro de aves e frigoríficos por agroindústrias familiares de pequeno da Região da Quarta Colônia Italiana do Rio Grande do Sul, comparando qualidade da água na nascente, no ponto antes do lançamento e no ponto depois do lançamento dos resíduos da agroindústria. Finalmente, o terceiro estudo avalia estações de tratamento por meio de zona de raízes em três agroindústrias familiares de pequeno porte no tratamento de resíduos líquidos de: abatedouro de aves; produção de vinhos e sucos e; produtora de queijos.

5. Estudo I: Caracterização das agroindústrias familiares de pequeno porte da Região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul

5.1 Resumo

As atividades agrícolas e agroindustriais podem impactar de diferentes formas o ambiente. O beneficiamento de produtos de origem animal e vegetal em pequena escala gera resíduos que podem ser facilmente tratados ou reutilizados no sistema produtivo local. O objetivo do presente estudo foi caracterizar as agroindústrias quanto os tipos de resíduos gerados e os seus potenciais poluidores. Este estudo foi feito em quinze agroindústrias integrantes da Rede da Casa, na Região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul. Das quinze agroindústrias estudadas, apenas uma apresenta grande volume de resíduo líquido (produção de queijo) e outra de resíduo sólido (produção de cachaça). Três resíduos (soro de queijo, vinhaça e sangue) têm potencial poluidor devido a alta demanda biológica e química de oxigênio e a presença de altas concentrações de fósforo e nitrogênio. No entanto, apenas o soro do queijo apresenta risco de contaminação dos cursos de água, devido ao grande volume e ao precário sistema de tratamento utilizado.

Palavras chaves: potencial poluidor, resíduos líquidos e sólidos, características químicas do resíduo.

5.2 Introdução

No Rio Grande do Sul, os estabelecimentos rurais de base familiar ocupam em torno de 41% da área rural total, contribuem com 58% do valor bruto da produção e com 11% do Produto Interno Bruto (PIB) gaúcho, o que caracteriza a importância deste segmento da sociedade (IBGE, 2009). Na Região Central do Estado, mais precisamente nas áreas de encostas, as propriedades existentes caracterizam-se pelas pequenas e médias propriedades, na maioria de origem familiar, onde se cultiva o fumo e culturas de subsistências. Também, as atividades agroindustriais são bastante desenvolvidas, principalmente por terem nascido a partir de costumes e cultura local, preservadas da imigração italiana.

Neuman e Souza (2006) estudando os sistemas agrários na Região Central do Estado constataram que há em torno de 200 unidades de produção artesanal de alimentos na região da Quarta Colônia, mas a imensa maioria permanece na informalidade, por não atenderem integralmente às exigências sanitárias e ambientais, não chegando a dez o número de estabelecimentos totalmente legalizados.

Em 2005, um grupo de produtores estabeleceu uma parceria com uma rede de supermercados de Santa Maria, centro consumidor regional com mais de 200.000 habitantes, adotando selo de certificação e aumentando sua escala de produção. Esse grupo foi formado por catorze AFPP, que em 2006 constituiu a Rede da Casa. Entre as atividades desenvolvidas, destacam-se a produção de embutidos cárneos, de queijos e outros derivados de leite, de doces e conservas de frutas e legumes e de aguardente, licores, sucos e vinhos. Em 2007, a Rede da Casa, assume a gestão de um ponto de comercialização junto a RST-287, que liga Santa Maria e Porto Alegre, construído com recursos captados pelo Programa de Desenvolvimento Sustentável (PRODESUS) junto ao Ministério de Desenvolvimento Agrário. Contudo, mesmo dentro da Rede da Casa há grande impasse para a regulamentação dessas atividades devido a deficiência de técnicas de tratamento de resíduos adaptadas a realidade de cada agroindústria e economicamente viáveis. Problemas característicos das agroindústrias familiares estão ligados aos fatores como: água, tratamento e lançamento de resíduo líquido e, disposição de resíduos sólidos. Este fato poderá ocasionar impactos ambientais relevantes, fazendo-se necessário a

condução de estudos que avaliem a geração, disposição e tratamento desses resíduos.

Os resíduos da indústria de laticínios e abatedouros têm alto poder poluente por conter: “gordura, sólidos orgânicos e inorgânicos, além de substâncias químicas que podem ser adicionadas durante as operações de processamento, enquanto que águas residuárias geradas no processamento de produtos de origem vegetal podem conter, além de elevado conteúdo de material orgânico, outros poluentes, tais como solo, restos de vegetais e pesticidas”, (MATOS, 2005). Esta composição faz do tratamento de resíduos oriundos da atividade agroindustrial uma operação de alta complexidade, pois cada composição específica de um efluente gerado exige um sistema de tratamento diferenciado (SILVEIRA, 1999). Referindo-se a indústria de laticínios, Machado et al. (2001) apontam uma grande diversidade na composição dos efluentes, ocorrendo águas de lavagem de equipamentos e piso, os esgotos sanitários gerados e as águas pluviais captadas na indústria, além de embalagens plásticas, embalagens de papelão, lixo doméstico, cinzas de caldeiras, aparas de queijo e, em menor quantidade, metais e vidros. Assim, em nível de pequenas unidades industriais torna-se difícil a adoção de um sistema de tratamento adequado, devido à necessidade de utilização de métodos variados para minimizar o efeito poluente e dar destino adequado a cada um dos resíduos gerados.

No tocante ao processamento de carne suína e de aves estima-se que no Brasil são gerados, aproximadamente, 149 milhões de toneladas de efluentes por ano (ZANOTTO et al., 2006). Esses autores alertam que a composição destes efluentes representa alto risco ao meio ambiente, por se tratar de águas residuárias que carregam resíduos de sangue, gordura, líquidos fisiológicos, restos de carne, ossos, vísceras e água de higienização. A impossibilidade de utilização do sangue para produção de ração para as próprias aves, bovinos e suínos, devido ao controle na transmissão de doenças, ainda é recomendado no caso de abatedouros bovinos, pela grande quantidade de sangue gerado (PENA, 2007) e destinado apenas para cães e gatos, evitando problemas ao consumo humano (VEGRO; ROCHA, 2007).

Para os resíduos do processamento de carne, Pena (2007) sugere a divisão dos efluentes em uma linha verde (sem presença de sangue) e a linha vermelha, envolvendo os efluentes do abate e etapas posteriores de processamento, o que possibilita melhor segregação dos resíduos em suspensão, facilitando o tratamento

primário e reduzindo etapas posteriores, além de propiciar destino adequado aos diferentes resíduos. No caso de empreendimentos agroindustriais dedicados ao processamento de carne, sem abate de animais, apesar do menor poder poluente, também, há necessidade de programar sistemas de tratamento adequado, pois, as águas de lavagem possuem resíduos de emulsões, carnaças, farelos, entre outros. Embora estas indústrias não tenham os índices de poluição dos abatedouros, sua poluição é considerável, principalmente pela variedade de despejos ao longo do dia, onde são produzidos resíduos alcalinos, ácidos, com emulsão, gorduras e águas ferventes com elevado conteúdo em gorduras (SILVEIRA, 1999).

Em relação ao vinhoto ou vinhaça, este resíduo é gerado em uma proporção de seis a oito litros para cada litro de aguardente produzido e, em sua composição, tem alta DQO e DBO, o que confere um caráter altamente poluidor. Segundo Freire e Cortez (2000), o poder poluente da vinhaça é aproximadamente cem vezes maior que o do esgoto doméstico, o que decorre da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos índices de DBO, variando de 20.000 a 35.000 mg l⁻¹ (SILVA et al., 2007). Além disto, possui elevada temperatura na saída dos destiladores o que a torna altamente nociva à fauna e à flora aquáticas. Apesar do seu potencial como fertilizante, a vinhaça pode provocar danos ambientais quando sua aplicação for de forma irresponsável ou sem controle dos efeitos nos recursos hídricos e no solo (PIACENTE; PIACENTE, 2004). Tal prática tem efeitos positivos na melhoria da produtividade do solo, já que a vinhaça provoca: elevação do pH, aumento da disponibilidade de alguns nutrientes, elevação da capacidade de troca catiônica, aumento da capacidade de retenção de água, melhoria da estrutura física e aumento da população e da atividade microbiana (SILVA, 2006).

Em relação ao impacto causado por estes resíduos gerados no processamento de matérias-primas de origem animal ou vegetal para o meio-ambiente, trata-se de grande ameaça à qualidade da água para consumo humano e para os solos agrícolas (MATOS, 2005). Isto implica na necessidade de investir em sistemas de controle ambiental em AFPP mesmo que atuando em pequenas escalas.

5.3 Objetivos

O objetivo do presente estudo foi caracterizar agroindústrias familiares de pequeno porte da Região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul quanto aos tipos de resíduos gerados e os seus potenciais poluidores.

5.4 Material e Métodos

5.4.1 Localização

Este estudo envolveu quinze agroindústrias familiares de pequeno porte localizadas na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Mais especificamente, a região de estudo é denominada “Região da Quarta Colônia de Imigração Italiana” (Figura 1) por causa da vinda da quarta leva de imigrantes italianos desembarcados no território gaúcho em 1878. A influência da cultura italiana está em todos os aspectos, tais como: arquitetura, produção agrícola, linguajar, folclore e principalmente na culinária. A área da Quarta Colônia está localizada entre o planalto e a depressão central do RS, considerada rebordo do planalto, apresentando solos jovens e muito frágeis distribuídos em um relevo bastante acidentado correspondendo com os limites das bacias hidrográficas Alto Jacuí, Baixo Jacuí e Vacacaí-Vacacaí-Mirim. É constituída por nove municípios, sendo eles: Nova Palma, Faxinal do Soturno, Pinhal Grande, Silveira Martins, Dona Francisca, Ivorá, São João do Polêsine, Restinga Seca e Agudo. Ressalta-se que os dois últimos municípios são de colonização alemã, mas que também fazem parte do Programa de Desenvolvimento Sustentável da Quarta Colônia (PRODESUS) desenvolvido desde 1990. A economia agrícola está baseada na agricultura familiar, produção diversificada de hortigranjeiros, lavouras de arroz, fumo e soja.

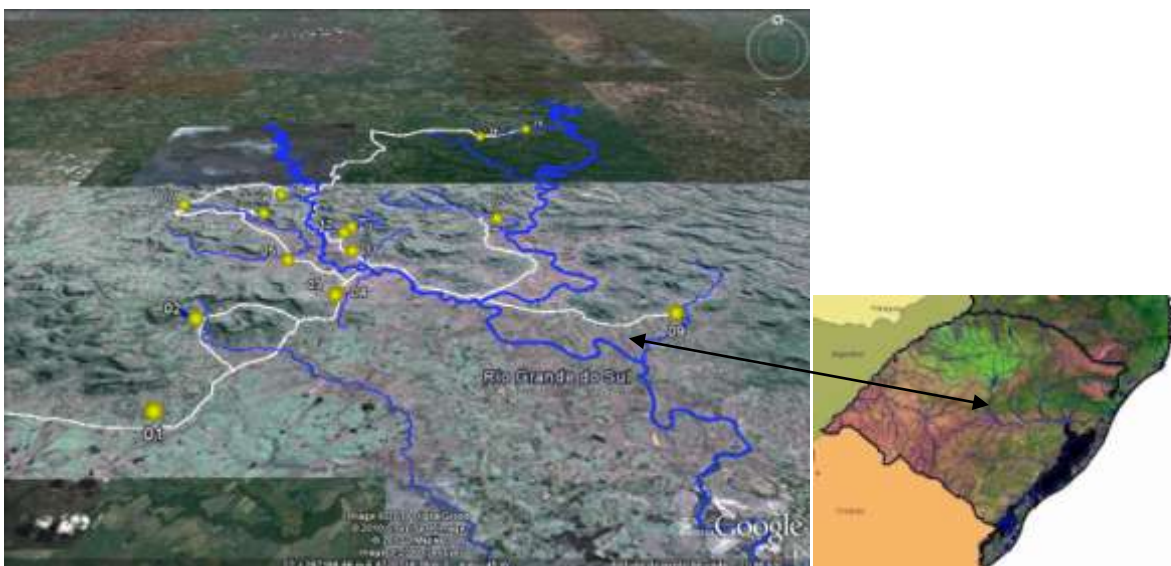


Figura 1 - Localização das quinze agroindústrias familiares de pequeno porte distribuídas na região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul. (Fonte: adaptado do Google)

As agroindústrias fazem parte de um grupo de produtores que formaram a “Rede da Casa”. Atualmente é constituída por treze agroindústrias, mas este trabalho abrangeu quinze, porque duas delas estão em fase de negociação para ingressar no grupo. Todas apresentam em comum, atividades com técnicas herdadas dos pais ou avós e que consistem no processamento de alimentos e/ou bebidas. A constituição da Rede da Casa nasceu da demanda dos produtores e participação e apoio de entidades governamentais, mais diretamente através do Conselho de Desenvolvimento Sustentável da Quarta Colônia (CONDESUS). Este priorizou o desenvolvimento de agroindústrias familiares rurais, devido a tradição da região na produção artesanal de alimentos, via processamento de matérias-primas de origem animal e vegetal, focando para gastronomia, meio-ambiente e de rotas turísticas. No entanto, um conjunto de ações com participação do SEBRAE-SENAI, UFSM e EMATER, qualificou a produção artesanal através da formação dos produtores e agentes de desenvolvimento, e também apoiou a estruturação das instalações e equipamentos visando atingir aspectos sanitário, fiscal e ambiental preconizados pela legislação. Estas iniciativas tiveram apoio fundamental do Governo Gaúcho, através do Programa de Fortalecimento da Agroindústria Familiar, durante o período de 1999 a 2002.

5.4.2 Levantamento de dados para caracterização das agroindústrias familiares de pequeno porte quanto aos tipos de resíduos

A caracterização das agroindústrias familiares de pequeno porte quanto aos tipos de resíduos foi baseada nos dados levantados a partir das informações fornecidas pelos agentes que atuam nas áreas ligadas à agricultura e dos próprios proprietários de agroindústrias. O levantamento de dados se deu conforme as etapas descritas abaixo:

Etapa 1: Seminário com membros da Rede da Casa.

O projeto de pesquisa “**Poluição dos recursos hídricos causados por resíduos sólidos e líquidos resultantes do processamento de matérias-primas de origem animal e vegetal em agroindústrias familiares rurais**”, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, foi apresentado aos membros da Rede da Casa, aos gestores públicos, aos agentes de desenvolvimento e ao ministério público. A proposta de pesquisa e a metodologia a ser desenvolvida foram amplamente discutidas no seminário que ocorreu na sede da Câmara de Vereadores de Faxinal do Soturno.

Etapa 2: Pré-teste do roteiro de pesquisa.

Foi realizada uma visita a duas AFPP, visando observar seu processo de produção, tratamento dos resíduos e disponibilização final destes, buscando observar pontos críticos a serem aprofundados nos instrumentos de pesquisa. Na ocasião aplicou-se o roteiro elaborado para entrevista com as famílias envolvidas nas duas AFPP, visando ajustar este instrumento de pesquisa.

Etapa 3: Entrevistas com informantes-chaves.

Nesta fase foram entrevistadas lideranças envolvidas no processo de constituição da Rede da Casa e profissionais de ATER, buscando compreender como os problemas ambientais foram abordados nos projetos das AFPP, os impasses vivenciados em relação ao esforço de adequação das propostas técnicas

ao contexto econômico de cada empreendimento e a legislação sanitária e ambiental vigente.

Etapa 4: Visitas às agroindústrias familiares de pequeno porte.

Nesta etapa foram aplicados os procedimentos necessários para a caracterização das AFPP. Tais procedimentos foram desenvolvidos em visitas às unidades agroindustriais buscando conhecer as características da região, e fazer um levantamento preliminar de informações básicas como: os tipos de atividades agroindustriais, os principais produtos processados, os pontos de contaminação, os tipos de resíduos, frequência e volume de lançamento de resíduos, e formas de tratamento utilizadas.

A quantidade de resíduo sólido foi calculada com base no peso por unidade produzido versus total produzido. Para o cálculo da quantidade total de cinzas pesou-se o equivalente a uma semana de cinza produzida em cada AFPP e extrapolou-se para o total de semanas trabalhadas em um ano. A quantidade de bagaço de cana-de-açúcar foi estimada usando a proporção de em cada litro de cachaça produzido se produz 3 kg de bagaço. Para o cálculo da quantidade total de casca de uva usou-se a proporção de 20 kg de casca para cada 100 litros de vinho produzido. Pela quantidade de dúzias de ovos usada nas padarias e com o peso médio de 7,28 g cada casca se estimou a quantidade de casca gerada em uma semana e no total de semanas trabalhadas em um ano.

O volume de resíduos líquidos foi calculado com base em medições *in situ* e em proporções encontradas na literatura. Para o cálculo do volume de vinhaça usou-se a proporção de 6 litros de vinhaça para cada litro de cachaça produzido. O soro de queijo foi estipulado usando a proporção de que para cada 10 litros de leite processado 9 litros são descartados na forma de soro, e o soro+água (equivalente a água de lavagem) calculou-se pela quantidade de água utilizada na lavagem da agroindústria durante o dia. Para o cálculo da quantidade de sangue gerado anualmente considerou-se o número de aves abatidas e a quantidade de sangue medido no abate de 10 aves. As águas residuárias do abatedouro de aves foram quantificadas medindo durante o tempo integral de abate e considerou-se que o volume lançado é proporcional ao tempo de abate, pois se usa um volume constante durante o abate.

5.4.3 Coleta e análises de resíduos gerados por algumas agroindústrias familiares de pequeno porte

5.4.3.1 Coletas de resíduos sólidos e líquidos

Durante as visitas às AFPP foram coletadas amostras aleatórias dos principais resíduos sólidos de bagaço de cana-de-açúcar (recente e após um ano amontoado no campo), cascas de uvas (derivadas da fabricação de vinhos tintos e brancos), cinzas (derivada da queima de lenhas nos fornos e caldeiras) e penas de aves abatidas. Os resíduos líquidos coletados foram: soro de leite; soro+água (soro após recebimento das águas de lavagens dos equipamentos); vinhaça (residuária da cachaça); sangue de aves (resíduo na sangria); águas residuárias de abatedouro de aves (águas do escaldo e das lavagens de carcaças e equipamentos); fermento de batata (batata inglesa triturada para cultivo de leveduras); esgoto doméstico (com resíduos da produção de licores) e; esgoto doméstico (com resíduos da produção de vinhos e sucos).

As amostras de resíduo líquido para análises microbiológicas foram armazenadas em recipientes esterilizados, e para as demais análises foram coletadas em frascos de dois litros, e transportadas sob temperaturas baixas até o Laboratório de Análises de Águas Rurais do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria.

5.4.3.2 Análises físico-químicas dos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos foram secos em estufa para posterior digestão nitroperclórica (SILVA, 1999) e para análise de carbono e nitrogênio em autoanalisador elementar.

Uma amostra de resíduo (0,250 g) foi adicionada em tudo de digestão com 4 ml de solução $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4$ (3:1), permaneceu por uma noite para uma pré-digestão

e no dia seguinte permaneceu durante uma hora a 80°C, e a 120°C até cessar o desprendimento de vapor marrom e desaparecer qualquer fragmento de tecido (aproximadamente duas horas). Deste momento em diante aumentou-se vagarosamente a temperatura até 180°C onde houve desprendimento de vapor de cor branca. Ao atingir um volume em torno de 2 ml, a amostra foi retirada do bloco digestor e após esfriamento completou-se o volume para 25 ml, estando pronto para determinação dos elementos: P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Cu, Fe e Mn.

As análises de carbono e nitrogênio elementar foram realizadas em uma porção das amostras moídas previamente preparadas e submetidas para leitura em aparelho autoanalisador elementar, localizado no Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria.

5.4.3.3 Análise microbiológica e físico-química dos resíduos líquidos

As análises microbiológicas constaram da determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais e coliformes fecais, pelo método dos tubos múltiplos. A metodologia utiliza o caldo seletivo enriquecido “FLUOROCULT Caldo LMX (Merk, pH 6.8 a 25°C)”. Para tal, utilizou-se 17 g do meio de cultura em um litro de água destilada. Adicionou-se 5 mL do meio de cultura em tubos de ensaio com tampa rosca e juntamente com os demais objetos usados no processo, autoclavou-se sob pressão de 1 atm e 121°C, por 20 minutos. Na câmara de fluxo laminar, efetuou-se as diluições necessárias (10^{-1} até 10^{-4}). As amostras foram incubadas por 48 horas em temperatura de 35 a 37°C. A presença de coliformes totais foi indicada pelo aparecimento da cor verde azulada e de coliformes fecais (*Echerichia coli*) pela fluorescência azul, quando exposto a luz ultravioleta. Em função do número de tubos positivos e da respectiva diluição estima-se por meio de tabela estatística o número mais provável (NMP) de coliformes totais e fecais em 100 ml de amostra.

As análises físico-químicas seguiram as metodologias preconizadas pelo APHA (1995) e compreendem a determinação dos seguintes parâmetros: pH; condutividade elétrica (CE); nitrato (NO_3^-); amônia (NH_4^+); fósforo (P); cálcio (Ca); magnésio (Mg); potássio (K); sódio (Na); dureza; alcalinidade; ferro (Fe); cobre (Cu); zinco (Zn); manganês (Mn); carbono (C); cor; turbidez; sólidos dissolvidos totais

(SDT); sólidos totais (ST); demanda biológica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO).

Os parâmetros pH, CE, cor, turbidez, DBO, DQO, NH_4^+ , NO_3^- , C e alcalinidade foram determinados imediatamente após a chegada das amostras no laboratório.

Os teores de Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; K e Na por espectrofotometria de emissão de chamas e o P por espectrofotocolorimetria (Murphy e Riley, 1962).

A alcalinidade foi determinada a partir da redução do pH à 4,4 com ácido sulfúrico 0,0025 normal e a partir do volume gasto foi determinado em equivalente CaCO_3 pela equação:

$$\text{CaCO}_3 \text{ (mg l}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{Vg} \times \text{N} \times 50000)}{\text{Va}} \quad \text{Equação 1}$$

Na qual, Vg é o volume gasto de ácido; N é a normalidade do ácido e Va é o volume de amostra usado.

A dureza foi determinada a partir dos teores de Ca e Mg expressado em equivalente CaCO_3 , pela equação:

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

Na qual, [Ca] é a concentração de Ca em mg l^{-1} e [Mg] é a concentração de Mg em mg l^{-1} .

A quantidade de sólidos foi determinada por secagem a 105°C onde foi usada uma alíquota filtrada em membrana com poros de diâmetro de $0,45 \mu\text{m}$ para SDT, e uma alíquota integral para teores de ST.

A determinação do carbono orgânico foi feita pelo método de Silva (2001), onde 2 ml de amostra (filtrada em membrana celulose $0,45 \mu\text{m}$ para determinação solúvel e não filtrado para carbono orgânico total) e 1,5 ml de dicromato de potássio 0,1 normal acidificado foram incubados em estufa por 4 horas a 60°C , e depois realizada a leitura no espectrofotocolorímetro, regulando-o para o comprimento de onda de 580 nm.

A determinação da demanda biológica de oxigênio (DBO) segue o método manométrico feita em frasco âmbar, no qual foi colocada uma quantidade pré-determinada de amostra de água, tampada e conectada a um sensor. No interior do frasco, sobre a amostra, a concentração de oxigênio era de 21%. As bactérias presentes utilizam esse oxigênio contido na amostra para oxidar a matéria orgânica. O ar presente acima da amostra reabastece a quantidade de oxigênio utilizado. O corte na pressão do ar causa uma redução na pressão dentro do frasco, o que é detectado pelo sensor. Durante o período de incubação do teste de DBO (5 dias) a amostra foi agitada continuamente com um agitador magnético. O agitador ajudou a transferir o oxigênio do ar da parte superior do frasco para a amostra, simulando condições naturais. Para oxidação da matéria orgânica, os micro-organismos produzem dióxido de carbono, o qual foi removido do sistema adicionando-se cristais de hidróxido de potássio num compartimento no espaço aéreo do frasco, pois a diferença de pressão no sistema é proporcional somente à quantidade de oxigênio usado.

A demanda química de oxigênio (DQO) foi realizada pelo método titulométrico – refluxo fechado (APHA, 1995). Neste método muitos tipos de matéria orgânica são oxidados por uma mistura em ebulição de ácido crômico e sulfúrico. A amostra foi refluxada em solução fortemente ácida com um excesso conhecido de dicromato de potássio. Após a digestão, a quantidade remanescente de dicromato não reduzido foi titulada com sulfato ferroso de amônio para determinação da quantidade de dicromato consumido, e a matéria orgânica oxidada foi calculada em termos de oxigênio equivalente. O tempo padrão do refluxo foi de 2 horas.

5.4.3.4 Análises comparativas

Os dados de quantidade e qualidade dos resíduos foram organizados em três partes para melhor caracterização do potencial poluidor. A primeira parte caracteriza quantitativamente os resíduos das AFPP; a segunda parte faz uma comparação entre os resíduos para apontar os que apresentam as maiores concentrações dos principais elementos químicos, bem como o total acumulado pelos resíduos sólidos

durante um determinado período; a terceira parte abrange uma discussão baseada no volume de água necessário para diluir um litro de resíduo líquido a níveis enquadrados na classe I do CONAMA. Nessa última foi comparado com a produção de suínos, por ser uma atividade nas pequenas propriedades e que tem alto impacto na qualidade da água.

5.5 Resultados e discussão

As AFPP podem ser agrupadas em três categorias quanto ao tipo de produção: de alimentos; de bebidas e; de alimentos e bebidas (Figura 2). No grupo de produção de alimentos incluem-se os panificados, os lácteos, os embutidos, as compotas/conservas, as rapaduras/melado/açúcar-mascavo e o mel. Na produção de bebidas incluem-se os vinhos, os sucos, os licores e as bebidas lácteas.

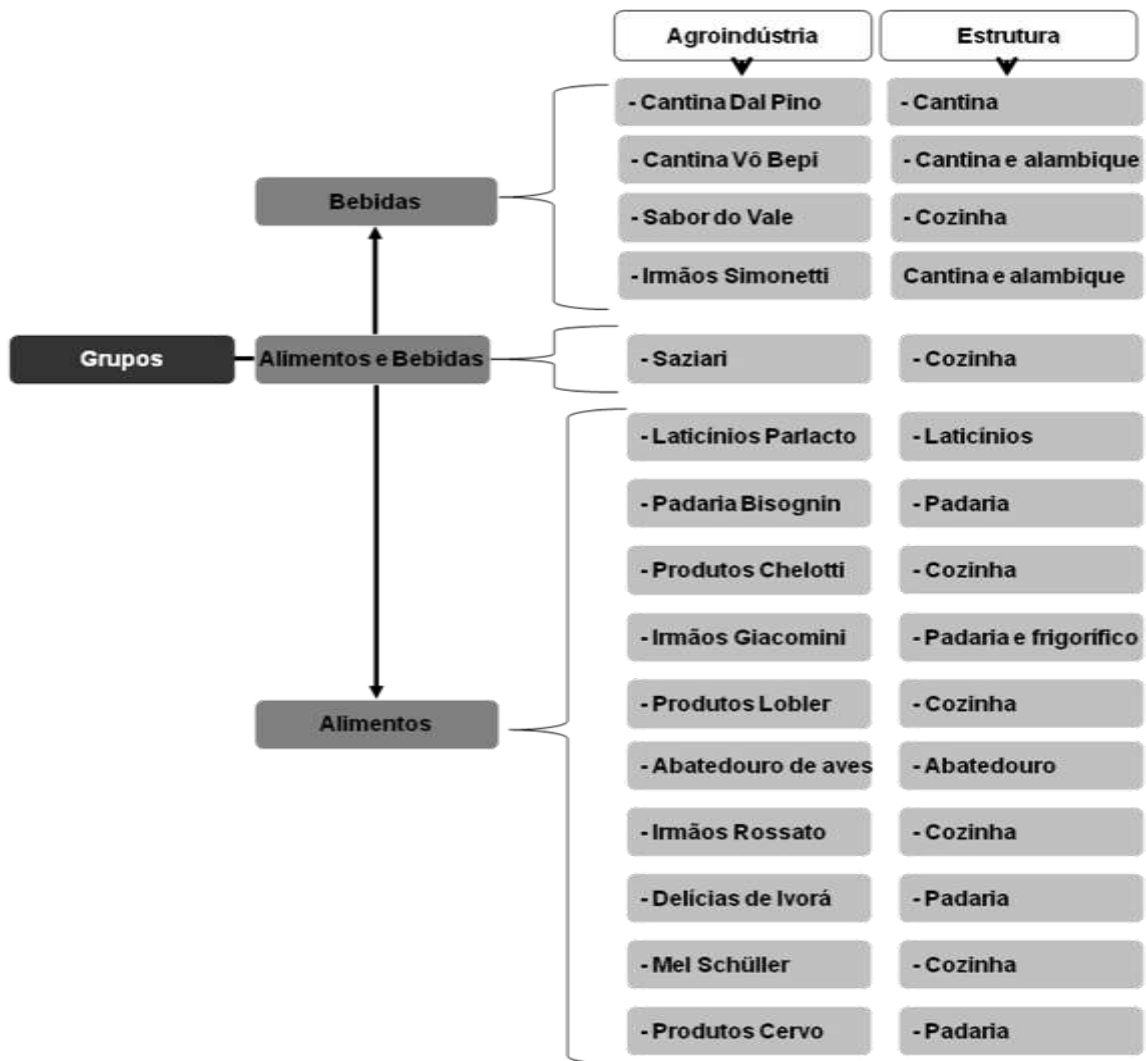


Figura 2 - Agrupamento quanto às atividades das agroindústrias familiares de pequeno porte da Rede da Casa, na Região da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.

Os responsáveis pelas agroindústrias apontaram a falta de mão-de-obra e a saída dos jovens do campo para as cidades, em busca de cursos profissionalizantes, como sérios problemas para a viabilidade econômica das agroindústrias. As agroindústrias Laticínios Parlacto, Irmãos Simonetti, Irmãos Giacomini e Abatedouro de Aves são as únicas que apresentam jovens integralmente envolvidos na atividade e com perspectiva de atuarem na sucessão pai-filho. A falta de perspectiva ou a dificuldade de manter todos os integrantes com uma boa renda se reflete, inclusive, na própria adequação da agroindústria nas normas legais, portanto é um fator de entrave na regulamentação e registro da AFPP. A dificuldade enfrentada em comum, além da mão-de-obra, foi a aquisição de créditos e construção da infra-estrutura, principalmente na implantação da

agroindústria. Ainda, para alguns, a distância dos centros das cidades é um fator limitante nas vendas.

Todas as AFPP apresentam estrutura própria para a atividade e três delas têm algum tipo de tratamento de resíduo líquido, além da fossa séptica. Apenas seis AFPP estão totalmente legalizadas, a maioria está em fase de adequação e outras não têm interesse em registrar-se, pois isso acarretaria mudanças que podem comprometer a renda e sustentabilidade da atividade, segundo relatos dos próprios proprietários.

O aspecto que mais afeta o desenvolvimento dessas atividades atualmente é a dificuldade de comercialização, tanto pela concorrência como pela falta de legalização de alguns produtos para comercialização intermunicipal ou por não atender a legislação ambiental e sanitária.

A importância das AFPP pode ser percebida na questão da distribuição e circulação de renda e na questão social. No que se refere à distribuição de renda, pode-se afirmar que além da renda da família, há uma abrangente participação de vários segmentos da comunidade, que de alguma forma, estão desenvolvendo algum tipo de serviço em função das AFPP. Dentre as principais atividades fora da AFPP, mas que existem em função dela pode-se citar a compra e venda de matérias-primas, fretes, e indiretamente, com maior poder aquisitivo proporcionado pelas AFPP, outros bens e serviços oferecidos no mercado são mais procurados.

A matéria-prima utilizada é tanto de produção própria como adquirida fora da propriedade. As padarias são as que mais necessitam de matéria-prima de terceiros por utilizarem uma grande variedade de ingredientes processados. Já para produção de derivados de uva e cana-de-açúcar, praticamente 100% da produção é própria. A agroindústria de laticínios envolve em média 150 produtores de leite, o que é de importância para a distribuição de renda e circulação de capital em vários segmentos da sociedade. O uso de matéria-prima própria (100%) é realidade de seis AFPP, assim como seis usam 100% de matéria-prima adquirida de terceiros, as demais produzem apenas uma parte e complementam eventualmente, ou em todos os períodos com matérias-primas de terceiros. O uso de mão-de-obra contratada é alto, entre empregos fixos e temporários, são 13 agroindústrias que necessitam de mão-de-obra externa, além da família.

Diante desses resultados podemos caracterizar as AFPP como atividades complementares às atividades agropecuárias, com exceções das agroindústrias Parlacto e padarias em geral, que se dedicam principalmente para a atividade agroindustrial. Nas agroindústrias com dedicação apenas nas atividades agroindustriais, não existem áreas para descarte do resíduo no solo ou para reaproveitamento como fertilizante, o que de certa forma contribui para o lançamento em um mesmo local afetando a capacidade de reciclagem.

As inúmeras exigências legais para comercialização são os principais entraves para desenvolvimento de novas agroindústrias e, principalmente, para sobrevivência das existentes. A organização em grupos, a exemplo da Rede da Casa, são alternativas que permitem espaços para comercialização, mas falta ainda, para essas agroindústrias, consciência da necessidade de tratamento e destino dos resíduos com mais segurança, promovendo a preservação ambiental, melhorando a imagem do grupo diante dos consumidores e, conseqüentemente, oferecendo um produto valorizado pelo cunho social, ambiental e de identidade.

5.5.1 Caracterização das agroindústrias familiares de pequeno porte quanto aos tipos de resíduos

Os tipos, quantidades, freqüência e potencial de poluição dos resíduos são característicos de cada AFPP (Figura 3). As AFPP geram uma grande diversidade de resíduos líquidos e sólidos, alguns são gerados em maior quantidade e periodicidade enquanto outros, raramente são gerados e não apresentam periodicidade definida. Entre os resíduos sólidos destacam-se o bagaço de cana, a casca de uva, as cinzas e as penas de galinhas. O soro de queijo, a vinhaça, as águas residuárias de abate de aves e o sangue são os principais resíduos das agroindústrias estudadas. A agroindústria Vô Bepi é principal produtora de resíduos sólidos (bagaço de cana e casca de uvas). A agroindústria Parlacto é a grande produtora de resíduo líquido com alto potencial contaminante (soro de queijo).

Nesse sentido, deve ser trabalhada diferentemente, considerando cada tipo de resíduo e cada escala de produção. Por um lado, destaca-se o fato de que os

produtores não percebem os impactos que estes resíduos podem causar ao meio ambiente, e por outro, as normas de regulamentação e tratamento de resíduos existentes são baseadas em empreendimentos de grande porte e escala, com custos fora da realidade das AFPP. Todas as AFPP geram algum tipo de resíduos, mas apenas em algumas se constatou grande potencial poluidor. Justamente nessas, o sistema de tratamento e a destinação nem sempre são os mais indicados pelos órgãos fiscalizadores e mais adequados econômica e ecologicamente.

As agroindústrias produtoras de derivados da cana-de-açúcar não apresentam tratamento para a vinhaça, mas o uso como subproduto foi comentado pelos proprietários. A agroindústria Vô Bepi tem quase que toda sua vinhaça consumida pelo gado, e o restante é descartado nas lavouras como adubo.

A agroindústria Irmãos Giacomini possui um sistema de tratamento para os resíduos do frigorífico dentro das normas da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), o qual teve um custo aproximadamente de 15 mil reais para implantação. Apesar do custo elevado, o sistema não tem apresentado um bom desempenho se considerar o aspecto do córrego próximo às instalações. Também nas visitas aos produtores à jusante foi detectada insatisfação, por parte destes, ao comentarem sobre a qualidade da água do córrego inadequada para a produção de peixes.

A agroindústria abatedouro de aves apresenta tratamento para os resíduos líquidos para remoção de materiais flutuantes e que depositam, através de um sistema de tanques. O sangue das aves abatidas é retirado junto com os resíduos sólidos e é misturado com as vísceras para uso na alimentação de outros animais. As penas são jogadas diretamente no solo em lavouras próximas da agroindústria.

Em relação ao soro, a agroindústria Parlacto apresenta um sistema de tratamento com tanque de deposição e flutuação seguido de três lagoas anaeróbicas. As lagoas não são impermeabilizadas e se localizam próximas a um açude, o qual é indicativo de nascentes, sinônimo de preocupação com a contaminação. Em função dessa mesma agroindústria há vários comentários sobre maus odores causados pelos resíduos.

Todas as AFPP de alguma forma fazem limpeza nas instalações ou equipamentos e, portanto, todas apresentam água de lavagem como resíduo, duas AFPP produtoras de cachaça geram a vinhaça e o bagaço da cana-de-açúcar como

principais resíduos, uma AFPP produtora de queijo gera diariamente soro, e duas que processam produtos cárneos geram principalmente águas contendo gorduras e sangue (Figura 3).

As cinzas, provenientes de fornos ou caldeiras, cascas de ovos e cascas de frutas (principalmente de uva) são lançados em menor quantidade pelas AFPP, e ainda, alguns resíduos são gerados esporadicamente e em quantidades insignificantes. Também existe a fumaça lançada pelas padarias como a principal forma gasosa de resíduo, a qual provoca reclamações da população, principalmente nas cidades.

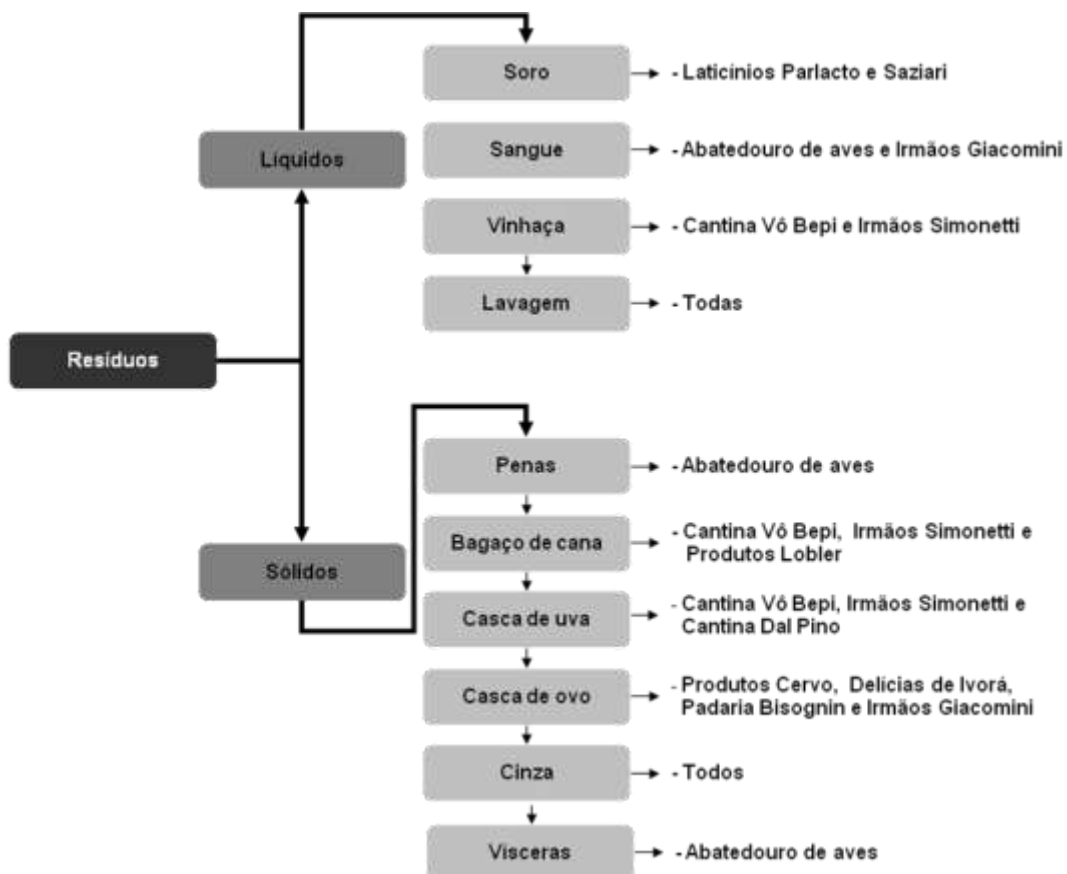


Figura 3 - Agrupamento quanto aos tipos de resíduos gerados no processamento de produtos de origem animal e vegetal nas agroindústrias familiares de pequeno porte da Rede da Casa, na Região da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.

5.5.2 Caracterização das agroindústrias familiares de pequeno porte quanto ao potencial poluidor

5.5.2.1 Características quantitativas

A quantidade de resíduos sólidos descartados pelas agroindústrias familiares estudadas é muito pequena comparativamente a outras atividades agropecuárias comuns na Região da Quarta Colônia de Imigração Italiana. Anualmente são produzidos apenas 2,8 Mg de cinzas, 496 kg de casca de ovos, 1,8 Mg de resíduo de batatas e 1,3 Mg de penas de aves (Tabela 1). Apenas o bagaço da cana-de-açúcar e as cascas de uvas são produzidos em quantidades razoáveis, 38 e 18 Mg ano⁻¹, respectivamente. Esses dados mostram que a maioria das agroindústrias produz uma quantidade muito pequena de resíduo sólido, permitindo que, com uma pequena estrutura para compostagem seja possível a transformação desses resíduos em um composto para uso em hortas domésticas ou lavouras.

O bagaço da cana-de-açúcar atualmente é usado principalmente para conter voçorocas, e em segundo plano como alimento para o gado na agroindústria Vô Bepi. Nas outras agroindústrias geradoras de bagaço, é apenas amontoado para que ocorra a decomposição. Dessa forma o potencial de uso do bagaço está sendo subutilizado, pois ao utilizá-lo como alimento, sem nenhum processo que promova o rompimento da estrutura de sua fração fibrosa, para torná-lo mais digestível, ou seja, mais acessível às enzimas presentes no rumem, não se obtém um valor nutritivo satisfatório (TEIXEIRA, 2007). Quando utilizado para contenção de voçoroca deixa-se de aproveitar o potencial de usar após compostagem como adubo, e ainda, pode provocar contaminação futura nos córregos, pois está dentro de um ambiente de fluxo intenso de enxurradas das chuvas. Silva (2006) estudou o uso do bagaço da cana como matéria-prima para produção de painel particulado similar ao Oriented Strand Board e constatou a viabilidade da produção, cujas propriedades atenderam aos requisitos das diferentes faixas de uso propostas pela norma padrão. Outro uso do bagaço ocorre nas usinas produtoras de álcool onde, aproximadamente 80% são queimados para gerar energia nas caldeiras (TEIXEIRA, 2007).

Os resíduos provenientes da produção de vinhos no Vale do São Francisco foram testados por Barroso (2005) como alimento na dieta de caprinos, e os

resultados mostraram que essa alternativa proporcionou ganho de peso aos animais em nível satisfatório. Cataneo (2008) estudou resíduos de duas variedades de uvas e apontou-os para uso como fonte alternativa de compostos fenólicos, devido as suas propriedades antioxidantes, para exploração na indústria de fitoterápicos e de complementos alimentares.

Apesar das inúmeras alternativas nobres dos principais resíduos gerados (bagaço da cana-de-açúcar e cascas de uvas), a melhor opção para uso desses resíduos em pequena escala, como nas agroindústrias estudadas, é a compostagem, porque juntamente com os resíduos da agroindústria poderão ser transformados em adubo orgânico, os demais resíduos gerados na propriedade.

Tabela 1 - Valores anuais de produção de resíduos sólidos em cada agroindústria, e o somatório produzido em todas as agroindústrias familiares de pequeno porte pertencentes ao grupo Rede da Casa da Região da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.

	Cinzas	Bagaço de cana	Casca de ovos	Bagaço de uva
	----- kg ano ⁻¹ -----			
Laticínios Parlacto	1365	-	-	-
Cantina Dal Pino	x	-	-	2400
Abatedouro de aves	x	-	(1296 kg penas)	-
Padaria Bisognin	816	-	250	(1800 kg batata)
Produtos Chelotti	-	-	-	-
Cantina Vô Bepi	x	20571	-	12000
Irmãos Giacomini	x	-	120	-
Produtos Lobler	x	9874	-	-
Produtos Cervo	x	-	126	-
Mel Schüller	-	-	-	-
Sabor do Vale	-	-	-	-
Delícias de Ivorá	672	-	x	-
Irmãos Simonetti	x	7800	-	2400
Irmãos Rossato	-	-	-	-
Saziari	-	-	-	-
<i>Total</i>	<i>2853 +</i>	<i>38245</i>	<i>496 +</i>	<i>18600</i>

X= não contabilizado; - = não possui esse resíduo; ()=valor entre parênteses é de resíduo particular da agroindústria; + = contabilizado somente os maiores produtores, mas o valor real é maior.

Os resíduos líquidos gerados em maior frequência e volume nas agroindústrias estudadas são o soro de queijo e as águas de lavagens dos equipamentos com volume diário de 10000 e 8600 litros, respectivamente (Tabela 2). Somente a agroindústria Parlacto gera 2,8 bilhões de litros de soro de queijo e 1,7 bilhões de litro de água de lavagem por ano, sendo superior a todas as outras atividades das agroindústrias estudadas. O soro de queijo apresenta alta DBO e DQO potencializando ainda mais o poder de poluição e exigindo tratamento com maior capacidade de oxigenação para oxidação da matéria orgânica.

A agroindústria Abatedouro de aves gera em torno de 4000 litros de águas residuárias diários, mas ela somente funciona duas vezes por semana. Em menor grau de importância quantitativa, a vinhaça e o sangue das aves abatidas também têm potencial poluidor considerável. A vinhaça por apresentar alta DBO e DQO, mas pelo baixo volume produzido ela é usada na alimentação do gado, o que elimina o lançamento nos cursos de água e até mesmo no solo como fertilizante (Tabela 2). No caso do sangue, são produzidos em torno de 2,2 mil litros anualmente e são recolhidos separadamente e não saem junto com o restante do volume de águas usadas na lavagem de carcaças e da caldeira de escalda. Atualmente o sangue é retirado juntamente com as penas das aves para a lavoura, mas a compostagem seria a melhor alternativa, uma vez que, o sangue é rico em fósforo e melhoraria o valor nutricional do composto.

Tabela 2 - Valores diários e anuais de produção de resíduos líquidos em cada agroindústria e o total produzido em todas as agroindústrias familiares de pequeno porte pertencentes ao grupo Rede da Casa da Região da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.

	L1*	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
	----- litros dia ⁻¹ -----				----- litros ano ⁻¹ -----			
Laticínios Parlacto	4000	-	10000	-	1152000	-	2880000	-
Cantina Dal Pino	x	-	-	-	x	-	-	-
Abatedouro de aves	4000	-	-	22	384000	-	-	2200
Padaria Bisognin	x	-	-	-	x	-	-	-
Produtos Chelotti	x	-	-	-	x	-	-	-
Cantina Vô Bepi	x	350	-	-	x	48000	-	-
Irmãos Giacomini	20-1000	-	-	x	2800-5200	-	-	x
Produtos Lobler	x	x	-	-	x	720	-	-
Produtos Cervo	x	-	-	-	x	-	-	-
Mel Schüller	x	-	-	-	x	-	-	-
Sabor do Vale	x	-	-	-	x	-	-	-
Delícias de Ivorá	500	-	-	-	168000	-	-	-
Irmãos Simonetti	x	600	-	-	x	15600	-	-
Irmãos Rossato	100	-	-	-	4800	-	-	-
Saziari	x	-	x	-	x	-	x	-
<i>Total</i>	<i>8600</i>	<i>950</i>	<i>10000</i>	<i>22</i>	<i>1708800</i>	<i>64320</i>	<i>2880000</i>	<i>2200</i>

* L1=Água de lavagem de equipamentos e instalações; L2=Vinhaça; L3=Soro de leite; L4=Sangue; x= valor indisponível

5.5.2.2. Características qualitativas

Os resíduos sólidos analisados qualitativamente foram bagaço de cana, casca de uva e cinza. O bagaço de cana possui em torno de 4% de K, 0,1% de Ca, 0,1% de P. A casca da uva apresentou de 6% a 8% de K, 3% a 4% de Ca e 0,4 a 0,5 % de P. As cinzas apresentaram em média 0,4% de K e 0,5% de P.

A permanência do bagaço de cana por um ano a céu aberto diminuiu em, aproximadamente, 50% os teores de K, Na, Ca, Mg, Fe, P e N. A provável explicação para essas perdas do conteúdo nutricional desse resíduo é que esses

nutrientes se concentram nas partes mais biodegradáveis, permanecendo, principalmente, a lignina e compostos mais resistentes a biodegradação e pobres desses nutrientes.

Multiplicando-se a quantidade de resíduos sólidos (cascas de uvas, bagaço de cana-de-açúcar e cinzas) gerados num ano pelas agroindústrias pela concentração de nutrientes nesses resíduos, obteve-se um montante de: 130 kg de fósforo, 4200 kg de K, 112 kg de Ca e 9 kg de Mg contidas em 57898 kg de resíduos (Tabela 4).

Os resíduos sólidos não apresentam potencial poluidor do ambiente, mas o lançamento anualmente em um mesmo local pode alterar as características químicas do solo. O bagaço da cana-de-açúcar fresco apresentou alta relação C:N (>100:1), o qual poderá imobilizar o N do solo provocando deficiência para as plantas durante sua decomposição que é superior a um ano. Após um ano exposto aos microrganismos, o bagaço teve sua relação C:N aumentada para aproximadamente 175:1. Já a casca de uva apresenta uma relação C:N em torno de 20:1, o que acelera a decomposição desse material e a liberação dos nutrientes.

A agroindústria Vô Bepi produz altas quantidades de bagaço da cana-de-açúcar e casca de uvas. A compostagem do bagaço é a melhor alternativa para transformar esse resíduo em um composto a ser utilizado na lavoura, porém, deve-se utilizar outro material com relação C:N menor para poder melhorar a qualidade do composto e facilitar a compostagem.

Tabela 3 - Composição nutricional dos principais resíduos sólidos gerados no processamento de alimentos de origem vegetal e animal nas agroindústrias familiares de pequeno porte do grupo Rede da Casa da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.

Parâmetros	----- mg kg ⁻¹ de resíduo seco -----				
	Cinzas	Bagaço de cana de ano	Bagaço de cana fresco	Casca de uva branca	Casca de uva tinta
K	3706	21341	41615	88954	63530
Na	652674	6193	13935	28346	20009
Ca	-	846	1299	3848	3561
Mg	-	162	249	311	107
Fe	-	0	22	0	0
P	5308	534	1182	4671	3785
C	102400	465320	465461	518065	506191
N	0	2671	4536	27286	20265

Tabela 4 - Quantificação de nutrientes nos resíduos sólidos gerados em um ano de atividade nas agroindústrias familiares de pequeno porte do grupo Rede da Casa da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.

Agroindústria	Quantidade anual de nutrientes presentes nos resíduos sólidos						
	Resíduos		N	P	K	Ca	Mg
	Tipo	kg ano ⁻¹	----- kg ano ⁻¹ -----				
Laticínios Parlacto	Cinzas	1365	0	7	5	-	-
Cantina Dal Pino	Casca de uva	2400	49	10	183	9	1
Padaria Bisognin	Cinzas	816	0	4	3	-	-
Cantina Vô Bepi	Casca de uva	12000	243	51	915	44	3
Cantina Vô Bepi	Bagaço de cana	20571	93	24	1568	27	3
Produtos Lobler	Bagaço de cana	9874	45	12	753	13	2
Delícias de Ivorá	Cinzas	672	0	4	3	-	-
Irmãos Simonetti	Bagaço de cana	7800	35	9	595	10	1
Irmãos Simonetti	Casca de uva	2400	11	10	183	9	1
<i>Total</i>		<i>57898</i>	<i>476</i>	<i>131</i>	<i>4207</i>	<i>112</i>	<i>10</i>

As análises dos resíduos líquidos gerados nas 15 agroindústrias revelam que existem resíduos com alto potencial de poluição, em função da composição mineral e orgânica. As baixas quantidades geradas pela maioria das agroindústrias reduzem o potencial de contaminação, exceto para a agroindústria Parlacto.

A composição química dos resíduos varia dependendo da origem e do tipo de matéria-prima processada, com destaques para alguns resíduos e para a concentração de alguns parâmetros. O soro de leite contém 20,7 mg l⁻¹ de N-mineral, 101 mg l⁻¹ de Ca, 37 mg l⁻¹ de Mg e 66 mg l⁻¹ de P. Já a vinhaça contém a maior concentração de nitrogênio, Ca e Mg entre os resíduos analisados, com cerca de 369 mg l⁻¹ de N-mineral, 450 mg l⁻¹ de Ca, 211 mg l⁻¹ de Mg e 73 mg l⁻¹ de P. O sangue se destacou pelo alto teor de P, com cerca de 476 mg l⁻¹, além de 22 mg l⁻¹ de Ca e 19 mg l⁻¹ de Mg. Os demais resíduos como efluente de produção de vinhos, licores, fermento de batata e águas residuárias de abate de aves tiveram um teor de NH₄⁺ menor que a vinhaça, mas em alguns casos acima do máximo permitido pelo CONSEMA para lançamento direto e indireto no ambiente. Os resíduos líquidos também apresentam teores elevados de alguns micronutrientes como no caso da vinhaça, que contém 11, 41, 10 e 4 mg l⁻¹ de Mn, Fe, Cu e Zn, respectivamente. Os demais resíduos, exceto o sangue e o efluente da produção de vinhos com 45 e 27 mg l⁻¹ de Fe respectivamente, apresentam concentrações menores que 3 mg l⁻¹ de Mn, Fe, Cu e Zn. O sangue e o fermento de batata apresentam altos teores de K e Na. O uso frequente desses resíduos como fertilizante no solo pode provocar injúrias nas plantas devido a alta concentração de sais, mas se usado em compostagem esse problema pode ser contornado, além de melhorar o aproveitamento dos demais nutrientes (Tabela 5).

Os resíduos domésticos das agroindústrias Sabor do Vale (produção de licores) e Vô Bepi (produção de vinhos e sucos) contêm uma concentração baixa de nutrientes (Tabela 5), portanto, se for preciso transportar para outro local para ser usado, provavelmente não será economicamente viável. Além do mais, para redução de patógenos e maus odores é necessária estabilização do resíduo, e para isso, devem permanecer nas lagoas de estabilização durante determinados períodos (SANTOS, 2003).

Considerando os indicadores orgânicos DBO e DQO dos resíduos, a vinhaça e o soro de queijo são os mais concentrados, com aproximadamente 20000 mg l⁻¹ de DBO em ambos, e para DQO, os resíduos mais concentrados são: soro de queijo+água e o resíduo do fermento de batata com aproximadamente 250000 e 115000 mg l⁻¹ respectivamente, seguido dos resíduos soro de queijo e vinhaça (obs:

a alta DQO do soro+água superior inclusive ao soro integral é atribuído aos produtos químicos usados na limpeza dos equipamento).

A vinhaça, o sangue e o fermento de batata não apresentaram indícios de contaminação por bactérias potencialmente causadoras de doenças (zero de coliformes fecais e totais – Tabela 5). O soro+água apresentou baixa quantidade de coliformes fecais, confirmando a presença de agentes químicos usados na lavagem dos equipamentos.

O CONSEMA estipula padrões de concentrações máximas para alguns parâmetros no resíduo lançado diretamente no ambiente. O soro de queijo apresentou valores de pH, amônia, fósforo, DBO, DQO e coliformes fecais fora da faixa padronizada pelo CONSEMA (Tabela 5). O soro+água apresentou valores dos mesmos parâmetros fora dos padrões, com exceção da amônia e coliformes fecais. Percebe-se que não há problemas com coliformes fecais na vinhaça, mas, além do pH, amônia, fósforo, DBO e DQO, os valores de Fe, Cu, Zn e Mn, estão bem acima do permitido para lançamento direto ou indireto nos corpos de água.

O sangue apresenta altos teores de fósforo e ferro, isto limita o lançamento direto e indireto no ambiente, e sem dúvidas, apesar de não ter sido realizado a análise, a DBO e a DQO são extremamente altos. Apesar disso, o sangue tem qualidades nutricionais elevadas, sendo interessante o uso em compostagem para produzir um composto com boa qualidade nutricional.

Outro resíduo com potencial poluidor é o fermento de batata, o qual apresenta valores de pH, NH_4^+ , P, DBO e DQO, fora dos padrões de lançamento. Do mesmo modo que o sangue e a vinhaça, não são considerados problemas por serem gerados em pequena escala e eventualmente, sendo muito fácil o destino sem comprometer a qualidade do ambiente.

Dos demais resíduos, tem-se as águas residuárias do abatedouro de aves com NH_4^+ , fósforo, DBO, DQO e coliformes fecais, ainda tem-se os efluentes da produção de licores com a DBO, a DQO e os coliformes fecais, e os efluentes da produção de vinhos com NH_4^+ , Fe, Cu, ZN, P, DBO, DQO e coliformes fecais, todos esse resíduos e parâmetros fora do padrões de lançamento direto e indireto no ambiente.

Tabela 5 - Composição química, física e microbiológica dos principais resíduos líquidos gerados no processamento de alimentos de origem vegetal e animal nas agroindústrias familiares de pequeno porte do grupo Rede da Casa da Quarta Colônia - Rio Grande do Sul.

Parâmetro	unidade	Resíduos líquidos								Padrões ¹ CONSEMA
		soro de queijo	soro + água	vinhaça	sangue de aves	fermento batata	águas de abatedouro	Efluente de produção de licores	Efluente de produção de vinhos	
CE	uSm cm ⁻¹	4170	5030	8640	-	1690	548	275	1705	-
pH	-	4,63	3,83	2,74	-	3,75	6,00	7,23	7,16	6 - 9
Cor	mg PT l ⁻¹	>250	> 250	>250	>250	>250	>250	100	>250	-
Turbidez	UNT	7708	8241	>1000	>1000	>1000	217	11	73	-
NH ₄	mg l ⁻¹	20,74	16,01	34,70	-	24,60	22,90	12,90	57,90	20,00
NO ₃	mg l ⁻¹	0,00	0,00	334,92	-	2,38	0,05	0,42	0,53	-
Na	mg l ⁻¹	887,2	726,8	1315,8	2709,0	7464,0	35,1	26,8	566,0	-
K	mg l ⁻¹	2107,0	708,1	2935,0	3735,0	8077,0	29,2	11,1	37,8	-
Ca	mg l ⁻¹	101,80	71,46	451,00	22,00	18,00	5,80	8,90	41,20	-
Mg	mg l ⁻¹	37,50	36,60	211,00	19,00	55,00	1,90	2,10	14,60	-
Mn	mg l ⁻¹	0,07	0,22	11,55	-	0,59	0,05	0,02	0,69	1,00
Fe	mg l ⁻¹	2,70	5,65	41,00	45,00	1,90	0,62	0,00	26,70	10,00
Cu	mg l ⁻¹	0,00	0,00	10,00	-	0,00	0,00	0,00	0,64	0,50
Zn	mg l ⁻¹	0,55	0,48	3,90	-	0,22	0,00	0,08	2,65	2,00
P	mg l ⁻¹	66,38	76,02	73,00	476,00	131,00	6,80	1,70	25,00	4,00
COT	mg l ⁻¹	8301	3302	13108	-	34056	849	17	1601	-
DBO	mg l ⁻¹	18380	10800	20400	-	5510	789	183	3806	180

... continuação

Tabela 5 - Composição química, física e microbiológica dos principais resíduos líquidos gerados no processamento de alimentos de origem vegetal e animal nas agroindústrias familiares de pequeno porte do grupo Rede da Casa da Quarta Colônia - Rio Grande do Sul.

Parâmetro	Unidade	Resíduos líquidos								Padrões ¹ CONSEMA
		Soro de queijo	Soro de queijo + água	Vinhaça	Sangue de aves	Fermento batata	Água residuária de abatedouro	Efluente de produção de licores	Efluente de produção de licores	
DQO	mg l ⁻¹	79386	258655	>30000	-	115558	1200	191	5209	400
Alcalinidade	mg CaCO ₃ l ⁻¹	0	0	0	-	0	216	69	567	-
Dureza	mg CaCO ₃ l ⁻¹	408	329	1997	-	276	22	31	162	-
Coliformes totais	NMP 100ml ⁻¹	23054	23054	0	0	4,4	>23054	>23054	>23054	-
Coliformes fecais	NMP 100ml ⁻¹	23054	8	0	0	0	>23054	>23054	12753	10000
ST	mg l ⁻¹	15729	11686	34686	-	21357	733	200	1885	-
SDT	mg l ⁻¹	12657	11620	29057	-	17414	93	129	886	-

¹ Padrões CONSEMA para vazões de lançamento menores que 20 m³ dia⁻¹ para DBO e DQO, e menores que 100 m³ dia⁻¹ para amônia, fósforo e coliformes fecais. Os demais parâmetros foram estabelecidos independentes da vazão e no caso de valores não estabelecidos usa-se os valores para classe II do CONAMA para águas doces.

As quantidades anuais de nitrogênio mineral, fósforo e potássio, são de 78, 279 e 688 kg na agroindústria Parlacto. A segunda agroindústria em termos de quantidade é a Vô Bepi, com 18 e 141 kg ano⁻¹ de nitrogênio e potássio, respectivamente. As demais agroindústrias não acumulam quantidades significantes (Tabela 6).

Os resíduos líquidos analisados qualitativamente e multiplicado pelo volume gerado em um ano comprovam que o laticínio Parlacto é responsável pela maior parte dos elementos químicos N, P e K gerados entre as cinco principais agroindústrias familiares de pequeno porte pertencentes a Rede da Casa (Tabela 6). Também, o somatório total em kg por ano desses elementos nas cinco principais agroindústrias é inferior ao somatório dos elementos químicos gerados em uma pequena propriedade produtora de suíno, por exemplo. Exceto o potássio, o qual é descartado pelas agroindústrias em grandes quantidades, em especial a agroindústria Parlacto.

O volume total do resíduo gerado nas cinco principais agroindústrias da Rede da Casa, citadas na tabela 6, é três vezes maior que o volume de dejetos gerados por 300 suínos, porém, a concentração de nutrientes, em especial ao nitrogênio mineral e o fósforo, é 12 e três vezes menor, respectivamente. Somente o potássio é cinco vezes maior.

Diante do exposto, o transporte de resíduos agroindustriais inviabiliza o uso fora da propriedade, o que leva a concluir que medidas de redução do volume de água devem ser tomadas caso não disponha de área de lavouras nas proximidades, uma vez que, o lançamento em uma mesma área ao longo dos anos pode comprometer a qualidade ambiental.

Tabela 6 – Quantidades de nitrogênio mineral, fósforo, potássio e carbono anuais contidas nos resíduos líquidos das cinco maiores agroindústrias familiares de pequeno porte do grupo Rede da Casa da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul.

Agroindústria	Quantidade anual de nutrientes presentes nos resíduos					
	Resíduos		N mineral	P	K	C
	Tipo	litros ano ⁻¹	----- kg ano ⁻¹ -----			
Laticínios Parlacto	Soro	2880000	60	191	6068	23907
Laticínios Parlacto	Soro+água	1152000	18	88	816	3804
Abatedouro de aves	Sangue	2200	-	1	8	-
Abatedouro de aves	Água de abate	384000	5	3	11	326
Cantina Vô Bepi	Vinhaça	48000	18	4	141	629
Irmãos Simonetti	Vinhaça	15600	6	1	58	205
Produtos Lobler	Vinhaça	720	0	0	3	9
<i>Total</i>	-	<i>4482520</i>	<i>107</i>	<i>287</i>	<i>7105</i>	<i>28880</i>
Um suíno em terminação**	Dejeto	5000	4	3	5	-
300 suínos em terminação**	Dejeto	1500000	1310	864	1374	-

*= valores de N-NH₄⁺ mais N-NO₃⁻; OBS: as pequenas propriedades familiares criadoras de suíno têm em média 300 animais por ciclo; * = valores de NH₄⁺ e NO₃⁻; ** = teores na fase terminação (fonte: Hübner (2008) apud Perreira (2006) e apud Vanotti et al. (2007), (N-NO₃⁻ + N-NH₄⁺ = 873; P = 576 mg l⁻¹; K = 916 mg l⁻¹).

5.5.2.3 Caracterização comparativa relativo ao potencial poluidor dos diferentes resíduos e atividades

O potencial poluidor dos resíduos líquidos produzidos pelas agroindústrias familiares de pequeno porte foi comparado ao dejeto líquido de suínos, tomando-se como base quantos litros de água pura deveriam ser adicionados a cada litro de dejeto para que ele se enquadrasse em água de classe I segundo o CONAMA. As águas doces da classe I podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; 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. A tabela 7 mostra o volume de

água pura contaminado com um litro de resíduo, usando para tal, os níveis estipulados para enquadrar na classe I do CONAMA.

Entre os resíduos, o sangue é o que necessita maior volume de água pura para diluir a concentração em níveis da classe I do CONAMA (4760 litros), sendo o fósforo, o responsável pela maior quantidade necessária. A vinhaça não apresenta teores tão elevados de fósforo, mas é a que necessita maior volume de água para diluir os teores de NO_3^- , NH_4^+ , SDT, Cu (1058 litros), Mn e Zn em relação aos demais resíduos citados na tabela 7. Esses valores são baixos comparativamente ao dejetos de suíno, o qual necessitaria de 5760 litros de água por litro de dejetos por causa da alta concentração de fósforo.

Tabela 7 – Quantificação do volume de água pura necessário para diluir um litro de resíduo líquido para enquadrar na qualidade de águas da classe I do CONAMA.

	NO_3	NH_4	SDT	Cu	Fe	P	Mn	Zn
Padrão classe I (mg l^{-1})	10	3,7	500	0,009	0,3	0,1	0,1	0,18
	----- litros de água pura -----							
Soro de queijo	0	5	25	0	9	555	0	3
Soro de queijo+água	0	4	23	0	19	760	2	3
Sangue	-	-	-	-	150	4760	-	-
Água de abate	0	6	0	0	2	68	0	0
Vinhaça	33	9	58	1058	107	730	115	22
Fermento	0	6	35	0	6	131	6	1
Efluente de produção de licores	0	3	0	0	0	17	0	0
Efluentes de produção de vinhos	0	15	2	71	89	250	7	15
Dejeto suíno*	0	236	-	2978	-	5760	17	146

OBS: A vinhaça apresenta Fe e Cu solúvel em concentrações de 32,12 e 9,52 mg l^{-1} , nos demais resíduos foram usados valores dos teores totais da tabela 5; * Extraído de Hübner (2008) adaptado de Vanotti et al. (2007), e Mattias (2006).

Em termos de impacto no ambiente ou potencial poluidor pode-se concluir que as agroindústrias apresentam baixo potencial de poluição, embora alguns resíduos apresentem maior concentração do poluente, pois o volume gerado anualmente é inferior as demais atividades agrícolas, como a criação de suíno, por exemplo.

Os resíduos gerados nas AFPP processadoras de matéria-prima de origem vegetal ou animal permitem reutilização na maioria das vezes, como alimento de

animais e principalmente como adubação orgânica. Porém, a aplicação no solo ou lançamento nos cursos de água sem devido planejamento, pode comprometer a qualidade do solo e dos recursos hídricos. O lançamento direto nos cursos de água é desnecessário, uma vez que, a quantidade é baixa e os resíduos são gerados próximos de lavouras ou pastagens, onde há possibilidade de reutilização como adubo após estabilização do resíduo. É muito importante que o material esteja estabilizado para não provocar maus odores, moscas e injúrias pela possível fermentação.

5.6 Conclusões

1. Os principais resíduos líquidos gerados pelas agroindústrias familiares de pequeno porte são o soro de queijo, o sangue e a vinhaça. Eles apresentam alto potencial poluidor devido a alta DBO e DQO e aos altos teores de fósforo e nitrogênio.
2. Os principais resíduos sólidos gerados pelas agroindústrias familiares de pequeno porte são o bagaço de cana-de-açúcar, a casca de uva, a cinza, as vísceras, as penas de aves abatidas e a casca de ovos.
3. As agroindústrias com maiores volumes de resíduos sólidos são a Cantina Vô Bepi e Simonetti, com 20 e 8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de bagaço da cana-de-açúcar, e 12 e 2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de casca de uvas, respectivamente.
4. O Laticínio Parlacto é a agroindústria que produz mais de 4000 m³ de resíduos por ano, sendo a maior produtora de resíduos líquidos da Região da Quarta Colônia Italiana do Rio Grande do Sul.
5. Os resíduos, de processamento de matérias-primas de origem animal e vegetal, das quinze agroindústrias familiares estudadas apresentam menor potencial poluidor de água do que a terminação de apenas seiscentos suínos.

6 Estudo II: Impacto das agroindústrias familiares de pequeno porte na qualidade da água dos córregos

6.1 Resumo

A agricultura é responsável pela maior parte da contaminação das águas superficiais em função das fontes difusas de contaminação, enquanto as atividades agroindustriais podem ser fontes potenciais de poluição pontual. Esse estudo objetiva avaliar o impacto dos resíduos agroindustriais na qualidade da água dos córregos. Quatro córregos foram escolhidos entre quinze agroindústrias familiares de pequeno porte da Região da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul, para se avaliar a qualidade da água na nascente, num ponto antes do lançamento de resíduos e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria. As demais atividades exercidas dentro da propriedade, e não a agroindústria, são as responsáveis pela maior parte da contaminação dos córregos. A agroindústria Irmãos Giacomini foi a que mais contribuiu para contaminação da água do córrego, entre as quatro agroindústrias estudadas. O impacto das atividades das agroindústrias na qualidade da água dos córregos é, praticamente, desprezível em relação às demais atividades agropecuárias.

Palavras-chave: qualidade da água, contaminação, agricultura.

6.2 Introdução

O agricultor que passa a desenvolver atividade agroindustrial deixa de atuar sob seus próprios costumes e princípios, e passa a seguir uma série de normas pré-estabelecidas pelos órgãos ambientais e sanitários por se tratar de alimentos oferecidos para consumo humano. Todas as indústrias, públicas ou privadas, inseridas na listagem das atividades consideradas potencialmente causadoras de degradação ambiental, devem ser registradas junto ao Órgão Estadual de Meio Ambiente. Os registros podem compreender a Licença Ambiental Prévia - LAP, a Licença Ambiental de Instalação - LAI e a Licença Ambiental de Operação - LAO. Essa alteração se deve ao fato das agroindústrias familiares de pequeno porte (AFPP) serem enquadradas como fontes de poluição pontual, por permitirem a identificação do lançamento do efluente (BRAILE, 1971). Nos países desenvolvidos, maior atenção tem sido dada à poluição difusa, pelo fato os problemas causados pelas fontes pontuais já terem sido equacionados. Entretanto, nas nossas condições, há praticamente tudo a se fazer em termos do controle da poluição pontual originária de vilarejos rurais e agroindústrias (VON SPERLING, 1996), bem como em relação às fontes de poluição difusas, principalmente da agricultura.

As características dos problemas ambientais gerados pelas AFPP representam um novo tipo de desafio às famílias envolvidas e aos serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural, pois significa uma relação diferenciada com o meio-ambiente em relação às práticas sociais historicamente desenvolvidas nas atividades agrícolas. Tal situação impõe aos responsáveis pelas AFPP ações sob as quais não estão familiarizados, o que aumenta a necessidade de orientação técnica a estes empreendimentos. No entanto, observa-se que os profissionais envolvidos com as AFPP enfrentam dificuldades, porque os procedimentos normalmente exigidos pelos órgãos ambientais para proteção dos recursos naturais são os mesmos exigidos para grandes empresas agroindustriais, o que representa investimentos, muitas vezes, incompatíveis com a realidade das AFPP, já que ultrapassam sua capacidade de investimento. Essa dificuldade se agrava pela escassa produção acadêmica sobre a gestão ambiental de empreendimentos agroindustriais de pequeno porte, o que implica em ausência de um corpo

consolidado de conhecimentos tecnológicos capazes de sustentar propostas menos onerosas de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos e líquidos.

A carência de informações técnicas sobre a forma de enfrentar o desafio de adequar as unidades de processamento à legislação ambiental, realizando investimentos compatíveis com a capacidade de pagamento destes empreendimentos impõe que sejam efetivados estudos científicos para gerar indicadores de poluição dos recursos hídricos e edáficos e encontrarem-se formas de minimizá-los. Como enfatiza Silveira (1999), o conhecimento da natureza do efluente é essencial para o projeto e análise de instalações de tratamento, sendo o ponto de partida para a revisão dos processos utilizados e a possibilidade de utilização de subprodutos. Segundo o mesmo autor, tais informações são fundamentais para elaboração de um plano de controle ambiental, onde se proponham alternativas de tratamento e a decisão sobre a utilização de processos físicos, químicos e biológicos, de forma isolada ou articulada.

O grande número de unidades de processamento de matéria-prima de origem animal e vegetais que permanecem na informalidade, resultando em ausência de controle dos eventuais riscos e impactos causados ao meio-ambiente, implica na necessidade de aprofundarmos o estudo dos resíduos sólidos e líquidos por elas gerados. Deste modo, pode-se inferir que seu poder poluente e seu efeito para os recursos hídricos e edáficos são pouco estudados pelos pesquisadores e órgãos ambientais, talvez pela pequena escala destes empreendimentos e o conseqüente pequeno volume de resíduos gerados. No entanto, os resíduos oriundos do processamento de matéria-prima de origem animal e vegetal apresentam características peculiares em relação aos resíduos de outras atividades industriais.

Enquanto as águas residuárias exclusivamente industriais contêm, geralmente, maior percentual de sólidos suspensos e dissolvidos inorgânicos, as águas residuárias de atividades agropecuárias, agroindustriais e domésticas podem conter partículas de solo, fertilizantes, pesticidas, patógenos e, comumente, grande carga orgânica (Matos, 2005).

A caracterização das AFPP é influenciada pela forma de ocupação e pelo tipo de exploração agrícola. Na Região Central do Rio Grande do Sul, mais especificamente na Região da Quarta Colônia de Imigração Italiana, encontram-se duas condições ambientais que regem o tipo de exploração agrícola, as várzeas que permitem cultivo de arroz alagado, e as encostas onde se tem uma maior variedade de atividades agrícolas, predominando culturas de subsistências e comercialmente a

cultura do fumo. Embora a comercialização dos excedentes tenha surgido junto com a colonização, a atividade agroindustrial ganhou importância e dedicação, tanto por parte dos produtores como das entidades públicas, somente a partir da década de 90, onde iniciou uma série de atividades vinculadas ao processamento de matéria-prima com caráter mais agroindustrial.

A legislação não prevê normas para controle de poluição difusa, como aquelas provocadas no cultivo de arroz e ou fumo, mas existe uma complexa normatização para controle de lançamentos de efluentes gerados no processamento de materiais de origem animal e vegetal, as quais se caracterizam como fontes pontuais de poluição. No âmbito nacional, o lançamento de efluentes é regulado pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005 e para o Estado do RS pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) por meio da Resolução nº128 de 24 de novembro de 2006.

A diferença acerca do potencial de degradação ambiental entre pequenas e grandes indústrias é ainda pouco esclarecida, assim como a contaminação causada dentro da propriedade rural devido ao processamento da produção na AFPP em relação às atividades de produção agrícola (fonte pontual e difusa de contaminação). Dessa forma, torna-se necessário uma comparação entre as principais fontes difusas (lavoura de fumo e lavoura de arroz alagado) e pontuais (dejetos animais e humanos e efluentes agroindustriais) representantes da região.

6.3 Objetivos

Este estudo tem por objetivo avaliar os impactos na qualidade da água de córregos provocados pelo lançamento de resíduos derivados do processamento de vinhos, licores, abatedouro de aves e frigoríficos por agroindústrias familiares de pequeno porte da Região da Quarta Colônia Italiana do Rio Grande do Sul.

6.4 Material e Métodos

6.4.1 Localização

O presente estudo foi feito na Região da Quarta Colônia no centro do Estado do Rio Grande do Sul, cuja descrição foi feita no estudo I.

6.4.2 Escolha e descrição dos pontos de coletas

A avaliação da qualidade da água ao longo de córregos foi feita em quatro propriedades das quinze agroindústrias caracterizadas no estudo I. Elas foram escolhidas porque exerciam atividades agrícolas e agroindustriais e que continham um córrego nas proximidades das instalações com nascente na própria propriedade ou acima desta. As agroindústrias escolhidas foram: Abatedouro de aves do município de Faxinal do Soturno; Irmãos Giacomini de São João do Polêsine; Sabor do Vale de Vale Vêneto em São João do Polêsine e; Irmãos Simonetti de Ivorá. Os córregos foram denominados, respectivamente, conforme a atividade desenvolvida por cada agroindústria, e são eles: abatedouro de aves, frigorífico, licores e vinhos.

Em cada córrego coletou-se amostras de água na nascente, antes e depois do lançamento dos resíduos agroindustriais.

6.4.3 Caracterização física e morfológica do relevo e córrego

A identificação do uso do solo ao longo do córrego considerou a cobertura do solo (matas, campos com pastagens e presença de fontes de contaminação). O relevo foi caracterizado quanto a declividade e posição altimétrica. Os pontos de poluição pontual identificados foram pocilgas, estábulos, efluentes domésticos e os efluentes agroindustriais. Tanto a caracterização física e morfológica quanto os

pontos de poluição foram identificados em campo e ilustrados em imagens adquiridas no Google Earth (Figura 4).

As agroindústrias estudadas representam a maioria das agroindústrias de pequeno porte da Região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do sul. Os córregos dessa Região em estudo são a maioria de primeira ordem e de baixa vazão podendo ter interrupção em casos de estiagens prolongadas, o que diminui a capacidade de autodepuração.

As nascentes dos córregos frigorífico e abatedouro de aves se localizam em áreas de campo com pastagens perenes (Figura 4A e 4D). Já nos córregos licores e vinho, as nascentes estão localizadas dentro de mata densa sem influências de outras atividades (Figura 4B e 4C). Ao longo do córrego licores, referente a agroindústria sabor do vale, existem várias fontes pontuais de poluição provindas de inúmeras casas (Figura 4B). No córrego frigorífico a principal fonte de contaminação é difusa, proveniente de campo com pastagens permanentes e criação de gado (Figura 4D). As agroindústrias Simonetti e Abatedouro de aves apresentam intensa atividade agrícola e de pastagens ao longo dos córregos vinhos e abatedouro de aves, os quais estão totalmente desprovidos de mata ciliar (Figura 4C e 4D). Nota-se descaso total à mata ciliar pelos proprietários das agroindústrias e dos demais produtores das terras que circundam os córregos.

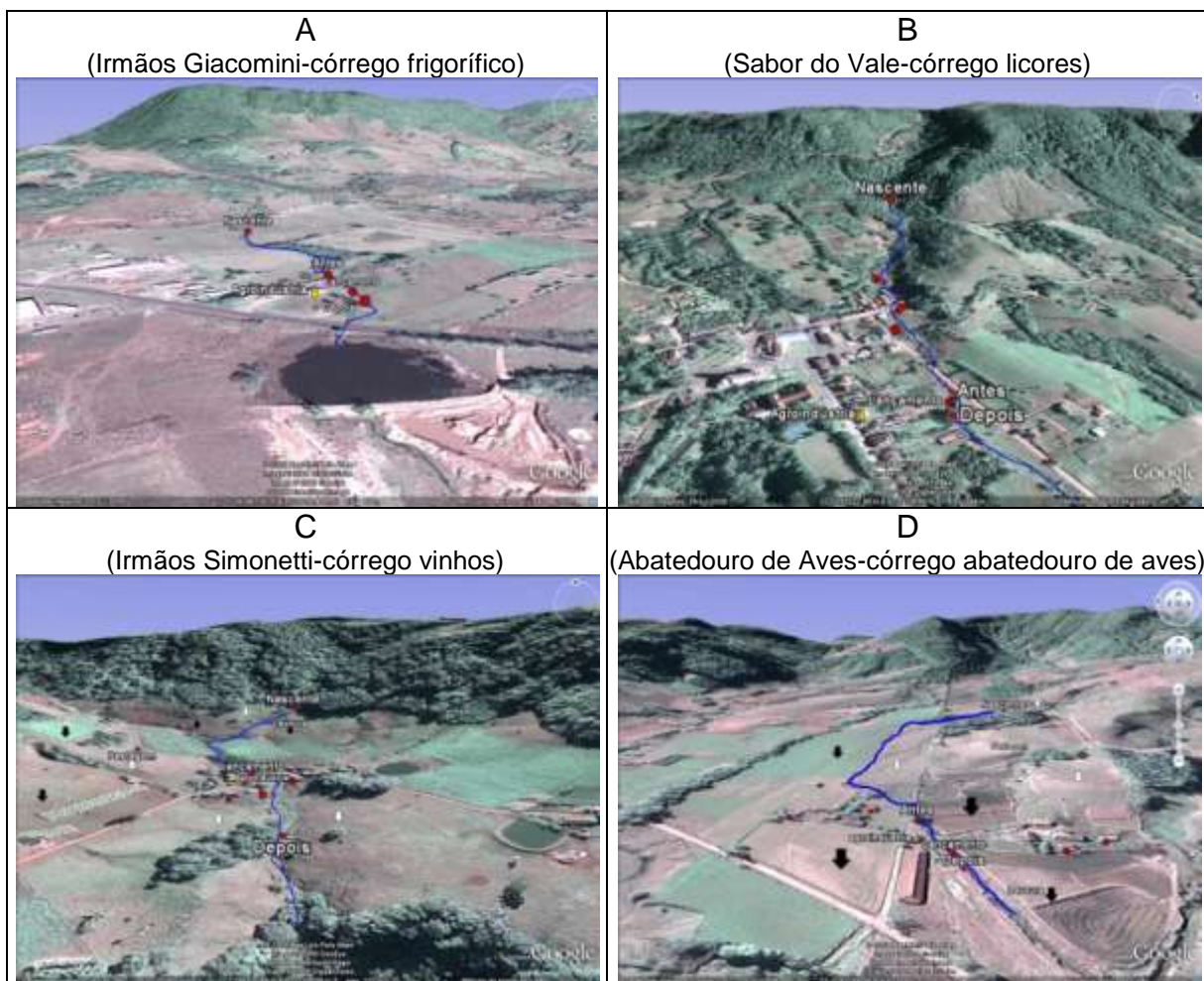


Figura 4 - Localização dos córregos: frigorífico (A), licores (B), vinhos (C) e abatedouro de aves (D).

A agroindústria Irmãos Giacomini processa derivados de carnes gerando resíduos altamente poluidores, os quais são tratados em sistema de tratamento projetado pela FEPAM composto por tanques sépticos anaeróbicos, que posteriormente são descartados no córrego frigorífico.

A agroindústria Sabor do Vale produz licores e o resíduo gerado é água de lavagem dos equipamentos, a qual é lançada junto no mesmo sistema de tratamento do esgoto doméstico, composto por fossas sépticas, que posteriormente são lançados no córrego licores.

A agroindústria Irmãos Simonetti produtora de vinhos e cachaça, gera água de lavagem, e mais vinhaça na produção de cachaça. Os resíduos são lançados no solo próximo a cantina e atinge o córrego vinhos eventualmente.

O Abatedouro de aves é responsável pelo abate de aves duas vezes por semana e todo o resíduo líquido gerado passa por um sistema de tratamento. Ele é

composto por tanques de decantação e flutuação e posteriormente pelo sistema de tratamento por zona de raízes, no final do processo o resíduo é lançado em uma lagoa onde pode atingir indiretamente o córrego abatedouro de aves pela infiltração no solo, e diretamente em casos de chuvas intensas pelo transbordamento da lagoa.

Os córregos vinhos e licores são os que apresentam relevo mais acidentado e possivelmente maior capacidade de oxigenação e autodepuração, enquanto o córrego frigorífico é praticamente estagnado e com vazão baixa em épocas de poucas chuvas, como no período referente ao estudo (Tabela 8).

Tabela 8 - Dados do relevo e posição altimétrica dos pontos de coleta nos córregos avaliados, referentes às agroindústrias.

Córrego	Altitude (m)			Altitude*	Distância*	Declividade (%)*
	Nascente	Antes	Depois			
Frigorífico	77	69	66	11	320	3
Licores	250	155	153	97	1000	10
Vinhos	252	213	199	53	500	11
Abatedouro de aves	138	94	91	47	700	7

* valores de altitude, distância e declividade significam a diferença entre valores na nascente e no ponto de lançamento de resíduos agroindustriais.

6.4.4 Análises microbiológicas

As amostras de água para análises microbiológicas foram armazenadas em recipientes esterilizados e conservadas em baixa temperatura ao serem transportadas para o Laboratório de Análises de Águas Rurais do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria.

O número mais provável de coliformes totais e coliformes fecais foi estimado usando a mesma técnica descrita no item 5.4.3.3 do estudo I.

6.4.5 Análises físico-químicas

As amostras de água para análises físico-químicas foram coletadas, armazenadas em frascos e conservadas em baixa temperatura ao serem transportadas para o Laboratório de Análises de Águas Rurais do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria.

As análises físico-químicas compreendem a determinação dos seguintes parâmetros: temperatura; oxigênio dissolvido (OD); pH; condutividade elétrica (CE); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); e demanda química de oxigênio (DQO); nitrato (N-nitrato) e amônia (N-amônia); fósforo (P); cálcio (Ca) e magnésio (Mg); potássio (K) e sódio (Na); dureza; alcalinidade; ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn); carbono (C); cor; turbidez; sólidos dissolvidos totais (SDT) e sólidos totais (ST).

As medidas de temperatura e oxigênio dissolvido (OD) foram realizadas *in situ* no momento da coleta da água, usando oxímetro.

Os demais parâmetros foram analisados usando os procedimentos e técnicas descritas no item 5.4.3.3 do estudo I.

6.4.6 Análises estatísticas

A avaliação dos impactos das atividades agroindústrias na qualidade da água dos córregos foi feita através da comparação entre as médias das coletas (**nascente**, **antes** do lançamento de resíduos pela agroindústria e **depois** do lançamento de resíduos pela agroindústria). O teste t foi aplicado para comparar médias de duas amostras independentes (pontos de coleta), através da reamostragem bootstrap, em nível de 5% de probabilidade de erro. O teste foi realizado no programa estatístico BioEstat, versão 5.0 (AYRES, 2007). A técnica de reamostragem bootstrap consiste em retirar de uma pequena amostra, numerosas outras (n), com reposição (neste trabalho foram feitas 5000 reamostragens). Cada uma delas tem a probabilidade $\frac{1}{n}$ de ser obtida.

As hipóteses testadas foram:

- H_0 : não há diferença estatística entre as médias nos pontos de coleta: $\mu_1 = \mu_2$;
- H_1 : há diferença entre as médias nos pontos de coleta: $\mu_1 \neq \mu_2$;

Em que: μ_1 e μ_2 são as médias de cada contaminante, nos pontos comparados.

6.5 Resultados e Discussão

A água coletada nas nascentes dos quatro córregos estudados apresenta baixa taxa de contaminação antrópica. Ela apresentou teores normais para a maioria dos parâmetros analisados, exceto para a nascente do córrego vinhos, que apresentou valores elevados de CE, Ca e Mg, e as nascentes abatedouro de aves e licores com valores altos de cor. O valor médio de CE da água coletada no córrego vinhos foi de $138 \mu\text{Sm cm}^{-2}$ coincidindo com altos teores de Ca e Mg ($27,8$ e $10,6 \text{ mg l}^{-1}$), enquanto que, as amostras de águas das demais nascentes apresentaram médias de, no máximo, $58 \mu\text{Sm cm}^{-2}$ para CE, médias de $6,1$ a $8,6 \text{ mg l}^{-1}$ para Ca e de $1,5$ a $3,1 \text{ mg l}^{-1}$ de Mg. Esses teores podem ser atribuídos a fatores naturais e não antrópicos porque a nascente está posicionada na cabeceira da bacia hidrográfica protegida com mata nativa densa (JENNY, 1941; REYNOLDS e DAVIES, 2000). A cor elevada nas águas das nascentes dos córregos abatedouro de aves e Licores, sendo $18,7$ e $38,7 \text{ mg PT l}^{-1}$, respectivamente, pode ser atribuída à fatores naturais como a presença de ferro e matéria orgânica que são os principais responsáveis por essa característica.

No entanto, mesmo protegidas da contaminação antrópica, a água das nascentes pode apresentar teores elevados de alguns elementos minerais, orgânicos e/ou microbiológico, os quais ocorrem isoladamente dependendo das características de cada ambiente e dos ciclos naturais de decomposição do material orgânico. Os valores de alguns parâmetros podem naturalmente exceder os limites máximos padronizados pelo Ministério de Saúde para consumo humano. Esses valores podem estar relacionados ao tipo de solo originário do material rochoso, e quando ocorre, qualquer época que se avalie a qualidade da água, os contaminantes serão detectados na análise. Já contaminantes originados por

agentes vivos, como restos de vegetais e animais, a contaminação pode ser denominada de sazonal ou instantânea, porque ocorre pela interferência do escoamento superficial, por exemplo, e a qualidade se altera em função de um evento pluviométrico e posteriormente volta ao teor normal.

A alteração no valor dos diferentes parâmetros de qualidade de água analisados ao longo do córrego variou de acordo com a dinâmica de cada parâmetro e das características de cada córrego. No entanto, a alteração nos valores também representou a influência das atividades antrópica nos pontos antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria, a qual está discutida para cada uma das agroindústrias.

O córrego vinhos percorre seus primeiros 500 metros por entre terras usadas com lavouras (subsistência e fumo), pomares (videiras e laranjeiras), pastagens perenes e por entre as casas de duas famílias e das instalações de estábulos, pocilgas, galpões e da cantina onde se produz vinhos. A qualidade da água do córrego vinhos ao final dos 500 metros, alterou-se pelo aumento significativo dos valores da cor e Mn. Também houve diminuição significativa para alguns parâmetros como para os valores de CE, Ca e alcalinidade (APÊNDICE A). Apesar de não significativo, os valores de DBO, DQO, OD, NH_4^+ e Fe também aumentaram na amostra de água coletada no ponto final da propriedade (Figura 5).

Considerando a qualidade da água em função do lançamento de resíduos pela agroindústria Irmãos Simonetti, significativamente aumentou somente a CE e reduziu turbidez (APÊNDICE A). Já a amostra coletada no ponto antes do lançamento de resíduo, que corresponde às interferências das lavouras e pomares, aumentou significativamente a turbidez, a cor e Mn e reduziu significativamente os valores de CE, Ca e dureza, em relação aos teores da amostra de água da nascente (APÊNDICE A e Figura 5). Também, mesmo que insignificante, aumentou o fósforo e a DBO (Figura 5). Portanto, pode-se inferir que o lançamento de resíduos pela agroindústria Irmãos Simonetti não é relevante na alteração de qualidade da água do córrego vinhos, pois os valores dos parâmetros cor e Mn, já estavam com seus teores alterados em função das demais atividades (Figura 5), e o lançamento de resíduo, não propriamente devido a ele, mas àquele ponto que se refere a ele, alterou a qualidade contribuindo para elevação significativa do valor da CE (APÊNDICE A e Figura 5).

O córrego licores apresenta ao longo dos seus primeiros 1000 metros pouca influência por lavouras e pastagens, sendo de maior destaque a presença de inúmeras casas, fontes de poluição pontual, que assim como a agroindústria Sabor do vale, lançam seus efluentes domésticos no córrego. Ao percorrer os 1000 metros desde a nascente até o ponto depois do lançamento dos resíduos da agroindústria, a qualidade da água se alterou em função do aumento significativo dos valores de CE, coliformes totais e fecais, e DQO, e redução significativa da turbidez (APÊNDICE B). A razão para o aumento dos teores microbiológicos é a elevada carga de esgoto recebida das residências ao longo do percurso do córrego. Antes mesmo da avaliação da qualidade da água nos demais pontos de amostragens, podemos inferir que a contaminação está sendo causada unicamente pelo esgoto doméstico, porque resíduos de licores não apresentam contaminação microbiológica.

O lançamento dos resíduos pela agroindústria Sabor do Vale no córrego licores não alterou significativamente nenhum valor dos parâmetros analisados (APÊNDICE B). Porém, aumentou os teores de fósforo e a concentração de coliformes fecais (Figura 5). A água coletada no ponto antes do lançamento de resíduos da agroindústria, o qual se refere a contaminação pelas demais atividades ou fontes de contaminação, apresentou alteração nos valores de CE, coliformes totais e DQO, que aumentaram significativamente, enquanto coliformes fecais e DBO aumentaram, mas o teste t do método bootstrap com 5% de probabilidade de erro não detectou essa diferença. Então, pode-se descartar a possibilidade, do resíduo gerado pela agroindústria Sabor do Vale no processamento de licores, de contaminação por essa atividade, mas antes do lançamento final do esgoto poderia este, ainda passar por mais um sistema para reduzir os contaminantes microbiológicos e orgânicos do efluente doméstico, como o tratamento por zona de raízes.

O córrego abatedouro de aves tem sua nascente em campo aberto entre pastagem perene onde circundam animais. O percurso estudado compreende 700 metros de comprimento, o qual não apresenta mata ciliar, e as lavouras, tanto de sequeiro como de arroz inundado, ficam à margem do córrego. A qualidade da água no ponto depois do lançamento dos resíduos, o qual reflete a contaminação do conjunto de atividades (agricultura, pecuária e agroindústria), está alterada ao comparar a amostra nesse ponto com a amostra da nascente. Os parâmetros

alterados significativamente foram a CE, a cor, a dureza e OD (APÊNDICE C). Assim, as demais atividades alteraram significativamente os valores de coliformes totais, Ca, dureza e OD, da água do córrego abatedouro de aves entre a nascente e o ponto anterior ao lançamento dos resíduos líquidos (APÊNDICE C e Figura 5).

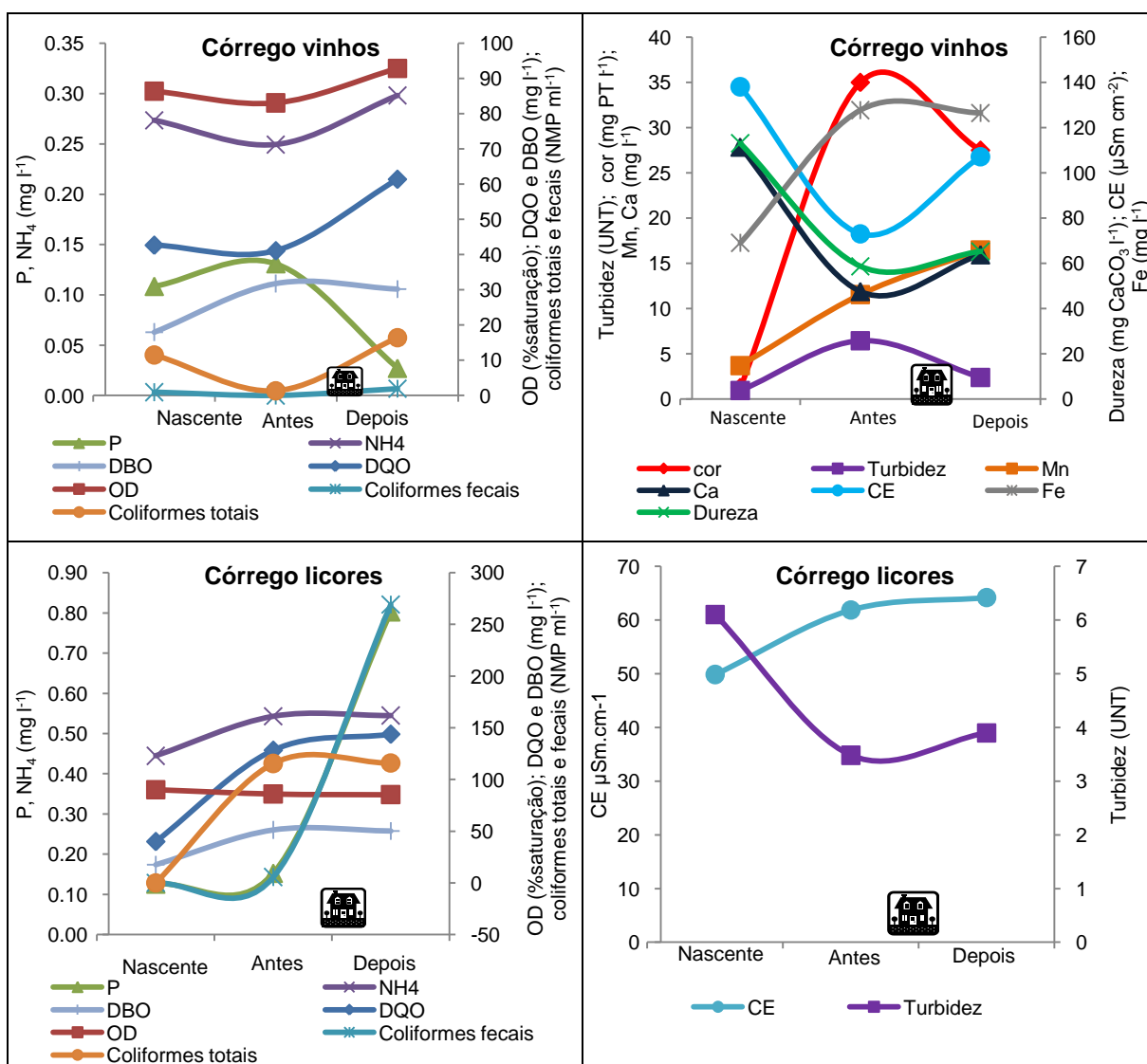
A alteração causada pelo lançamento de resíduo no córrego abatedouro de aves se refletiu somente no aumento significativo do valor da cor. Isso demonstra a eficácia do sistema de tratamentos usado. Ele é composto por um sistema de tanques de deposição e flutuação, tanque de tratamento por zona de raízes e lagoa anaeróbica.

O córrego frigorífico nasce em meio ao campo nativo e percorre por entre as pastagens e vegetação nativa até o ponto depois do lançamento dos resíduos da agroindústria Irmãos Giacomini, que fica 320 metros distantes da nascente. A amostra de água coletada no final do percurso avaliado em relação à amostra de água da nascente teve aumento significativo nos valores de: CE, turbidez, cor, NH_4^+ , coliformes totais e fecais, Ca, Mg, alcalinidade, DBO e consumo de OD (APÊNDICE D e Figura 5). Comparando a qualidade da água na nascente e no ponto depois do lançamento de resíduos pela agroindústria (APÊNDICE D) percebe-se que há incremento na contaminação da água do córrego frigorífico ao longo do percurso, causado pelas fontes de poluição difusas (agropecuária) e fontes pontuais de poluição (agroindústria) (Figura 5). As demais atividades desenvolvidas à montante da agroindústria e lançamento de resíduos agroindustriais elevaram os valores de CE, cor, coliformes totais, Ca, Mg e DBO na água coletada no ponto antes do lançamento de resíduos da agroindústria em relação à qualidade encontrada na nascente do córrego frigorífico (APÊNDICE D e Figura 5).

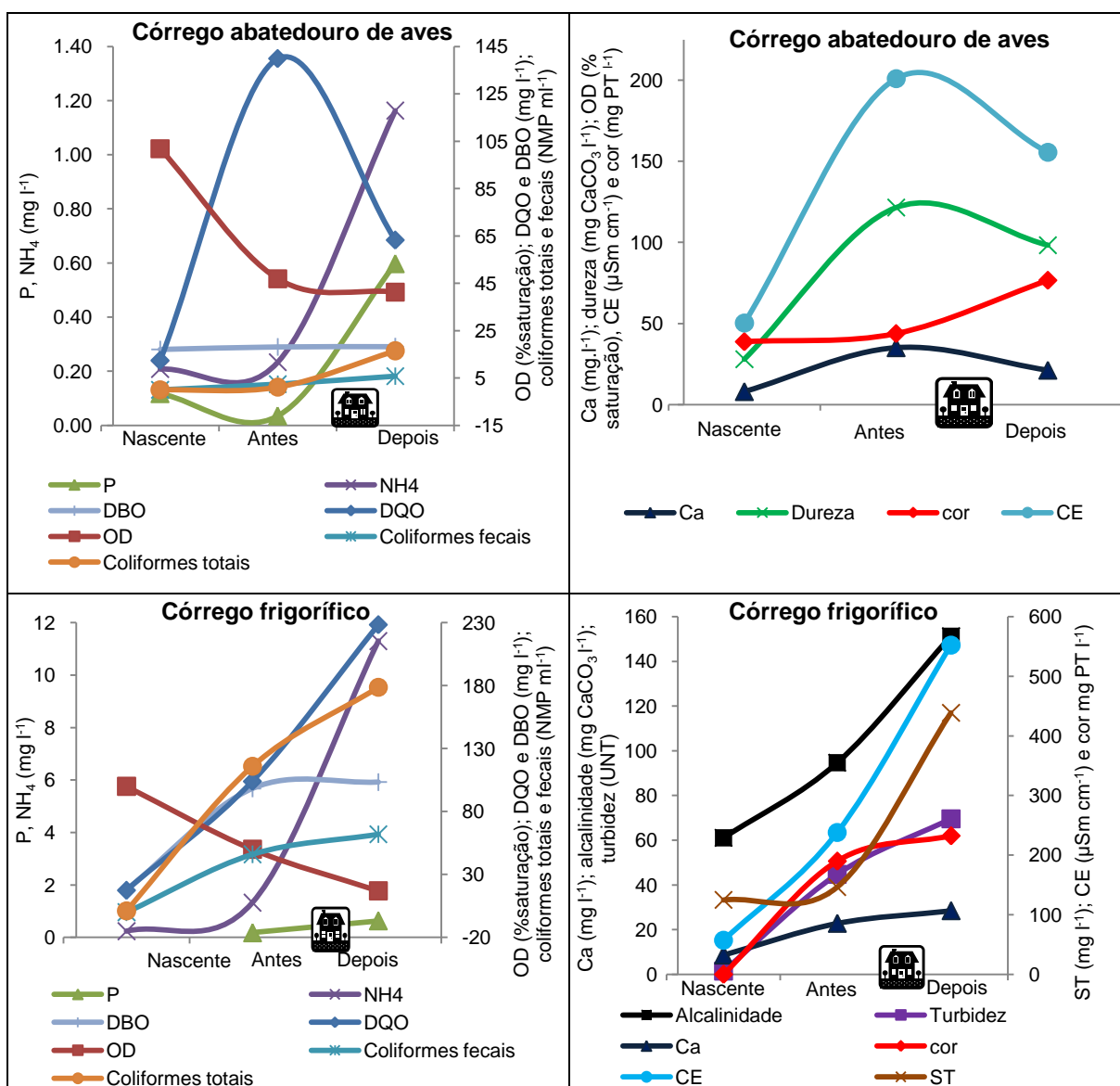
O lançamento dos resíduos da agroindústria Irmãos Giacomini no córrego, mesmo tratado por um sistema de tratamento por tanques sépticos desenvolvidos pela FEPAM, alterou significativamente a qualidade da água. Entre os parâmetros alterados destacam-se a CE, NH_4^+ e OD (Figuras 5). Ainda, mesmo que não significativo estatisticamente, aumentou consideravelmente os valores de alcalinidade, turbidez, ST, Ca, DQO e coliformes totais e fecais (Figura 5).

Considerando os diferentes tipos de sistemas de tratamento existentes estão aqueles que facilitam a oxigenação para que a decomposição seja acelerada, porém, aqueles sem a adição extra de oxigênio, como este exigido pela FEPAM, podem ter, mesmo que lentamente, uma boa estabilização e redução da carga

orgânica e de patógenos. No entanto, em qualquer um desses tratamentos pode haver subsequente ou paralelo, adição de tratamento com plantas recuperadoras dos elementos químicos, como no caso das estações de tratamento por zona de raízes. O sistema em questão (FEPAM) pode estar com alta eficiência na remoção orgânica, porém, devido a falta de oxigenação e de plantas recuperadoras dos elementos químicos, o efluente lançado depois do tratamento, mesmo que reduzido, está causando significativas mudanças na qualidade da água do córrego. Assim, a alternativa para reduzir o impacto no córrego é fundamental o uso de uma estação com zona de raízes para efetivar o tratamento e não comprometer a qualidade da água do córrego frigorífico.



Figuras 5 – Valores médios dos parâmetros de qualidade de água coletada nos pontos: nascente, antes do lançamento de resíduos pela agroindústria e depois do lançamento de resíduos pelas agroindústrias Simonetti (Córrego Vinhos) e Sabor do Vale (Córrego Licores). Obs.: Os valores de coliformes totais e fecais estão expressos em NMP ml⁻¹, e não NMP 100ml⁻¹ para melhorar ajuste de escala.



Figuras 5 – Valores médios dos parâmetros de qualidade de água coletada nos pontos: nascente, antes do lançamento de resíduos pela agroindústria e depois do lançamento de resíduos pelas agroindústrias Simonetti (Córrego vinhos), Sabor do Vale (Córrego licores), abatedouro de Aves (Córrego abatedouro de aves) e Irmãos Giacomini (Córrego frigorífico). Os valores de coliformes totais e fecais estão expressos em NMP ml⁻¹, e não NMP 100ml⁻¹ para melhorar ajuste de escala; a coluna de gráficos da esquerda representa os principais parâmetros para avaliação da interferência das diferentes atividades na qualidade da água dos córregos. A coluna de gráficos à direita mostra apenas os demais parâmetros que tiveram alteração significativa em um dos pontos em relação aos outros.

Entre os indicadores de qualidade de água, a presença de substâncias orgânicas de fácil decomposição é um dos mais relevantes. Nesse sentido, na figura 6 estão destacados os valores de OD, DBO e DQO da água coletada nos quatro córregos. No caso dos valores de OD das amostras de água coletadas ao longo dos córregos estão contrastados com os limites determinados pelo CONAMA (2005)

para classificação dos corpos hídricos de águas doces. Nota-se que todas as nascentes dos córregos estudados classificam-se como classe I, por apresentarem níveis de OD acima de 6 mg l^{-1} . Do mesmo modo, os córregos vinhos e licores apresentam ao longo de todo o percurso níveis similares e elevados de OD, acima dos níveis da classe I. Nos córregos frigorífico e abatedouro de aves houve redução para classe III no ponto antes do lançamento de resíduos da agroindústria. Posteriormente no córrego abatedouro de aves houve um aumento na concentração de OD no ponto depois do lançamento de resíduos pela agroindústria elevando para classe II. Já no córrego frigorífico reduziu ainda mais os teores de OD e deixando abaixo do nível mínimo da classe IV.

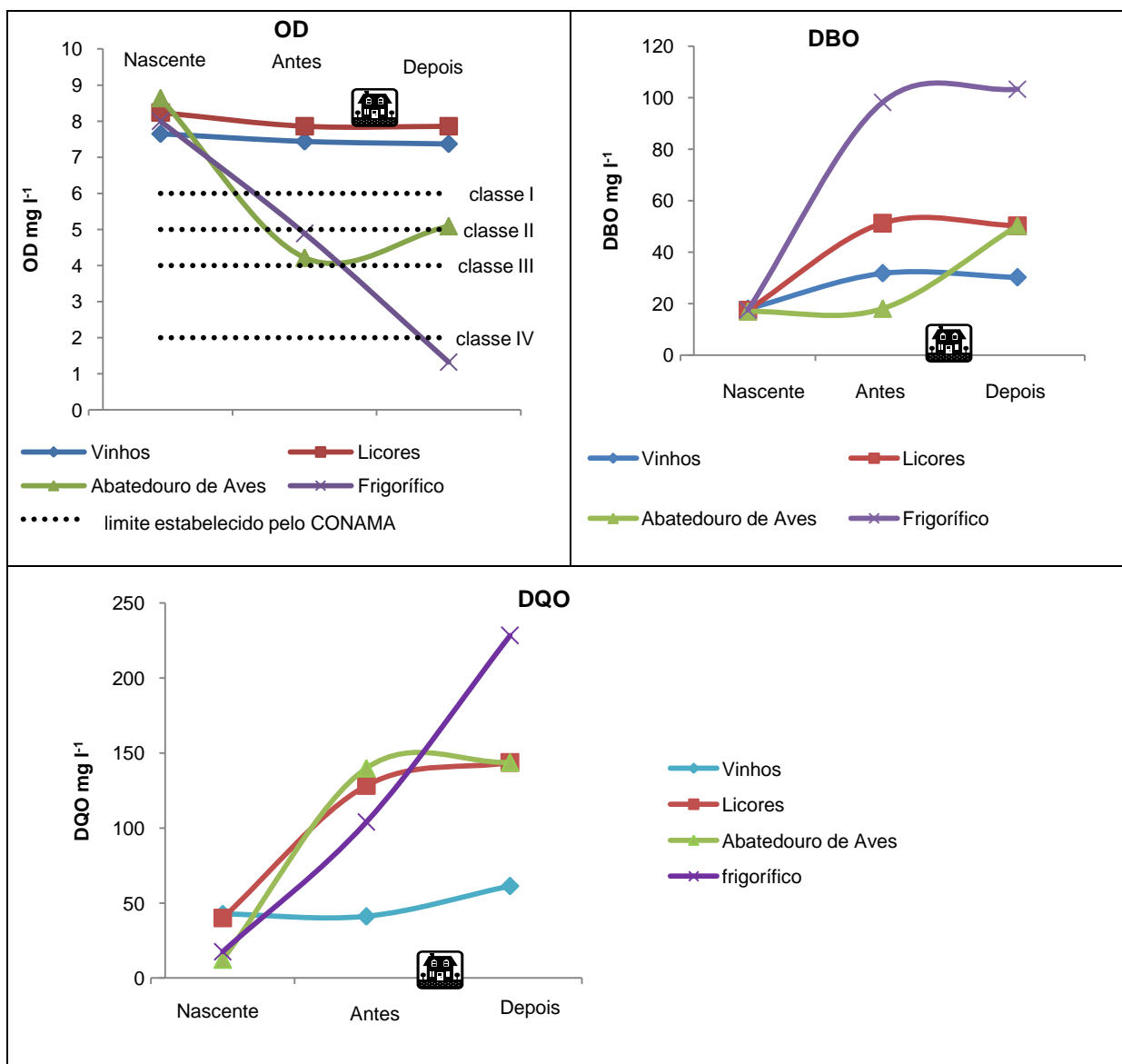


Figura 6 – Médias de oxigênio dissolvido na água coletada nos córregos nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria, e níveis das diferentes classes de águas doces estabelecidas pela Resolução do CONAMA nº 357 de 2005; médias de demanda biológica e química da água nos córregos.

Os resíduos lançados pela agroindústria Irmãos Giacomini está realmente alterando a qualidade da água do córrego frigorífico, enquanto as demais agroindústrias têm a qualidade da água no córrego alterada pelas fontes difusas de poluição como da agricultura e/ou pecuária, ou ainda, por outras fontes pontuais, sem a participação da agroindústria.

Os fatores de interferência na qualidade da água dos córregos atuam de forma dinâmica e complexa. Os diferentes tipos, quantidades e sazonalidades de resíduos lançados pelas agroindústrias tornam a interferência na qualidade da água dos córregos completamente específica para cada agroindústria. Além do mais, a capacidade de cada córrego receber uma carga residual, se autodepurar sem comprometer a qualidade está diretamente influenciada pela dinâmica de oxigenação da água, através do fluxo rápido e turbulento ditado pelo tipo de relevo e constituição do canal do córrego, além da frequência e volume das demais fontes pontuais e difusas de poluição.

As fontes difusas de poluição aumentam o impacto à medida que as matas dão lugar às lavouras. A poluição difusa atinge os córregos através do escoamento superficial causado nos eventos pluviométricos e é mais ou menos intensa dependendo da cultura e do manejo adotado. Os valores de DBO, DQO e outros parâmetros de qualidade da água apresentado anteriormente, se elevam e se diferenciam da qualidade da água analisada na nascente, na medida em que se afasta da nascente e percorre-se por entre lavouras e outros usos que não o uso com mata.

Da mesma maneira, na pequena bacia hidrográfica do Arroio Lino, região na qual se cultiva fumo de maneira intensiva, o estudo feito por Gonçalves (2003) mostrou que a água do arroio esteve continuamente com alto teor de fósforo total (média de $0,17 \text{ mg l}^{-1}$), muito acima do estabelecido pelo CONAMA, o que caracteriza um ambiente aquático eutrofizado. Os altos valores encontrados são atribuídos ao manejo do solo adotado, onde, de acordo com Rheinheimer et al. (2003), as empresas fumageiras adotam um sistema de adubação baseado na segurança de produção em detrimento dos demais recursos. Porém, nenhum órgão ambiental consegue impedir que continue essa atividade, ou que se penalizem as empresas responsáveis.

Conforme Pellegrini (2005), a transferência de partículas de solo e de fósforo dos sistemas terrestres para os ambientes aquáticos é incrementada pelo aumento

nas áreas de lavoura e de estradas. Assim como nas agroindústrias, a falta de planejamento das instalações das sedes das propriedades e do tratamento dos dejetos animais, contribui para o enriquecimento da água com fosfato, o que de fato condiz com os resultados encontrados nos córregos vinhos, licores, abatedouro de aves e frigorífico. Bortoluzzi et al. (2006) também evidenciaram que outras atividades responsáveis, e não a atividade agroindustrial como a principal na degradação da qualidade da água.

Os cursos de águas apresentam contaminação ao longo do percurso causada pelas diferentes atividades. A proteção das nascentes e das margens dos rios com vegetação nativa é tão importante quanto a quantidade e o tipo de poluentes lançados, diretamente ou indiretamente nos cursos de água, para a alteração na qualidade da água. A poluição da água no córrego se dá por inúmeros fatores, inclusive de resíduos tratados de forma ineficiente. Portanto, o conhecimento do potencial poluidor de cada atividade se mostra fundamental para que se reduza a contaminação da água nos córregos. É preciso também, reduzir a contaminação de todas as atividades, e a atividade agroindustrial é uma das que mais possibilita essa redução, porque se trata de fontes pontuais de poluição, mas as técnicas para tal devem ser adequadas a situação de cada agroindústria, para que além de viável economicamente, seja de fato viável e eficiente no tratamento, e não apenas como um requisito para legalização.

6.6 Conclusão

1. O impacto das atividades das agroindústrias familiares de pequeno porte na qualidade da água dos córregos é, praticamente, desprezível em relação às demais atividades agropecuárias.
2. A agroindústria Irmãos Giacomini foi a que mais contribuiu para contaminação da água do córrego, entre as quatro agroindústrias estudadas.
3. Não se justifica o fechamento ou penalização às agroindústrias por não acatarem aos mesmos padrões exigidos de grandes empresas pelos órgãos reguladores, assim como não se justifica o descaso total do produtor com o

destino dos resíduos. Não é porque existem outras atividades que contaminam mais, ou por ser baixa a interferência das atividades agroindustriais no ambiente, que não deva ser dado um destino planejado e correto para os resíduos agroindustriais. A grande questão a ser entendida pelos proprietários, pelos órgãos fiscalizadores e pelos agentes prestadores de assistência técnica, é que o potencial de poluição das agroindústrias é em função do volume e do tipo de resíduo, e na maioria das vezes é baixo e pode ser eliminado com baixo custo e técnicas simples de tratamento, e que antes da fiscalização deve existir um órgão que junto com o produtor, baseado no conhecimento sobre o resíduo e sobre o impacto ambiental, encontre a melhor alternativa para o destino dos resíduos, e que se penalizem aqueles que não permitirem, por justa causa, a implementação de tratamento ajustado para a situação.

7 Estudo III: Tratamento de resíduos líquidos de agroindústrias familiares de pequeno porte por meio de zona de raízes

7.1 Resumo

A destinação correta dos resíduos agroindustriais pode envolver diferentes sistemas de tratamento. Esses devem ser de baixo custo, de fácil manutenção e eficazes para atender as normas legais. O presente estudo teve por objetivo avaliar a eficácia do sistema de tratamento por zona de raízes para o tratamento de resíduos líquidos. Instalaram-se, em agroindústrias produtora de queijos, de vinhos e sucos e de abate de aves. Em cada uma delas, construíram-se as estações de tratamento em triplicata, usando-se o consórcio das plantas tifa + inhame + copo de leite + sagitária. Durante aproximadamente um ano coletaram-se amostras dos resíduos *in natura* e após o sistema de tratamento. Os sistemas de tratamento por zona de raízes foram satisfatórios na remoção da carga orgânica, embora em algumas situações não atingissem os padrões exigidos pela legislação. A remoção da parte sólida com pré-tratamento foi fundamental à eficiência do tratamento por zona de raízes. O tratamento dos resíduos da produção de queijos necessita obrigatoriamente da remoção prévia da gordura e da correção do pH.

Palavras-chave: tratamento de resíduo líquido, produção de queijo, abatedouro de aves, produção de vinhos e sucos.

7.2 Introdução

Os processos de produção agroindustrial geram além do produto final, diversos resíduos como componentes descartados. A qualidade dos resíduos depende, entre outros fatores, da natureza e da origem da matéria prima, da qualidade da água e da natureza dos produtos químicos e orgânicos utilizados nos processos (MATOS, 2002). Os dados sobre as características dos dejetos industriais encontrados na literatura apresentam uma grande variabilidade, refletida nas faixas de valores bastante amplas, mesmos dentro de uma mesma tipologia industrial. Para laticínios com processamento de 1000 litros de leite por dia as concentrações de DBO podem variar de 300 a 5000 mg l⁻¹; matadouros de 1000 a 5000 mg l⁻¹; conservas de fruta e verduras de 200 a 3000 mg l⁻¹ (CETESB, 1976; MATOS, 2002). Da mesma forma, são variáveis as vazões específicas de efluentes e das cargas específicas de DBO em quilograma por unidade produzida. Entre estas agroindústrias, os laticínios com queijaria são os que apresentam os maiores valores de DBO, os quais podem variar de 500 a 8000 mg l⁻¹. Por esta razão, von Sperling (1996) recomenda a obtenção de dados reais nas indústrias em análise, através de questionários, medições, amostragens e análises laboratoriais.

Uma parte desses resíduos pode e deve ser submetida a tratamento específico buscando reduzir ao máximo seu poder poluente. No entanto, os sistemas de tratamento indicados pelos órgãos fiscalizadores podem acarretar em alguns casos em altos investimentos financeiros. Por esta razão, quando há possibilidade de reutilização de parte do resíduo, através de processo de reciclagem e tratamentos que reduzam a carga poluidora, tem-se, além do ganho econômico, um ganho ambiental.

No Brasil, a tecnologia de construção e utilização de áreas alagadas para tratamento de águas residuárias é recente e ainda pouco conhecida. Aos poucos os leitos cultivados têm ganhado espaço como tecnologia empregada principalmente no tratamento de água residuárias (MAIER, 2007; KAICK, 2002), de lixiviados de aterro sanitário (CECCONELLO, 2005; VON SPERLING, 1996), esterco suíno (HUSSAR, 2001; TOBIAS, 2002), contaminação por metais pesados e resíduos indústrias (ANJOS, 2003). Os processos de despoluição ocorrem naturalmente tanto em ambientes naturais como em ambientes artificiais. A estação de tratamento de efluentes (ETE) difere dos ambientes naturais por proporcionar controle em alguns

fatores e processos. A ETE segue os mesmos princípios da despoluição natural, em que é feita uma filtragem física e biológica com um favorecimento da oxidação da matéria orgânica pela melhor oxigenação proporcionada pelos sistemas radiculares das plantas que também atuam na remoção de nutrientes através da absorção. Os leitos cultivados agem como um filtro biológico, onde os mecanismos físico-químicos, as reações de degradação biológica aeróbica e anaeróbica, a evapotranspiração e a infiltração são responsáveis pela concentração final de poluentes (HUSSAR, 2001; MANSOR, 1998). Segundo esses autores o tratamento do efluente ocorre através da associação substrato com as plantas. As raízes das plantas se fixam no substrato e retiram os elementos essenciais ao seu desenvolvimento, oxigenam e criam ambiente biológico e químico favorável para o desenvolvimento dos micro-organismos que degradam a matéria orgânica e excretam substâncias bactericidas, eliminando parte dos coliformes fecais.

Maier (2007), estudando a eficiência de estações de tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes em estabelecimentos de agricultores familiares de uma pequena bacia hidrográfica rural na remoção de poluentes, constatou que ela teve uma eficiência de aproximadamente 90% na remoção do fósforo do efluente. Nogueira (2003) e Valentim (1999) observaram decréscimos de 60 e 48% nos teores de fósforo total, respectivamente. As ETEs também são eficientes na diminuição dos teores de nitrogênio total (MAIER, 2007 - 75 a 80%; NOGUEIRA, 2003 - 72%; PARESCHI, 2004 - 75 a 85%). O sistema de tratamento mostrou-se eficiente, pois houve redução na carga orgânica, com queda na DBO (MAIER, 2007 - 99%; ROSTON, 1993 - 90%; KAICK, 2002 - 84%; COSTA, 2003 - 88%; PARESCHI, 2004 - 86%).

Apesar dos vários estudos já existentes não se constata até o momento nenhum que trate especificamente da problemática das AFPP. Assim, existe a necessidade de compreensão e quantificação destes mecanismos para desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o tratamento de efluentes das AFPP que sejam adequados a sua realidade e viáveis do ponto de vista econômico.

Diante do exposto, a estação de tratamento de esgoto por meio de zonas de raízes pode ser uma alternativa prática, acessível e eficiente para o tratamento de resíduos de agroindústrias rurais. A principal vantagem desse tratamento é que pode ser idealizada de acordo com a realidade local, maximizando sua eficiência quanto à diminuição da demanda química e bioquímica de oxigênio; da remoção de

nutrientes; e do máximo controle sobre o sistema hidráulico e a vegetação. Contudo, há a necessidade do conhecimento dos processos envolvidos para explicar e controlar a forma com que os nutrientes, a matéria orgânica e os outros contaminantes (patógenos, metais pesados e nutrientes em altas concentrações) são removidos, bem como, do destino que deve ser dado à biomassa produzida nas estações de tratamento.

7.3 Objetivos

Este estudo tem por objetivo avaliar a eficiência de estações de tratamento por meio de zona de raízes no tratamento de resíduos líquidos descartados por agroindústrias familiares de pequeno porte produtoras de queijos, de vinhos e sucos e de abate de aves.

7.4 Material e Métodos

7.4.1 Localização

As instalações para avaliações do tratamento de resíduos líquidos por zona de raízes foram feitas em três agroindústrias de pequeno porte localizadas na Região Central do Rio Grande do Sul, cuja descrição foi feita no estudo I. Essas agroindústrias foram escolhidas pelo tipo e quantidade de resíduos descartados: laticínios produtor de queijo, produção de vinhos e sucos de uva e abatedouro de aves.

7.4.2 Construção da estação de tratamento por zona de raízes

O tratamento por zona de raízes foi um complemento do tratamento primário feito nas fossas sépticas (resíduos da produção de vinhos e sucos), ou por tanques de decantação e flutuação (resíduos da produção de queijos e abate de aves). Quando não há um adequado tratamento primário, o tratamento por zona de raízes pode ser prejudicado, devido ao entupimento das tubulações e/ou distúrbios das plantas por toxidez. Portanto, na agroindústria Parlacto, o tratamento primário foi complementado com tanque de filtração física para retenção de gordura, denominado de pré-tratamento, para depois entrar no sistema de tratamento por zona de raízes.

O sistema de tratamento do resíduo da produção de queijos da agroindústria Parlacto é composto de: tanques de decantação e flutuação; tanque de filtração ou retenção, com dois compartimentos de 1 m³ cada, onde foi acomodado maravalha para reter o excesso de gordura contido no resíduo; tanque de distribuição, com distribuição de vazão igual aos três tanques de tratamento por zona de raízes (APÊNDICE E) e; tanques de tratamento por zona de raízes com três repetições de onde saem os resíduos tratados e voltam para o sistema usado pelo produtor (lagoas). A agroindústria de laticínios em questão processa diariamente entre 8 a 15 mil litros de leite, dependendo da época do ano, para confecção de queijos, e cerca de 90% desse volume é descartado como resíduo. Para fins de pesquisa foram tratados aproximadamente 1000 litros diários. O tratamento usado pelo proprietário é o tanque de flutuação e decantação, seguido de três lagoas anaeróbicas de depuração e posterior lançamento em um curso de água intermitente. Parte do soro gerado é lançada no solo, outra parte é usada por produtores de suínos e a maior parte (mais que 60%) misturada com as águas de lavagens e lançado nas lagoas de depuração. As lagoas atualmente não são impermeabilizadas e apresentam risco de contaminação ambiental (Figuras 7C e 7D).



Figura 7 - Tanques construídos para estudo (7A e 7B), e das lagoas usadas pelo proprietário atualmente (7C e 7D) na agroindústria Parlacto produtora de queijo.

O sistema de tratamento dos resíduos líquidos da agroindústria Abatedouro de Aves é composto de: tanques de decantação e flutuação (Figura 8A); tanque de distribuição (Figura 8B); tanques de tratamento por zonas de raízes (Figura 8C) e; lagoa de lançamento final (Figura 8D). Os tanques de decantação e flutuação foram suficientes para remover o excesso de material sólido não necessitando do tanque de retenção. O abatedouro opera com abate de 100 a 150 aves por dia, dois dias por semana. O volume de líquidos tratados gira em torno de 4000 litros por abate, sendo que há fluxo de água constante desde o início até o final do abate, variando o volume de resíduo líquido conforme o tempo necessário para abate.



Figura 8 - Tratamento de resíduo líquido na agroindústria Abatedouro de Aves.

A produção de vinhos e sucos é uma atividade esporádica podendo permanecer algumas semanas ou até meses sem lançamento de resíduo, além do mais, o conteúdo do resíduo apresenta pouco material orgânico e microbiológico. Como o tratamento proposto é composto principalmente por atividades biológicas, optou-se por canalizar juntamente o esgoto doméstico produzido na casa do produtor, permanecendo assim uma constante adição de resíduo no sistema, o qual favorece o crescimento e desenvolvimento das plantas e dos micro-organismos decompositores. O tratamento de resíduos da agroindústria produtora de vinhos e

sucos é composto por: fossas sépticas (soterradas); tanque de distribuição (Figura 9A) e tanques de tratamento por zona de raízes (Figura 9B, 9C e 9D).



Figura 9 - Tratamento de resíduo líquido na agroindústria produtora de vinhos e sucos.

A construção do tanque de tratamento por zona de raízes consistiu na escavação no solo de três buracos de 1,5 x 2,0 x 1,0 m de dimensão, totalizando 9,0

m³ para cada agroindústria. Em seguida foi realizada a impermeabilização do buraco com lona preta grossa. No fundo, sobre a lona, foi depositada uma fina camada de areia para que logo após pudessem ser colocadas as tubulações perfuradas responsáveis pela drenagem do efluente tratado. Na seqüência foi colocado cerca de 40 a 50 cm de areia e sobre esta camada foi depositada a brita n° 2 na mesma proporção (APÊNDICE F). A camada de brita serve de suporte para as plantas e para formação de biofilmes em sua superfície, os quais são altamente importantes para o tratamento. O esgoto é distribuído através de tubulações perfuradas, 10 cm acima do nível permanente de água e 5 cm abaixo da superfície das britas, para que tenha uma zona aerada (APÊNDICE G). Neste caso, as plantas utilizadas foram: *Colocassium antiquorum*, *Typha sp*, *Zantedeschia aethiopica* e *Sagittaria montevidensis* (popularmente chamadas de: inhame, tifa, copo-de-leite e chapéu-de-couro, respectivamente) (Figura 9D), típica de áreas úmidas, da região.

A distribuição do resíduo líquido foi feita diretamente na zona das raízes, 5 cm abaixo da superfície de brita, para evitar criatórios de insetos e mau cheiro. A rede de distribuição (cano de distribuição) é formada por uma tubulação de 75 mm a partir da fossa séptica ou dos tanques de decantação e flutuação ou retenção da gordura.

7.4.3 Coleta de amostras de resíduos líquidos tratados e não tratados

As coletas de amostras para avaliação da eficiência dos tratamentos foram em pontos estratégicos conforme a estrutura do tratamento. Para a agroindústria de laticínios foram coletadas amostras entre o tanque de decantação/flutuação e o tanque de filtração para retenção de gordura, denominado de ponto **não tratado**; o ponto entre o tanque de retenção e o tanque de tratamento por zona de raízes foi denominado de **pré-tratado** e; o ponto depois dos tanques de tratamento por zona de raízes foi denominado de **tratado**.

Na agroindústria de abate de aves foram coletadas amostras no ponto depois do tanque de decantação/deposição, denominado de **não tratado** e após o tratamento por zona de raízes, denominado de **tratado**.

A coleta na agroindústria de produção de vinhos e sucos ficou restrita ao ponto entre as fossas sépticas e o tanque de tratamento por zona de raízes,

denominado de **não tratado** e o ponto após o tratamento por zona de raízes denominado de **tratado**.

O número de unidades amostrais por coleta no ponto não tratado e pré-tratado variou de um a três e no ponto tratado foi composto por três unidades amostrais devido a instalação de três tanques para cada agroindústria.

7.4.4 Análises físico-químicas e microbiológicas

Após serem efetuadas as coletas as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas e transportadas até o Laboratório de Análises de Água Rurais do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, onde foram analisados os parâmetros: coliformes totais e fecais; pH; condutividade elétrica (CE); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); e demanda química de oxigênio (DQO); nitrato (N-nitrato) e amônia (N-amônia); fósforo (P); cálcio (Ca) e magnésio (Mg); potássio (K) e sódio (Na); dureza; alcalinidade; ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn); carbono (C); cor; turbidez; sólidos dissolvidos totais (SDT) e sólidos totais (ST).

Os procedimentos e técnicas usadas para determinação são os mesmos descritos no item 5.4.3.3 do estudo I.

7.4.5 Análises dos dados

Os dados foram discutidos e avaliados por comparação com padrões estabelecidos pelo CONSEMA, que define limites máximos para lançamento de resíduos líquido direto e indireto nos cursos de água. Há valores máximos para lançamento sem tratamento e eficiência mínima em percentagem para resíduos tratados. Os parâmetros coliformes fecais, pH, cor, amônia, Cu, Zn, Fe, Mn, P, DBO e DQO apresentam valores estipulados pelo CONSEMA (2006) para resíduos líquidos para lançamento direto ou indireto nos cursos de água. Os demais parâmetros analisados, mesmo não constando na legislação, foram analisados por

interesse em entender o comportamento. O CONSEMA permite o lançamento de efluentes líquidos, com vazões menores que 100 m^3 , nos cursos de água desde que: coliformes fecais (*Escherichia coli*) estejam em concentrações menores que 10^5 NMP 100 ml^{-1} , ou em caso de resíduo tratado, uma eficiência de 95%; para nitrogênio amoniacal valores menores que 20 mg l^{-1} , ou resíduo tratado com 75% de eficiência; fósforo total menor que 4 mg l^{-1} , ou resíduo tratado com 75% de eficiência. Para qualquer vazão, a cor está de acordo com a legislação desde que não mude a cor do curso de água receptor; valores menores que 0,5, 10, 1 e 2 mg l^{-1} , para: Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente; e pH entre 6 e 9. DBO e DQO para vazões menores que 20 m^3 , valores menores que 180 e 400 mg l^{-1} , respectivamente.

7.5 Resultados e discussão

Os resultados das análises microbiológica e físico-químicas dos resíduos líquidos tratados e não tratados estão discutidos em três partes. A primeira apresenta e discute os resultados do tratamento de resíduos líquidos gerados durante abate de aves; a segunda fará discussão sobre os dados do tratamento dos resíduos da produção de vinhos e sucos; e a terceira sobre o tratamento de resíduos da produção de queijo, conforme segue.

7.5.1 Resíduos líquidos de abatedouro de aves

O sistema de tratamento por zona de raízes reduziu satisfatoriamente os valores de Cu, DBO e DQO dos resíduos do abatedouro de aves, permitindo, inclusive que o efluente pudesse ser lançado nos corpos de águas superficiais (Tabelas 10 e 11). A ETE removeu, também, de 6% a 42% da amônia e de 50% do fósforo total, aquém do estipulado pelo CONSEMA (eficiência mínima de 75% dos teores). Os parâmetros coliformes fecais, pH, Zn, Fe e Mn, mesmo sem tratamento já possuíam valores permitidos para lançamento direto nos cursos de água (Tabelas 9 e 11).

O sistema de tratamento melhorou a eficiência com o passar do tempo para remoção de coliformes fecais. Aos 180 DAI a remoção foi de 30% enquanto aos 240 DAI em diante a remoção ultrapassou 75%. Todas as amostras não tratadas apresentaram valores de coliformes fecais menores que 3000 NMP 100 ml⁻¹, bem abaixo do máximo preconizado pela legislação para lançamentos, o que permite seu lançamento direto no curso de água mesmo sem tratamento. Após tratamento os valores foram menores que 2500 NMP 100 ml⁻¹ (Tabela 9). Nesse caso, segundo a legislação, não necessitaria tratamento, mas se aumentasse a carga microbiológica no resíduo e os valores ficassem acima do preconizado, a redução/eficiência teria que alcançar 95%, valor maior que a média atingida de 66%, com mínima de 30% e máximo de 89% (Tabela 9). Os valores de coliformes totais variaram de 230 a 23054 NMP 100 ml⁻¹ e de coliformes fecais de 23 a 2716 NMP 100 ml⁻¹ no resíduo não tratado. No resíduo tratado, os valores de coliformes totais variaram de dois a 23054 NMP 100 ml⁻¹, e os coliformes fecais de zero a 2305 NMP 100 ml⁻¹. A média geral de remoção foi de 38% para coliformes totais e de 66% para coliformes fecais.

O sistema de tratamento não causou muita influência sobre os parâmetros CE e o pH (Tabela 11). A média mais elevada foi de 28% de redução para CE, considerada baixa, e aos 240 e 273 DAI não houve redução. Quanto ao pH, fundamental para crescimento bacteriano, no resíduo tratado manteve-se dentro da faixa estipulada pelo CONSEMA, que é entre seis e nove, e teve uma pequena redução aos 180 DAI e um incremento nas demais análises. A estabilidade do pH é desejada quando se está dentro da faixa adequada para o crescimento bacteriano, pois não afeta o desenvolvimento desses micro-organismos devido as quedas bruscas ocasionadas pela produção de ácidos orgânicos, compostos intermediários do processo, e ajuda na estabilização do metabolismo anaeróbicos (ZANELLA, 2008).

O tratamento está pouco eficiente na remoção de NH₄⁺, necessitando uma maior absorção pelas plantas, que deve ocorrer quando se alcançar o máximo crescimento e ocupação da área pelas raízes. Os sistemas anaeróbicos de tratamento de resíduos líquidos eliminam a presença de nitrato, o qual tem valores geralmente baixos ou nulos devido a utilização pelos micro-organismos como acceptor final de elétrons. Os resíduos do abatedouro de aves não têm teores de nitrato relevantes, e esses permanecem baixos após o tratamento (Tabela 10). Outros parâmetros físicos e químicos como Ca, Mg, K, Na, sólidos, por exemplo,

estão no apêndice por não apresentarem limites estabelecidos pelo CONSEMA, e portanto, não foram discutidos (APÊNDICE H).

Houve diminuição progressiva no valor de DQO, que era de 60% aos 180 dias após a instalação passou para 96% aos 273 dias após a instalação (Tabela 10). A melhora na eficiência deve-se ao maior desenvolvimento das plantas dentro do sistema fornecendo maior oxigenação, e dos biofilmes formados em volta das britas que degradam o material orgânico. Os micro-organismos patogênicos também foram reduzidos, inicialmente próximos a 30% e aos 240 DAI foi observado aproximadamente 80% de remoção para ambos, porém, aos 273 DAI houve uma queda na eficiência (Tabela 9), a qual pode ser atribuída a um fluxo de líquido superior ao adequado para inativação de células vivas.

Tabela 9 – Valores dos parâmetros microbiológicos analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria Abatedouro de Aves.

DAI	Repetições	180				240			273			Média geral
		I	II	III	Média	I	II	Média	I	II	Média	
Coliformes totais	Não tratado ¹	23054	7797	23054	17968	230	2305	1268	23054	-	23054	14097
	Tratado	12753	27	23054	11945	2	488	245	23054	23054	23054	11748
	Removido	45	100	0	34	99	79	81	0	-	0	38
Coliformes fecais	Não tratado	488	780	2716	1328	23	230	127	27	-	27	494
	Tratado	2305	488	0	931	0	27	14	0	12	6	317
	Removido	-372	37	100	30	100	88	89	100	-	78	66

1. valores em mg l^{-1} para dados de não tratado e tratado e em % para removido; DAI= dia após instalação.

Tabela 10 – Valores dos parâmetros químicos e indicadores de matéria orgânica no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria Abatedouro de Aves.

DAI	Repetições	----- 180 -----				----- 240 -----			----- 260 -----				----- 273 -----			Média geral
		I	II	III	Média	I	II	Média	I	II	III	Média	I	II	Média	
NH ₄	Não tratado ¹	29	-	-	29	5	6	6	-	20	-	20	34	-	34	22
	Tratado	23	21	7	17	28	28	28	15	14	14	14	31	32	32	23
	Removido	22	-	-	42	-508	-340	-411	-	30	32	29	8	-	6	26
NO ₃	Não tratado	1	-	-	1	0	0	0	-	0	-	0	37	-	37	10
	Tratado	4	1	1	2	0	0	0	0	1	0	0	35	37	36	9
	Removido	-606	0	0	-202	-	-	-	-	-194	100	2	8	-	4	-65
Ps	Não tratado	-	-	-	-	5	6	5	-	1	1	1	-	-	-	4
	Tratado	-	-	-	-	4	4	4	1	0	0	1	-	-	-	3
	Removido	-	-	-	-	11	26	19	-	46	50	38	-	-	-	28
Pt	Não tratado	-	-	-	-	9	11	10	-	10	11	10	-	-	-	10
	Tratado	-	-	-	-	6	5	6	3	6	4	4	-	-	-	5
	Removido	-	-	-	-	31	53	43	-	39	62	57	-	-	-	50
DBO	Não tratado	-	-	-	-	215	-	215	-	215	-	215	-	-	-	215
	Tratado	-	-	-	-	85	90	88	14	49	65	43	-	-	-	65
	Removido	-	-	-	-	60	-	59	-	77	-	80	-	-	-	70
DQO	Não tratado	81	126	177	128	3077	1205	2141	-	416	544	480	4899	-	4899	1912
	Tratado	87	61	7	52	456	200	328	31	37	43	37	162	192	177	148
	Removido	-8	52	96	60	85	83	85	-	91	92	92	97	-	96	83

1. valores em mg l⁻¹ para dados de não tratado e tratado e em % para removido; DAI= dia após instalação.

Tabela 11 – Valores dos parâmetros químicos e físicos analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria Abatedouro de Aves.

	DAI Repetições	180				240			260				273			Média geral
		I	II	III	Média	I	II	Média	I	II	III	Média	I	II	Média	
CE	Não tratado ¹	661	760	684	702	95	96	96	-	234	217	226	589	-	589	403
	Tratado	642	556	449	549	94	97	95	144	173	173	163	613	610	612	355
	Removido	3	27	34	22	1	-1	0	-	26	20	28	-4	-	-4	12
pH	Não tratado	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,9	6,9	-	6,9	6,8	6,8	7,1	-	7,1	6,9
	Tratado	6,5	6,5	6,5	6,5	7,4	7,2	7,3	7,3	7,0	6,8	7,0	7,2	7,1	7,1	7,0
	alterado	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,6	0,4	0,5	-	0,1	0	0,2	0,1	-	0,1	0,1
Cor	Não tratado	250	250	250	250	70	100	85	-	40	50	45	250	-	250	158
	Tratado	250	250	90	197	30	40	35	40	5	5	17	250	250	250	125
	Removido	0	0	64	21	57	60	59	-	88	90	63	0	-	0	36
turbidez	Não tratado	9,4	10,4	9,8	9,9	11,2	12,3	11,8	-	72,8	70,4	71,6	79,7	-	79,7	43,2
	Tratado	9,6	5,4	20	11,7	3,5	5,1	4,3	10,9	26,1	29,4	22,1	53,1	52,5	52,8	22,7
	Removido	-3	48	-104	-19	68	58	63	-	64	58	69	33	-	34	37
Fe	Não tratado	1,97	1,37	1,77	1,7	0	0	0	-	0	0	0	2,67	-	2,67	1,09
	Tratado	2,07	1,57	4,47	2,7	0,5	1,9	1,2	0	0	0	0	2,14	2,46	2,3	1,55
	Removido	-5	-15	-153	-59	-	-	-	-	-	-	-	20	-	14	-22
Mn	Não tratado	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,12	0,1	-	0,14	0,12	0,13	0,21	-	0,21	0,11
	Tratado	0,1	0,52	2,13	0,92	0,35	4,11	2,23	5,22	0,25	0,14	1,87	0,22	0,37	0,3	1,33
	Removido	-	-	-	-	-338	-3325	-2130	-	-79	-17	-1338	-5	-	-40	-1170
Cu	Não tratado	0	0,15	0	0,05	0,59	-	0,59	-	-	-	-	-	-	-	0,32
	Tratado	0,08	0,08	0,09	0,08	0	0,13	0,07	-	-	-	-	-	-	-	0,07
	Removido	-	47	-	-67	100	-	89	-	-	-	-	-	-	-	117
Zn	Não tratado	0	0	0,02	0,01	0,21	-	0,21	-	-	-	-	-	-	-	0,11
	Tratado	0	0	0,04	0,01	0,22	0,37	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,15
	Removido	-	-	-100	0	-5	-	-40	-	-	-	-	-	-	-	-20

1. valores em mg l⁻¹ para dados de não tratado e tratado e em % para removido; DAI= dia após instalação; 2. Valor absoluto.

As amostras de resíduos gerados, coletados no decorrer do estudo, apresentaram valores dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos bastantes variáveis. Isso decorre da variação na concentração de material orgânico e mineral nos resíduos e, principalmente, do volume de água usado no processo de lavagem dos equipamentos. Isso interfere, inclusive, na eficácia do sistema de tratamento uma vez que quanto menor for o fluxo de água, maior será o tempo de detenção e, conseqüentemente, maior a exposição aos processos químicos, físicos e microbiológicos.

Os resultados encontrados foram satisfatórios para remoção da carga orgânica e mineral, mas necessitam de monitoramento em longo prazo. A eficiência do tratamento pode atingir médias superiores as encontradas até o momento, porque o sistema apresenta espaço para maior crescimento e desenvolvimento das plantas. Portanto, por segurança é aconselhado descartar o resíduo tratado em uma lagoa após tratamento por zona de raízes, até que se estabeleça uma redução satisfatória conforme a legislação. Atualmente, o proprietário está usando uma lagoa como destino final dos efluentes que saem dos tanques de decantação e flutuação. A água dessa lagoa mostra sinais de eutroficação, uma vez que, o resíduo tratado apresenta oxigenação próxima à zero e concentração de fósforo e nitrogênio elevados.

A estrutura do sistema de tratamento e as condições da propriedade permitem alternativas para completar o tratamento dos resíduos sem necessidade de grandes investimentos. Uma alternativa para destino final do resíduo tratado é o uso na lavoura que fica próximo, abaixo do sistema de tratamento, através da fertirrigação por gravidade. Uma segunda alternativa é o uso de plantas flutuantes na lagoa para remoção do fósforo e nitrogênio, porém, o crescimento é muito rápido e demandaria remoção cada vez que se atingisse a área total da superfície da lagoa, permitindo um constante crescimento e uma demanda de nutrientes. Essas plantas podem ser destinadas para compostagem e posteriormente usadas na lavoura como fertilizante orgânico.

7.5.2 Resíduos líquidos da produção de vinhos e sucos

O sistema de tratamento por zona de raízes, para tratamento de resíduos líquidos da produção de vinhos e sucos, foi eficiente na diminuição dos teores de Fe, Zn e DQO a níveis permitidos pelo CONSEMA. Os parâmetros coliformes fecais, pH e Mn já se encontravam em níveis aceitáveis para lançamento direto ou indireto nos corpos de água, mesmo sem tratamento (Tabelas 12, 13 e 14). Os parâmetros Cu, DBO, nitrogênio amoniacal e fósforo, não diminuíram com o tratamento a níveis que permitissem o lançamento nos cursos de água (Tabelas 13 e 14).

Os resíduos *in natura* gerados pela produção de vinhos e sucos apresentaram altíssimos valores de coliformes totais, evidenciando seu alto poder de condução de doenças microbiológicas. A ETE, após o bom estabelecimento das plantas (223 e 300 DAI) foi muito eficiente na diminuição dessa carga poluidora (85% - Tabela 12), muito próximo à eficiência exigida pela legislação. No caso dos coliformes fecais a eficiência foi ainda maior, chegando a alguns casos a 100% (313 DAI). Outros pesquisadores já tinham comprovado a alta eficácia das ETE, geralmente com médias superiores a 90% (Kaick, 2002; Maier, 2007).

O sistema de tratamento por zona de raízes diminuiu de 33 a 60% o teor de fósforo presente no resíduo da produção vinho e suco (Tabela 14). No entanto, ainda estando aquém do exigido pela legislação que é de 75%. As ETE, em especial nos primeiros meses após o estabelecimento, apresentam baixa capacidade de remoção de fosfato (Nogueira, 2003 – 60%; Valentin, 1999 - 48%). Em alguns casos pode chegar a mais de 90% de remoção (Maier, 2007), mas após longo tempo de funcionamento das estações de tratamento por zona de raízes.

O tratamento não causou muita influência nos níveis de NH_4^+ , o qual deve ocorrer quando se alcançar o máximo crescimento e ocupação da área pelas raízes, e, portanto, maior absorção elevando o percentual de remoção e provavelmente reduzindo a concentração para valores menores que 20 mg l^{-1} , o qual permite o lançamento direto ou indireto no ambiente. Os resíduos da produção de vinhos e sucos não têm teores de nitrato relevantes, e esses permanecem baixos após o tratamento (Tabela 14). Outros parâmetros físicos e químicos como Ca, Mg, K, Na, sólidos, por exemplo, estão no apêndice por não apresentarem limites estabelecidos pelo CONSEMA, e portanto, não foram discutidos (APÊNDICE I).

O tratamento por zona de raízes reduziu o valor da DBO em até 97% aos 283 DAI, caindo para 61 aos 300 DAI e aumentando novamente a eficiência aos 313 DAI. De qualquer forma, os valores da DBO no resíduo depois do tratamento ficaram abaixo de 180 mg l^{-1} , o que permite o seu lançamento no ambiente. O tratamento reduziu também a DQO no resíduo da produção de vinhos e sucos, e essa redução foi maior com o passar dos dias (Tabela 14). Quanto ao valor absoluto, o resíduo tratado apresentou valores de DQO acima de 400 mg l^{-1} apenas aos 223 DAI, nos demais DAI em que foram coletadas e analisadas amostras do resíduo, os valores foram menores que 400 mg l^{-1} , e a eficiência atingiu mais de 95%, exceto na amostra na primeira coleta aos 133 DAI, que foi de 21%, mas permitindo o lançamento direto nos cursos de água.

Tabela 12 - Valores em NMP 100ml⁻¹ de coliformes totais e coliformes fecais no resíduo não tratado e tratado, e valores em porcentagem da remoção pelo tratamento na agroindústria produtora de vinhos e sucos.

DAI		----- 133 -----				----- 223 -----			----- 283 -----				----- 313 -----				Média
Repetições		I	II	III	Média	I	II	Média	I	II	III	Média	I	II	III	Média	geral
Coliformes totais	Não tratado ¹	23054	23054	23054	23054	23054	23054	23054	23054	23054	23054	23054	23054	-	-	23054	23054
	Tratado	23054	23054	23054	23054	7797	488	4143	3282	1275	2159	2239	23054	23054	23054	23054	13122
	Removido, %	0	0	0	0	66	98	82	86	94	91	90	0	-	-	0	43
Coliformes fecais	Não tratado	7797	12753	12753	11101	23054	7797	15426	12753	216	2305	5091	2305	-	-	2305	8481
	Tratado	270	127	12753	4383	3282	78	1680	327	21	27	125	13	13	0	9	1549
	Removido, %	97	99	0	61	86	99	89	97	90	99	98	99	-	-	100	87

1. valores em mg l⁻¹ para dados de não tratado e tratado e em % para removido; DAI= dia após instalação.

Tabela 13 - Valores dos parâmetros químicos e físicos analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria produtora de vinhos e sucos.

	DAI	133				223			283				313				Média geral
		Repetições	I	II	III	Média	I	II	Média	I	II	III	Média	I	II	III	
CE	Não tratado ¹	1705	1743	1700	1716	145	163	154	1017	1579	-	1298	1570	-	-	1570	1185
	Tratado	1576	1630	1636	1614	114	97	105	1693	1702	1029	1475	1532	1594	1639	1588	1196
	Removido, %	8	6	4	6	21	41	32	-66	-8	-	-14	2	-	-	-1	6
pH	Não tratado	7,25	7,04	7,16	7,15	6,96	6,78	6,87	7,68	7,57	-	7,63	7,39	-	-	7,39	7,26
	Tratado	7,46	6,91	7,18	7,18	7,59	7,44	7,52	8,15	8,09	7,99	8,08	7,4	7,51	7,49	7,47	7,56
	Alterações ²	-0,21	0,13	-0,02	0	-0,63	-0,66	-9	-0,47	-0,52	-	-6	-0,01	-	-	-0,08	-0,30
Cor	Não tratado	250	250	250	250	250	250	250	250	263	245	253	250	90	-	250	219
	Tratado	250	250	200	233	160	200	180	210	90	100	133	250	250	250	250	165
	Removido	0	0	20	7	36	20	28	16	66	59	47	0	-	-	0	30
Turbidez	Não tratado	46	37	46	43	73	53	63	95	14	14	41	1999	198	126	1999	454
	Tratado	33	141	29	68	34	21	28	143	38	23	68	123	115	142	127	108
	Removido	27	-279	37	-58	53	60	56	-51	-174	-70	-67	94	-	-57	94	-15
Fe	Não tratado	0,94	1,54	2,33	1,6	0,39	0,39	0,39	26,67	31,47	43,17	33,77	5,77	-	-	5,77	10,38
	Tratado	0,99	1,59	0,39	0,99	3,3	1,34	2,32	1,37	1,57	1,07	1,34	2,14	2,46	3,63	2,74	1,85
	Removido	-5	-3	83	38	-746	-244	-495	95	95	98	96	63	-	-	52	-77
Mn	Não tratado	0,11	0,17	0,15	0,14	0,21	0,25	0,23	0,69	0,38	0,93	0,67	0,54	0,51	0,74	0,54	0,44
	Tratado	0,54	1,55	0,69	0,93	0,29	0,16	0,23	0,38	0,72	0,65	0,58	0,36	0,82	2,81	1,33	0,77
	Removido	-391	-812	-360	-547	-38	36	2	45	-89	30	13	33	-125	-1239	-146	-169
Cu	Não tratado	0,001	0,03	0,03	0,02	-	-	-	0,5	0,64	0,67	0,603	0,23	-	-	0,23	0,285
	Tratado	0,03	0	0	0,01	-	-	-	0,06	0,07	0,07	0,067	2,52	2,95	0	1,823	0,633
	Removido	0	100	100	51	-	-	-	88	89	90	89	-996	-	-	-693	-184
Zn	Não tratado	0,04	0,1	0,2	0,113	-	-	-	2,27	2,65	3,86	2,927	1,22	-	-	1,22	1,42
	Tratado	0	0,02	0,02	0,013	-	-	-	0	0,04	0,06	0,033	0,9	0,51	0,16	0,523	0,19
	Removido	100	80	90	88	-	-	-	100	98	98	99	26	-	-	57	81

1. valores em mg l⁻¹ para dados de não tratado e tratado e em % para removido; DAI= dia após instalação; 2. Valor absoluto.

Tabela 14 - Valores dos parâmetros químicos e indicador de matéria orgânica analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria produtora de vinhos e sucos.

DAI	Repetições	133				223			283				300				313				Média Geral
		I	II	III	Méd	I	II	Méd	I	II	III	Méd	I	II	III	Méd	I	II	III	Méd	
NH ₄	Não tratado ¹	63	62	63	63	59	58	58	57	12	12	27	68	76	-	72	49	-	-	49	54
	Tratado	56	45	48	50	40	37	38	47	12	12	23	75	53	58	62	43	44	37	41	43
	Removido	11	28	23	21	33	36	34	18	0	0	13	-10	30	-	14	12	-	-	15	20
NO ₃	Não tratado	0,19	0,64	0,15	0,33	0,53	0,53	0,53	0,53	0,67	0	0,4	0,5	0	-	0,25	0,37	-	-	0,37	0,38
	Tratado	0,39	0,35	0,43	0,39	0,53	0,53	0,53	0,53	0,5	0	0,34	0	0,83	0,17	0,33	-	-	-	-	0,4
	Removido	-105	45	-187	-19	0	0	0	0	25	-	14	100	-	-	-33	-	-	-	-	-10
Ps	Não tratado	3,7	4,03	-	3,87	1,09	2,09	1,59	-	-	-	-	-	-	-	-	0,68	0,81	-	0,75	2,07
	Tratado	2,31	2,68	-	2,50	2,14	2,70	2,42	-	-	-	-	-	-	-	-	0,66	0,73	0,61	0,67	1,86
	Removido	38	33	-	35	-96	-29	-52	-	-	-	-	-	-	-	-	3	10	-	11	-2
Pt	Não tratado	9	7	-	8	6	7	6	-	-	-	-	-	-	-	-	26	23	-	24	13
	Tratado	4	4	-	4	4	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	19	10	2	10	6
	Removido	60	46	-	54	31	36	33	-	-	-	-	-	-	-	-	27	59	-	60	49
DBO	Não tratado	-	-	-	-	-	-	-	3806	-	3916	3861	563	182	-	373	2040	-	-	2040	2091
	Tratado	-	-	-	-	46	46	46	183	173	162	173	220	60	160	147	140	90	76	102	117
	Removido	-	-	-	-	-	-	-	95	-	96	96	61	67	-	61	31	-	-	95	84
DQO	Não tratado	183	196	44	141	2902	3102	3002	8209	5209	4609	6009	9838	10370	-	10104	7394	-	-	7394	5330
	Tratado	126	101	107	112	755	431	593	212	165	206	194	322	148	265	245	485	195	237	305	290
	Removido	31	48	-143	21	74	86	80	97	97	96	97	97	99	-	98	93	-	-	96	78

1. valores em mg l⁻¹ para dados de não tratado e tratado e em % para removido; DAI= dia após instalação.

7.5.3 Resíduos líquidos de produção de queijos

O pré-tratamento com uso de maravalha como filtro físico foi eficiente na retenção de gorduras e conseqüentemente em inúmeros contaminantes. Esta retenção pode ser verificada pela análise química da maravalha, a qual após o primeiro tanque de retenção apresentou alta concentração de nutrientes, enquanto o segundo tanque essa concentração diminuiu, mas ainda apresentou valores maiores que na maravalha original (antes do contato com o resíduo) (Tabela 15).

Os teores percentuais dos elementos na constituição do filtro usado na retenção da gordura para tratamento de soro de queijo, aumentaram de 0,4 para 8%; zero para 2,7%; de 0,09 para 4% e de 0,02% para 4% os teores de K, Na, Ca e P, respectivamente, após reter durante três semanas gorduras contida em aproximadamente 20000 litros de resíduo líquido da produção de queijo (Tabela 15).

Os teores dos elementos químicos retidos nos dois tanques com maravalha somam aproximadamente 88 g de K, 32 g de Na, 4 g de Ca, menos de 0,5 g de Mg e Fe, e 6 g de P. O volume de resíduo que passou pelos tanques de retenção durante os 21 dias é equivalente ao total de dois dias de resíduo líquido lançado pela agroindústria, considerando uma média aproximada de 10000 litros diários.

Tabela 15 - Composição nutricional da maravalha usada no filtro de pré-tratamento dos resíduos derivados da produção de queijo na agroindústria Parlacto.

Parâmetros	----- mg kg ⁻¹ de resíduo seco -----		
	Maravalha original	1º filtro	2º filtro
C	4818	5280	4432
N	32	251	144
C/N	151	21	31
K	4268	79535	8536
Na	0	27333	4645
Ca	972	3879	2418
Mg	140	306	246
Fe	78	93	161
P	205	4087	1431

Maravalha original = material para uso na retenção de gorduras e sólidos do resíduo da produção de queijo; 1º filtro = maravalha mais gordura e sólidos retidos de 18 a 25 m³ de resíduo líquido; 2º filtro = maravalha mais gordura e sólidos retidos de 18 a 25 m³ após 1º filtro.

O tratamento total reduziu 38% dos coliformes totais e 83% dos coliformes fecais, sendo desses respectivamente, 14 e 69% removido devido ao tanque de retenção de gordura pelo filtro de maravalha e o restante pelo tanque de tratamento por zona de raízes (Tabela 16). A maior remoção dos coliformes fecais (*Escherichia coli*) pode ser atribuída ao favorecimento de outros micro-organismos em detrimento deste ou pela fixação desses na maravalha. Considerando que a principal função do tanque de filtração é remover gordura, esse resultado está satisfatório, pois removeu mais da metade dos coliformes fecais. Porém, na troca da maravalha saturada por outra, deve-se tomar alguns cuidados, pois é um material contaminado e antes de ser usado como fertilizante, por exemplo, deve ser estabilizado em processo de compostagem para eliminar os patógenos e solubilizar os nutrientes. Além do mais, a compostagem do material após os tanques de filtragem pode ser uma alternativa muito interessante, uma vez que a relação C/N está muito próxima do ideal e que o material é rico em nutrientes, especialmente em fósforo que auxilia na atividade microbiana.

Cordi (2007) preocupado com a remoção dos sólidos buscou favorecer a floculação através de agentes químicos, o que de fato proporcionou uma maior floculação a partir do sulfato de alumínio, porém, esse mesmo autor cogitou a possibilidade dessa alternativa suprimir os organismos do sistema de lodos ativados, o que não é desejado, uma vez que esses são de extrema importância para a degradação do material orgânico.

Tabela 16 - Valores em NMP 100ml⁻¹ de coliformes totais e coliformes fecais do resíduo não tratado, pré-tratado e tratado, e valores em porcentagem da remoção pelo pré-tratamento com maravalha e pelo tratamento pela zona de raízes, na agroindústria Parlacto produtora de queijo.

DAI		----- 120 -----				----- 370 -----				----- 400 -----				Média geral	
Repetições		I	II	III	Média	I	II	III	Média	I	II	III	Média		
Coliformes totais	Não tratado	23054	23054	23054	23054	0	0	-	0	23054	-	-	23054	15369	
	Pré-Tratado	23054	3282	23054	16463	230	33	-	132	23054	-	-	23054	13216	
	Tratado	1383	2716	12753	5617	0	2	0	1	23054	23054	23054	23054	9557	
	Removido*	1º	0	86	0	29	-	-	-	-	0	-	-	0	14
		2º	94	17	45	66	-	-	-	-	0	-	-	0	28
Coliformes fecais	Não tratado	230	1690	780	900	0	0	-	0	0	-	-	0	300	
	Pré-Tratado	488	327	27	281	0	0	-	0	0	-	-	0	94	
	Tratado	0	216	12	76	0	0	0	0	0	27	216	81	52	
	Removido	1º	-112	81	97	69	-	-	-	-	-	-	-	-	69
		2º	100	34	56	73	-	-	-	-	-	-	-	-	45

* Os valores da linha 1º se referem à porcentagem removida pela retenção nas maravalhas, enquanto a linha 2º refere-se à remoção no tratamento por zona de raízes.

O pré-tratamento e o tratamento por zona de raízes não reduziram a concentração de nitrogênio amoniacal no resíduo, pelo contrário, aumentou. A alta concentração de nitrogênio amoniacal no final do tratamento (aos 120 DAI) atingindo concentração próxima a 100 mg l^{-1} , sendo mais de quatro vezes a concentração do resíduo não tratado, se deve a presença de proteínas no resíduo, as quais são facilmente mineralizadas. Além do mais, verifica-se a ocorrência da metanogênese¹, a qual libera dióxido de carbono (CO_2) e compostos orgânicos simples como metano (CH_4), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e amônia (NH_3) (MATTOS, 2005). Nessas condições não há presença do nitrato (Tabela 17).

O pré-tratamento concentrou os teores de fósforo total do resíduo, o qual passou de uma concentração de 25 mg l^{-1} para 38 mg l^{-1} , representando aumento de 51% (Tabela 17). O tanque de tratamento por zona de raízes reduziu 13% da concentração, mas mesmo assim a concentração do resíduo tratado ficou maior que do resíduo não tratado ao final do tratamento. Esse resultado demonstra a alta concentração desse elemento na gordura, a qual é retida na maravalha e posteriormente mineralizada. A maior concentração depois do pré-tratamento indica saturação do filtro, o qual perde capacidade de reter, além de liberar o que já estava retido anteriormente.

A remoção da DBO e da DQO pelo tratamento em geral foi em torno de 50% e 67%, respectivamente, com uma eficiência similar de redução para DBO em ambos os tanques de tratamento, e para DQO a maior eficiência ocorreu no tanque de pré-tratamento (Tabela 17). A redução da DQO pode ser atribuída a metanogênese ocorrida principalmente no pré-tratamento. Segundo Silva (1977, apud LACERDA, 1990) o baixo pH, devido a produção de ácidos voláteis, é indicativo de instabilidade do processo e pode inibir a metanogênese. Já o pH na faixa adequada pode melhorar o processo e aumentar a eficiência do tratamento.

O aumento da CE após tratamento (Tabela 18) pode ser considerado normal mesmo havendo redução nos teores totais dos sais do resíduo, porque o resíduo antes do tratamento pode se encontrar principalmente na forma orgânica e depois do tratamento, na forma mineral, o que é desejável. Na forma mineral é possível a absorção pelas raízes das plantas e em alguns casos, como o do nitrogênio

¹ Metonogênese = etapa final no processo global de degradação anaeróbica de compostos orgânicos em metano e dióxido de carbono que é efetuada pelas Archaeobacterias metanogênicas durante a decomposição anaeróbica

amoniaco, a partir de condições favoráveis, haver volatilização. Nesse caso, devido o sistema permanecer sem plantas, a maioria dos nutrientes mineralizados tiveram sua concentração aumentada após o tratamento, pois não houve absorção por plantas. Além do mais, o pH abaixo de 5,5 não permitiu a volatilização da amônia. Esse comportamento pode ser contornado com adição de bases ou com a própria oxigenação, a qual foi deficiente durante o período devido a ausência de plantas no sistema.

A remoção da cor e da turbidez foi alcançada aos 370 DAI, já aos 400 DAI a cor aumentou e a turbidez reduziu ainda mais (Tabela 18). Cabe relatar que, mesmo em menor intensidade, a cor permanece esbranquiçada após tratamento, e que na última coleta apresentou cor violácea, provavelmente devido a decomposição de algum componente da maravalha. A eficiência do pré-tratamento aumentou gradativamente na remoção da turbidez, partindo de zero e alcançando 96% aos 400 DAI. Já o tanque de tratamento por zona de raízes não foi eficiente na remoção da turbidez, fechando a média final com valores superiores ao da saída do pré-tratamento (Tabela 18).

Os teores de Fe e Mn são baixos em resíduos de laticínios. Os valores dos resíduos antes do tanque para tratamento por zona de raízes não tiveram valores expressivos, porém, após o tanque os valores de Fe e Mn passaram de cinco para 37 mg l⁻¹ e de menos de um para 10 mg l⁻¹, respectivamente (Tabela 18). Esses valores podem ser atribuídos a liberação pelas britas devido ao baixo pH do meio.

Os resíduos da produção de queijo apresentam teores de Cu e Zn abaixo de 0,5 e 2 mg l⁻¹, o que permite o lançamento direto nos cursos de água. O sistema de tratamento como um todo não reduz os teores de Na e K, reduz menos que 50% dos teores de Ca e Mg e mais de 50% dos teores de ST, COs e COt (Tabela 19). Esses resultados confirmam a função do tratamento na redução da carga orgânica principalmente, dependendo dos fatores de absorção, adsorção, precipitação ou volatilização para reduzir a carga mineral.

Tabela 17 - Valores dos parâmetros químicos e indicadores de matéria orgânica analisados no resíduo não tratado, pré-tratado e tratado, e valores em porcentagem da remoção pelo pré-tratamento com maravalha e pelo tratamento pela zona de raízes, na agroindústria Parlacto produtora de queijo.

DAI	----- 120 -----				----- 370 -----				----- 400 -----				Média Geral	
	I	II	III	<i>Média</i>	I	II	III	<i>Média</i>	I	II	III	<i>Média</i>		
Repetições														
Não tratado	20	24	25	23	3	3	-	3	8	-	-	8	11	
Pré-Tratado	38	37	36	37	3	8	-	6	6	-	-	6	16	
NH ₄ Tratado	99	96	98	98	28	32	27	29	21	15	30	22	49	
<i>Removido</i>	1 ^o	-87	-57	-43	-61	-5	-188	-	-89	31	-	-	31	-39
	2 ^o	-158	-160	-175	-164	-730	-313	-	-421	-286	-	-	-298	-209
Não tratado	0	0	0,15	0,05	0	0	-	0	0	-	-	0	0	
Pré-Tratado	0	0	0	0	0	0	-	0	0	-	-	0	0	
NO ₃ Tratado	0	0	0	0	0	0,83	0	0,28	0	0	9,7	3,23	1	
<i>Removido</i>	1 ^o	-	-	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	100
	2 ^o	-	-	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	100
Não tratado	3	2	-	3	-	-	-	-	18	21	-	20	11	
Pré-Tratado	5	6	-	6	-	-	-	-	33	31	-	32	19	
Ps Tratado	3	4	-	4	-	-	-	-	32	26	29	29	17	
<i>Removido</i>	1 ^o	-66	-188	-	-118	-	-	-	-82	-48	-	-64	-91	
	2 ^o	29	28	-	29	-	-	-	3	16	-	9	12	
Não tratado	21	24	-	22	-	-	-	-	26	30	-	28	25	
Pré-Tratado	32	36	-	34	-	-	-	-	41	42	-	42	38	
Pt Tratado	30	26	-	28	-	-	-	-	39	36	41	39	33	
<i>Removido</i>	1 ^o	-58	-49	-	-53	-	-	-	-58	-42	-	-50	-51	
	2 ^o	8	29	-	19	-	-	-	7	16	-	8	13	
Não tratado	-	10000	10000	10000	2210	3180	-	2695	5076	-	-	5076	5924	
Pré-Tratado	9080	9460	9510	9350	-	-	-	-	557	-	-	557	4953	
DBO Tratado	8540	0	7460	5333	-	-	-	-	562	562	559	561	2947	
<i>Removido</i>	1 ^o	-	5	5	7	-	-	-	89	-	-	89	48	
	2 ^o	-	100	22	43	-	-	-	-1	-	-	-1	41	

Tabela 17 - Valores dos parâmetros químicos e indicadores de matéria orgânica analisados no resíduo não tratado, pré-tratado e tratado, e valores em porcentagem da remoção pelo pré-tratamento com maravalha e pelo tratamento pela zona de raízes, na agroindústria Parlacto produtora de queijo.

DAI	----- 120 -----				----- 370 -----				----- 400 -----				Média Geral	
	Repetições	I	II	III Média	I	II	III Média	I	II	III Média				
Não tratado	8811	-	8811	8811	5631	7210	-	6421	9400	-	-	9400	8211	
Pré-Tratado	4737	4358	6253	5116	2871	3452	-	3161	2860	-	-	2860	3712	
DQO Tratado	2337	2526	1768	2210	2871	3951	3052	3291		4000	1280	2640	2714	
Removido	1º	46	-	29	42	49	52	-	51	70	-	-	70	54
	2º	51	-	72	57	0	-14	-	-4	100	-	-	8	27

Tabela 18 - Valores dos parâmetros químicos e físicos analisados no resíduo não tratado, pré-tratado e tratado, e valores em porcentagem da remoção pelo pré-tratamento com maravalha e pelo tratamento pela zona de raízes, na agroindústria Parlacto produtora de queijo.

DAI	----- 120 -----				----- 370 -----				----- 400 -----				Média Geral	
	Repetições	I	II	III Média	I	II	III Média	I	II	III Média				
Não tratado	23054	23054	23054	23054	159,4	232	-	196	2200	-	-	2200	8483	
Pré-Tratado	23054	3282	23054	16463	550	554	-	552	1387	-	-	1387	6134	
CE Tratado	1383	2716	12753	5617	4990	544	514	2016	2050	2110	2330	2163	3266	
Removido	1º	0	86	0	29	-245	-139	-	-182	37	-	-	37	-39
	2º	94	17	45	66	-807	2	-	-265	-48	-	-	-56	47
Não tratado	3,2	3,2	3,2	3,2	4,9	4,9	-	4,9	5,2	-	-	5,2	4,4	
Pré-Tratado	3,9	3,9	3,9	3,9	4,8	4,8	-	4,8	4,5	-	-	4,5	4,4	
pH Tratado	4,7	4,4	4,5	4,5	5,0	5,0	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,2	4,9	
Removido	1º	0,7	0,7	0,7	0,7	-0,1	-0,1	-	-0,1	-0,7	-	-	-0,7	0,0
	2º	0,8	0,6	0,6	0,6	0,1	0,2	-	0,2	0,6	-	-	0,7	0,5
Não tratado	250	250	250	250	35	175	-	105	250	-	-	250	202	
Pré-Tratado	250	250	250	250	70	100	-	85	250	-	-	250	195	
Cor Tratado	250	250	250	250	0	0	70	23	250	250	250	250	174	
Removido	1º	0	0	0	0	-100	43	-	19	0	-	-	0	6
	2º	0	0	0	0	100	100	-	73	0	-	-	0	11

Tabela 18 - Valores dos parâmetros químicos e físicos analisados no resíduo não tratado, pré-tratado e tratado, e valores em porcentagem da remoção pelo pré-tratamento com maravalha e pelo tratamento pela zona de raízes, na agroindústria Parlacto produtora de queijo.

DAI	----- 120 -----				----- 370 -----				----- 400 -----				Média Geral	
	Repetições	I	II	III	Média	I	II	III	Média	I	II	III		Média
Turbidez	Não tratado	1000	1000	1000	1000	41,5	105	-	73	1999	-	-	1999	1024
	Pré-Tratado	1000	1000	1000	1000	33,6	35,2	-	34	76,5	-	-	77	370
	Tratado	1000	1000	1000	1000	12,1	12	14,1	13	219	68,5	325	204	406
	Removido 1º	0	0	0	0	19	66	-	53	96	-	-	96	50
	2º	0	0	0	0	64	66	-	62	-186	-	-	-165	-10
Fe	Não tratado	5,15	4,69	5,34	5,06	4,7	4,53	-	4,62	4,27	-	-	4,27	4,65
	Pré-Tratado	5,71	5,76	5,71	5,73	0,45	0,39	-	0,42	5,24	-	-	5,24	3,8
	Tratado	53,68	36,6	36,07	42,12	36,63	35,51	-	36,07	37,82	13,14	44,66	31,87	36,69
	Removido 1º	-11	-23	-7	-13	90	91	-	91	-23	-	-	-23	18
	2º	-840	-535	-532	-635	-8040	-9005	-	-8488	-622	-	-	-508	-866
Mn	Não tratado	0,28	0,3	0,26	0,28	0,37	0,56	-	0,47	0,23	-	-	0,23	0,33
	Pré-Tratado	1,31	1,29	1,38	1,33	0,95	1,01	-	0,98	0,18	-	-	0,18	0,83
	Tratado	13,26	5,99	7,13	8,79	7,01	16,69	8,45	10,72	12,39	8,39	11,43	10,74	10,08
	Removido 1º	-368	-330	-431	-374	-157	-80	-	-111	22	-	-	22	-154
	2º	-912	-364	-417	-561	-638	-1552	-	-994	-6783	-	-	-5867	-1114
Cu	Não tratado	0,11	0,03	0,06	0,07	-	-	-	-	0,16	-	-	0,16	0,11
	Pré-Tratado	0,08	0,06	0,06	0,07	-	-	-	-	0	-	-	0	0,03
	Tratado	0,08	0,03	0	0,04	-	-	-	-	0	0,16	0,36	0,17	0,11
	Removido 1º	27	-100	0	0	-	-	-	-	100	-	-	100	50
	2º	0	50	100	43	-	-	-	-	100	-	-	-8	-267
Zn	Não tratado	0,23	0,16	0,15	0,18	-	-	-	-	0,53	-	-	0,53	0,36
	Pré-Tratado	0,16	0,17	0,2	0,18	-	-	-	-	0,71	-	-	0,71	0,44
	Tratado	0,32	0,21	0,25	0,26	-	-	-	-	0,31	0,27	0,26	0,28	0,27
	Removido 1º	30	-6	-33	2	-	-	-	-	-34	-	-	-34	-16
	2º	-100	-24	-25	-44	-	-	-	-	56	-	-	61	39

* Os valores da linha 1º se referem à porcentagem removida pela retenção nas maravalhas, enquanto a linha 2º refere-se à remoção no tratamento por zona de raízes.

Tabela 19 - Valores dos parâmetros químicos e físicos complementares analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria produtora de queijos.

DAI	----- 120 -----				----- 370 -----				----- 400 -----				Média Geral		
	Repetições	I	II	III	Média	I	II	III	Média	I	II	III		Média	
Na	Não tratado	866	866	835	855	113	113	-	113	485	-	-	485	485	
	Pré-Tratado	790	797	767	785	370	392	-	381	279	-	-	279	482	
	Tratado	1100	881	911	964	284	295	333	304	680	303	728	570	613	
	<i>Removido</i>	1º	9	8	8	8	-229	-248	-	-238	43	-	-	43	-62
		2º	-39	-10	-19	-23	23	25	-	20	-143	-	-	-104	-27
K	Não tratado	759	766	731	752	161	167	-	164	40	-	-	40	319	
	Pré-Tratado	263	270	255	263	334	352	-	343	106	-	-	106	237	
	Tratado	291	206	213	237	317	323	340	327	424	1675	424	841	468	
	<i>Removido</i>	1º	65	65	65	65	-107	-110	-	-109	-162	-	-	-162	-69
		2º	-11	24	17	10	5	8	-	5	-300	-	-	-694	-97
Ca	Não tratado	410	407	392	403	-	-	-	-	125	-	-	125	264	
	Pré-Tratado	248	255	278	260	-	-	-	-	-	-	-	-	260	
	Tratado	388	273	283	315	-	-	-	-	-	129	-	129	222	
	<i>Removido</i>	1º	39	37	29	35	-	-	-	-	-	-	-	-	35
		2º	-56	-7	-2	-21	-	-	-	-	-	-	-	-3	15
Mg	Não tratado	44	43	41	43	-	-	-	-	19	-	-	19	31	
	Pré-Tratado	20	22	26	22	-	-	-	-	23	-	-	23	23	
	Tratado	59	30	30	39	-	-	-	-	23	23	24	23	31	
	<i>Removido</i>	1º	56	49	37	47	-	-	-	-	-22	-	-	-22	13
		2º	-199	-38	-16	-77	-	-	-	-	0	-	-	-1	-38
Dureza	Não tratado	1204	1193	1148	1182	-	-	-	-	390	-	-	390	786	
	Pré-Tratado	701	727	799	742	-	-	-	-	94	-	-	94	418	
	Tratado	1212	805	828	948	-	-	-	-	94	414	99	202	575	
	<i>Removido</i>	1º	42	39	30	37	-	-	-	-	76	-	-	76	56
		2º	-73	-11	-4	-28	-	-	-	-	0	-	-	-115	-38

Tabela 19 - Valores dos parâmetros químicos e físicos complementares analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria produtora de queijos.

DAI	----- 120 -----				----- 370 -----				----- 400 -----				Média geral		
	Repetições	I	II	III	Média	I	II	III	Média	I	II	III		Média	
Alcalinidade	Não tratado	0	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	0	0	
	Pré-Tratado	0	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	0	0	
	Tratado	0	13	0	4	-	-	-	-	9	114	153	92	48	
	Removido	1º	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2º	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ST	Não tratado	16029	17700	17257	16995	300	6660	-	3480	11380	-	-	11380	10618	
	Pré-Tratado	5171	4729	5057	4986	1840	1000	-	1420	2000	-	-	2000	2802	
	Tratado	5757	4457	4800	5005	1440	1620	1200	1420	2580	2480	2600	2553	2993	
	Removido	1º	68	73	71	71	-513	85	-	59	82	-	-	82	71
		2º	-11	6	5	0	22	-62	-	0	-29	-	-	-28	-7
SDT	Não tratado	12657	9543	13429	11876	680	620	-	650	11620	-	-	11620	8049	
	Pré-Tratado	8529	2686	3643	4953	2080	2080	-	2080	1900	-	-	1900	2978	
	Tratado	4757	3043	3086	3629	1500	1900	1540	1647	2340	2600	2540	2493	2590	
	Removido	1º	33	72	73	58	-206	-235	-	-220	84	-	-	84	-26
		2º	44	-13	15	27	28	9	-	21	-23	-	-	-31	13
COs	Não tratado	3968	2013	2837	2939	-	-	-	-	-	-	-	-	2939	
	Pré-Tratado	354	524	462	447	-	-	-	-	-	-	-	-	447	
	Tratado	628	132	624	461	-	-	-	-	-	-	-	-	461	
	Removido	1º	91	74	84	85	-	-	-	-	-	-	-	-	85
		2º	-77	75	-35	-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-3
COt	Não tratado	24675	0	1085	8587	1104	-	-	1104	-	-	-	-	4845	
	Pré-Tratado	136	126	201	154	120	-	-	120	-	-	-	-	137	
	Tratado	34	107	88	76	139	149	168	152	-	-	-	-	114	
	Removido	1º	99	-	81	98	89	-	-	89	-	-	-	-	94
		2º	75	-	56	51	-15	-	-	-26	-	-	-	-	17

A redução da DBO e DQO comprova a eficiência de reduzir a carga orgânica através da decomposição pelos micro-organismos (MATTOS, 2005), que possivelmente se instalaram como biofilmes nas superfícies das britas e devido a falta de oxigênio fermentaram o substrato para produção de energia, nutrientes e carbono. A melhora na eficiência depende do desenvolvimento das plantas, para absorção dos nutrientes e fornecimento de oxigênio pelas raízes, e de uma correção no pH por meio de agentes químicos, quando necessário.

A temperatura dos resíduos da produção de queijos geralmente é alta, e mantém a gordura solubilizada. O volume lançado diariamente pela agroindústria Parlacto está acima da capacidade de resfriamento das caixas de flutuação e deposição. Isso pode ser percebido no tratamento usado com maravalha que permitiu uma capacidade 10 vezes maior, suficiente para resfriar e provocar a solidificação e retenção da gordura. Essa etapa foi fundamental na redução de alguns contaminantes, antes mesmo do tratamento por zona de raízes. Além do mais, evita a entrada de gordura nas tubulações, a qual pode provocar entupimentos.

O uso de maravalha foi eficiente para o volume tratado (1000 litros diários). Porém, para agroindústrias com volume elevado de resíduo, como no caso da Parlacto, pode tornar-se inviável operacionalmente, se a região não oferecer maravalha ou produto similar, além disso, exige acompanhamento contínuo para evitar saturação e queda na retenção dos sólidos (gorduras) na filtragem física.

O tratamento terciário (por zona de raízes), o qual remove parte significativa do material orgânico e mineral não removido no tratamento primário e secundário, também pode ser comprometido por conta do volume elevado. Desse modo, o uso das lagoas de estabilização pode ser viável para situações de grandes volumes, porém, segundo Mattos (2005), uma das desvantagens desse sistema é a formação de gases fétidos, além da grande área exigida para construção das lagoas.

O sistema atualmente usado na agroindústria Parlacto é composto por: caixa de flutuação e deposição seguida de duas lagoas de estabilização sendo que a segunda lagoa apresenta elevado crescimento de algas, as quais oxigenam a lagoa e provocam variações nos teores de oxigênio dissolvido que pode ser: zero durante a noite e mais de 10 mg l^{-1} durante as horas ensolaradas. Segundo informações dadas pelo proprietário, as análises feitas pela FEPAM no efluente final da segunda lagoa apresentam valores com condições de lançamento, segundo as normas do

CONSEMA. Porém, não existe ninguém na cidade que já não tenha deparado com o cheiro extremamente forte e desagradável vindo das lagoas, e isso já é motivo para rever o sistema e adaptar algumas técnicas para melhorar o tratamento.

Apesar da decomposição anaeróbia ter sido o processo mais indicado para tratamento de águas residuárias de elevada carga orgânica, a decomposição aeróbia é um processo essencialmente inodoro, que possibilita maior destruição de organismos patogênicos, proporcionando grande redução nas características poluidoras das águas residuárias (MATTOS, 2005). Sendo assim, fica evidente que o problema no tratamento de soro de queijo está no tratamento primário (caixa de flutuação e deposição), responsável pela redução dos sólidos, principalmente matéria orgânica.

7.6 Conclusões

1. Os sistemas de tratamento por zona de raízes foram satisfatórios na remoção da carga orgânica, embora em algumas situações não atingissem os padrões exigidos pela legislação.
2. A remoção da parte sólida com pré-tratamento foi fundamental à eficiência do tratamento por zona de raízes.
3. O pré-tratamento usado para remoção da gordura foi eficiente para remoção da carga poluidora do resíduo líquido gerado na agroindústria produtora de queijos e deve ser considerado obrigatório, assim como a correção do pH.
4. O funcionamento dos sistemas de tratamento depende fundamentalmente, do interesse do produtor em fazer a manutenção além de observar ajustes a serem feitos para que não ultrapasse o fluxo normal de drenagem com extravasamento de líquidos no sistema ou que reduzam a eficiência.

8. Considerações finais

Apesar dos grandes avanços no conhecimento tecnológico e dos impactos negativos das diferentes atividades antrópicas, em pleno século XXI, percebe-se uma insensibilidade do homem quanto a preservação dos recursos naturais. É difícil existir um empreendimento qualquer, seja agrícola, industrial ou doméstico, que busca por conta própria uma alternativa que evite a degradação ambiental.

Mesmo diante de leis rígidas, de normas reguladoras e de alternativas comprovadas cientificamente, existe um descaso no cumprimento delas. O lucro por não investir em técnicas de tratamento ou do uso limitado de compostos tóxicos, por exemplo, compensa uma eventual multa, a qual, por falta de condições técnicas, poucas vezes ocorre.

À medida que acontecem desastres ou até mesmo pequenos efeitos dos eventos naturais desequilibrados, buscam-se alternativas que minimizem os impactos adversos da natureza, como exemplo: perfuram-se poços para explorar águas do subsolo, ao invés de proteger as nascentes e mananciais superficiais; melhoram-se as técnicas de irrigação, ao invés de melhorar a estrutura do solo para armazenar mais e perder menos água e muitos outros exemplos que mostram o empenho maior na remediação, do que na prevenção.

Esse trabalho mostra claramente a dualidade na questão ambiental: De um lado o agricultor, que resiste ao investimento em tratamento ou reuso dos resíduos, enquanto do outro lado está a fiscalização, que condena aqueles que não seguem os padrões legais. Não há nenhum resíduo das agroindústrias de pequeno porte estudadas, que não possa ser reaproveitado na própria propriedade, exceto a fumaça que está numa forma imprópria de utilização. Portanto, o problema não é o resíduo, mas sim a falta de administrar o destino adequado o torna um problema.

A presença das agroindústrias familiares de pequeno porte não é motivo de contaminação ambiental. O descaso, a ganância, a falta de planejamento e a desorientação para reaproveitar os resíduos são os principais motivos que podem levar a contaminação ambiental. No que se refere as fontes difusas de contaminação, pode-se dizer que, respeitar os limites mínimos de proteção dos recursos hídricos é o primeiro passo. Já para fontes pontuais de contaminação,

deve-se conhecer quali-quantitativamente o resíduo para transformar em um produto re-aproveitável ou então, eliminar a possibilidade de contaminação ambiental, através de tratamento para reutilização como fertilizante ou apenas minimizando o potencial poluidor.

Portanto, não existe técnica ou conhecimento, por mais bem elaborado e eficiente, que funcione adequadamente quando o ser humano não está consciente do por que usá-lo.

9. Referências bibliográficas

ANJOS, J.A.S.A. dos. **Avaliação de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição de metais pesados: o caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação.** 2003. 328 f. Tese (Doutorado em Engenharia/Engenharia Mineral) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19th ed. Washington D.C., USA: American Public Health Association, 1995.

AYRES, M. et al. **Bioestat 5.0. aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas.** 2007. (Softwares sem registro de patente).

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

BARROSO, D.D. **Resíduo desidratado de vitivinícolas do Vale do São Francisco associado a diferentes fontes energéticas para ovinos terminados em confinamento.** 2005. 56 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, 2005.

BERWANGER, A.L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos.** 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BORTOLUZZI, E.C. et al. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 881-887, 2006.

_____ et al. Investigation of the occurrence of pesticide residues rural wells end surface water fallowing application to tobacco. **Química Nova**, São Paulo, 2007. No prelo.

BRAILE, P.M. **Despejos industriais**. São Paulo: Livraria F. Bastos, 1971. 231 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria da Agricultura Familiar: Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (MDA/SAF/Pronaf). **Plano safra da agricultura familiar 2007/2008**. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br>> Acesso em: 22 set. 2009.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). **Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF Investimentos**. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Linhas_Programas_e_Fundos/pronaf.html> Acesso em: 22 set. 2009.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria da Agricultura Familiar. Programa de Agroindustrialização da Produção dos Agricultores Familiares, 2003/2006. **Sabor do Brasil**. Brasília, DF, 2004. Documento referencial.

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

CATANEO, C. et al. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 93-102, jan./mar. 2008.

CECCONELO, C.M. **Pós-tratamento de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos utilizando leitos cultivados**. 2005. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo (1976). **Ecologia aplicada e proteção do meio ambiente**. São Paulo, 1976. Curso por correspondência.

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa COPAM nº 10, de 16 de dezembro de 1986**. Publicação - Diário do Executivo -

“Minas Gerais” - 10/01/1987. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=91>>. Acesso em: 14 out. 2008.

CORDI, L.A.; ASSALIN M.E.; DURAN, N. Intumescimento filamentoso no processo de lodos ativados aplicado ao tratamento de soro de queijo: caracterização e uso de floculantes para melhorar a sedimentabilidade. **Engenharia ambiental: pesquisa e tecnologia**, Brasília, DF, 4.2 (Não entendi), 2007. Disponível em: <<http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=95>>. Acesso em: 05 dez. 2009.

COSTA, L. de L. et al. Eficiência de Wetlands construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colífangos e bacteriófagos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 3, n. 1. 2003.

FERREIRA, J.A. et al. Wetland: resultados no tratamento do chorume do aterro sanitário de Pirai-RJ. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2003, Joinville-SC. **Anais...** ABES, 2003.

FISCHER, M.E. et al. Aspectos sócio-econômicos e ambientais das agroindústrias familiares do Vale do Rio dos Sinos, RS. In: FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA. 2, 2006, Estância Turística de Tupã-SP. **Anais...** Estância Turística de Tupã-SP : ANAP, 2006.

FREIRE, W.J.; CORTEZ, L.A.B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba , RS: Ed. Agropecuária, 2000. 203 p.

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

GUILHOTO, J.J.M. et al. A importância da agricultura familiar no Brasil e em seus estados. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 35., 2007. Recife, PE,. **Anais...** Recife, PE: ANPEC, 2007.

HÜBNER, A.P. **Reator aeróbico de biogrânulos e lagoa de aguapé como biotecnologia para o tratamento de águas residuais da suinocultura**, 2008. 164

f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

HUSSAR, G.J. **Avaliação do desempenho de leitos cultivados no tratamento de águas residuárias de suinocultura**, 2001. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração Água e Solo) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 09 nov. 2009.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York : McGraw Hill, 1941. 269 p.

KAICK, T.S.V. **Estação de tratamento de esgotos por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná**. 2002. 128 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2002.

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

LACERDA, T.H.M.; OLIVEIRA, A.J.de; CARUSO, J.G.B. Viabilidade do tratamento do soro de queijo com digestão anaeróbia. **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 47, n. 2, 1990 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0071-12761990000200016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 06 jan. 2010.

MACHADO, R.M.G.; SILVA, P.C.da; FREIRE, V.H. Controle ambiental em indústria de laticínios. **Brasil Alimentos**, Belo Horizonte, n. 7, mar./abril 2001.

MAIER, C. **Qualidade de águas superficiais e tratamento de águas residuárias por meio de zonas de raízes em propriedades de agricultores familiares**. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MANSOR, M.T.C. **Uso de leito de macrófitas no tratamento de água residuárias**. 1998. 134 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola/Água e Solo) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

MATOS, A.T. Tratamento de resíduos agroindustriais. In.: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA, Viçosa, 2002. **Anais...** Viçosa, MG: ABES-MG: DEA-UFV: ABAS-MG, 2002. p. 105-157.

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

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

MAZZOLA, M. **Uso de leitos cultivados de fluxo vertical por batelada no pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio compartimentado**. 2003. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

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

MINELLA, J.P.G. **Identificação de fontes de produção de sedimentos em uma pequena bacia rural**. 2003. 80 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

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

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

NEUMAN, P.S.; SOUZA, R.S. (Coord.). **Diagnóstico e cadastro das Unidades de Produção de Hortigranjeiros e de Produtos Coloniais da Microrregião da Quarta Colônia e estudo regional de mercado na Região Central do Estado: relatório final de pesquisa.** [Porto Alegre]: FAPERGS-RS, 2006.

NOGUEIRA, S.F. **Balço de nutrientes e avaliação de parâmetros biogeoquímicos em áreas alagadas construídas para tratamento de esgotos.** 2003. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

PARESCI, D.C. **Caracterização da fauna rotífera em área alagada construída para tratamento de esgoto doméstico.** 2004, 180 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

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

PELLEGRINI, J.B.R. **Fósforo na água e no sedimento na microbacia hidrográfica do Arroio Lino, Agudo-RS.** 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

_____ et al. Impacts of anthropic pressures on soil phosphorus availability, concentration, and phosphorus forms in sediments in a Southern Brazilian watershed. **Jornal of Soils and Sediments**, 2009. DOI: 10.1007/s11368-009-0125-6.

PENA, A.S. Tratamento de efluentes de abatedouro e beneficiamento de sangue bovino. Viçosa, MG: CETEC-MG, 2007. (Sistema Brasileiro de Resposta Técnica)..

PEREIRA, E. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reúso no ambiente agrícola.** 2006. 129

f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2006.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56 p.

PIACENTE, F.J.; PIACENTE, E.A. Desenvolvimento sustentável na agroindústria canaveira: uma discussão sobre os resíduos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA AMÉRICA LATINA. 1, 2004, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: Unicamp, 2004. 13 p.

REYNOLDS, C.S.; DAVIES, P.S. Sources and bioavailability of phosphorus fractions in freshwaters: a british perspective. **Biology Review**, v. 76, p. 27-64, 2001.

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

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente. **Resolução CONSEMA nº 128 de 24 de novembro de 2006**. Porto Alegre, 2006. 9 p.

ROSTON, D.M.; Considerações sobre o uso de leitos de macrófitas no tratamento de resíduos de pequenas comunidades rurais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA, 1993.

SANTOS, A.D. dos. **Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo – São Paulo (SP)**. 2003. 265 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SANTOS, L.M.C. **Resíduos com Interesse Agrícolas - Evolução de Parâmetros da sua Compostagem**. 1993. Dissertação (Mestrado em Nutrição Vegetal, Fertilizante do Solo e Fertilização) - Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. 1993.

SENAI-RS. **Princípios básicos de produção mais limpa em abatedouros frigoríficos**. Porto Alegre: UNIDO/UNEP/CNTL, 2003.

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

SILVA, M.A. et al. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, jan./feb. 2007.

SILVA, F.C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999. 370 p.

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

SILVA, P.R.C.da. Meio ambiente, reciclagem e tratamento de resíduos. Viçosa, MG: **CETEC-MG**, 2006. (Sistema Brasileiro de Resposta Técnica).

SILVEIRA, D.D. da. **Modelo para seleção de sistemas de tratamento de efluentes de indústrias de carnes**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Florianópolis, Pós-graduação em Engenharia de Produção, 1999.

TEIXEIRA, F.A.; PIRES, A.V.; NUNES, P.V. Bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. **Revista eletrônica de Veterinária**, Itapetinga, BA, v. 8, n. 6, 2007. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607/060708.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2009.

TOBIAS, A.C. **Tratamento de resíduos de suinocultura: uso de reatores anaeróbios seqüenciais seguido de leitões cultivados**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

VALENTIM, M.A.A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado**. 1999. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Campinas, São Paulo, 1999.

VANOTTI, M.B. et al. Development of environmentally superior treatment system to replace anaerobic swine lagoons in the USA. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 3184-3194, 2007.

VEGRO, C.L. e ROCHA, M.B. Expectativas tecnológicas para o segmento de carnes de aves e suínos. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 5, maio 2007.

VIEIRA, I.F. Agricultura e agroindústria familiar. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.
von SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA, 1996. 243 p.

WESZ JR, V.J. ; TRENTIN, I.C.L.; FILIPPI, E.E. Os reflexos das agroindústrias familiares para o desenvolvimento das áreas rurais no Brasil. In: ALFATER – ALIMENTACIÓN, AGRICULTURA FAMILIAR Y TERRITORIO; CONGRESO INTERNACIONAL DE LA RED SIAL, 4., 2008, Mar del Plata (Argentina). **Anais...** Mar del Plata (Argentina): [s.n.], 2008.

WESZ JR, V.J.; TRENTIN, I.C.L. Desenvolvimento territorial com agroindústrias familiares. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 44., Ribeirão Preto, SP, 2005. **Anais eletrônicos...** Ribeirão Preto: SOBER, 2005. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/468.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2009.

ZANELLA, L. **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: Wtlands-construídos utilizando brita e bambu como suporte**. 2008. 189 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, São Paulo, 2008.

ZANOTTO, D.L. et al. Flotado de efluentes de frigorífico de suínos e aves. Concórdia, SC: CNPSA: EMBRAPA, 2006. (Comunicado Técnico, 440).

APÊNDICES

APÊNDICE A – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste T de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade da água no córrego vinhos nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Simonetti.

Comparações ¹	média ± desvio padrão		<i>p</i> – valor*
CE			
Nascente x antes	138 ± 18	X 73 ± 23	0,0080
Nascente x depois	138 ± 18	X 107 ± 17	0,0344
antes x depois	73 ± 23	X 107 ± 17	0,0470
pH			
Nascente x antes	7,39 ± 0,18	X 7,38 ± 0,27	0,0799
Nascente x depois	7,39 ± 0,18	X 7,22 ± 0,17	0,1820
antes x depois	7,38 ± 0,27	X 7,22 ± 0,17	0,2636
turbidez			
Nascente x antes	0,93 ± 0,87	X 6,45 ± 2,35	0,0116
Nascente x depois	0,93 ± 0,87	X 2,37 ± 1,82	0,1696
antes x depois	6,45 ± 2,35	X 2,37 ± 1,82	0,0408
cor			
Nascente x antes	1 ± 2	X 35 ± 6	0,0072
Nascente x depois	1 ± 2	X 27 ± 17	0,0038
antes x depois	35 ± 6	X 27 ± 17	0,4076
NH ₄			
Nascente x antes	0,27 ± 0,18	X 0,25 ± 0,36	0,1100
Nascente x depois	0,27 ± 0,18	X 0,30 ± 0,40	0,1394
antes x depois	0,25 ± 0,36	X 0,30 ± 0,40	0,1610
NO ₃			
Nascente x antes	0,28 ± 0,27	X 0,04 ± 0,09	0,1312
Nascente x depois	0,28 ± 0,27	X 0,04 ± 0,09	0,1106
antes x depois	0,04 ± 0,09	X 0,04 ± 0,09	>0,050
Na			
Nascente x antes	7,57 ± 2,97	X 6,10 ± 2,12	0,3682
Nascente x depois	7,57 ± 2,97	X 6,39 ± 1,87	0,4816
antes x depois	6,10 ± 2,12	X 6,39 ± 1,87	0,1910
Coliformes totais			
Nascente x antes	1152 ± 1330	X 135 ± 155	0,2132
Nascente x depois	1152 ± 1330	X 1641 ± 1894	0,2980
antes x depois	135 ± 155	X 1641 ± 1894	0,1866
Coliformes fecais			
Nascente x antes	0,95 ± 1,10	X 0,00 ± 0,00	0,1784
Nascente x depois	0,95 ± 1,10	X 1,93 ± 3,85	0,4556
antes x depois	0,00 ± 0,00	X 1,93 ± 3,85	0,4570
Ca			
Nascente x antes	27,85 ± 7,43	X 11,87 ± 0,69	0,0098
Nascente x depois	27,85 ± 7,43	X 15,94 ± 3,19	0,0192
antes x depois	11,87 ± 0,69	X 15,94 ± 3,19	0,0528
Mg			
Nascente x antes	10,57 ± 6,69	X 7,04 ± 3,05	0,2780
Nascente x depois	10,57 ± 6,69	X 6,18 ± 3,09	0,2296
antes x depois	7,04 ± 3,05	X 6,18 ± 3,09	0,3522

APÊNDICE A – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste T de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade da água no córrego vinhos nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Simonetti.

Comparações ¹	média ± desvio padrão		<i>p</i> – valor*
dureza			
Nascente x antes	113,08 ± 41,34	X 58,66 ± 13,26	0,0460
Nascente x depois	113,08 ± 41,34	X 65,26 ± 11,57	0,0646
antes x depois	58,66 ± 13,26	X 65,26 ± 11,57	0,4342
Fe			
Nascente x antes	0,69 ± 0,59	X 1,28 ± 0,88	0,2774
Nascente x depois	0,69 ± 0,59	X 1,26 ± 0,94	0,2468
antes x depois	1,28 ± 0,88	X 1,26 ± 0,94	0,2600
Zn			
Nascente x antes	0,09 ± 0,08	X 0,13 ± 0,15	0,4942
Nascente x depois	0,09 ± 0,08	X 0,08 ± 0,09	0,0772
antes x depois	0,13 ± 0,15	X 0,08 ± 0,09	0,4856
Mn			
Nascente x antes	0,04 ± 0,04	X 0,12 ± 0,05	0,0236
Nascente x depois	0,04 ± 0,04	X 0,16 ± 0,07	0,0184
antes x depois	0,12 ± 0,05	X 0,16 ± 0,07	0,2366
Cu			
Nascente x antes	0,15 ± 0,23	X 0,77 ± 1,14	0,2404
Nascente x depois	0,15 ± 0,23	X 0,02 ± 0,04	0,2352
antes x depois	0,77 ± 1,14	X 0,02 ± 0,04	0,1386
ST			
Nascente x antes	97 ± 65	X 61 ± 77	0,4566
Nascente x depois	97 ± 65	X 68 ± 70	0,4772
antes x depois	61 ± 77	X 68 ± 70	0,0960
SDT			
Nascente x antes	280 ± 461	X 383 ± 734	0,1980
Nascente x depois	280 ± 461	X 100 ± 92	0,4644
antes x depois	383 ± 734	X 100 ± 92	0,4920
COT			
Nascente x antes	14 ± 12	X 19 ± 12	0,4466
Nascente x depois	14 ± 12	X 16 ± 14	0,1074
antes x depois	19 ± 12	X 16 ± 14	0,3074
Alcalinidade			
Nascente x antes	70 ± 11	X 50 ± 26	0,1576
Nascente x depois	70 ± 11	X 51 ± 11	0,0398
antes x depois	50 ± 26	X 51 ± 11	0,1040
OD			
Nascente x antes	7,65 ± 0,70	X 7,44 ± 0,68	0,3500
Nascente x depois	7,65 ± 0,70	X 7,37 ± 1,68	0,2962
antes x depois	7,44 ± 0,68	X 7,37 ± 1,68	0,0648
saturação			
Nascente x antes	86 ± 2,32	X 83 ± 8,36	0,1584
Nascente x depois	86 ± 2,32	X 92 ± 15,25	0,1706
antes x depois	83 ± 8,36	X 92 ± 15,25	0,2440

APÊNDICE A – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste T de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade da água no córrego vinhos nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Simonetti.

Comparações ¹	média ± desvio padrão		<i>p</i> – valor*
	Pt		
Nascente x antes	0,11 ± 0,05	X 0,13 ± 0,10	0,1296
Nascente x depois	0,11 ± 0,05	X 0,03 ± 0,02	0,4632
antes x depois	0,13 ± 0,10	X 0,03 ± 0,02	0,1300
	DBO		
Nascente x antes	18 ± 0	X 31 ± 25	0,0704
Nascente x depois	18 ± 0	X 30 ± 25	0,0798
antes x depois	31 ± 25	X 30 ± 25	0,1640
	DQO		
Nascente x antes	42 ± 47	X 41 ± 34	0,2902
Nascente x depois	42 ± 47	X 61 ± 30	0,2558
antes x depois	41 ± 34	X 61 ± 30	0,3764

* Pelo método de reamostragem de Bootstrap.

¹ Nascente – ponto usado como padrão; Antes – ponto antes do lançamento de resíduos pela agroindústria; Depois – ponto depois do lançamento de resíduos pela agroindústria.

APÊNDICE B – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste t de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade da água do córrego licores nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Sabor do Vale.

Comparações ¹	média ± desvio padrão		<i>p</i> – valor*
	CE		
Nascente x antes	50 ± 7	X 62 ± 6	0,0416
Nascente x depois	50 ± 7	X 64 ± 5	0,0202
antes x depois	62 ± 6	X 64 ± 5	0,4634
	pH		
Nascente x antes	6,97 ± 0,12	X 7,14 ± 0,10	0,0672
Nascente x depois	6,97 ± 0,12	X 6,95 ± 0,43	0,0950
antes x depois	7,14 ± 0,10	X 6,95 ± 0,43	0,3400
	turbidez		
Nascente x antes	6,10 ± 1,01	X 3,48 ± 1,01	0,0156
Nascente x depois	6,10 ± 1,01	X 3,90 ± 0,98	0,0304
antes x depois	3,48 ± 1,01	X 3,90 ± 0,98	0,4732
	Cor		
Nascente x antes	18,75 ± 2,5	X 22,50 ± 9,6	0,4828
Nascente x depois	18,75 ± 2,5	X 18,75 ± 2,5	0,9801
antes x depois	22,50 ± 9,6	X 18,75 ± 2,5	0,4844
	NH ₄		
Nascente x antes	0,44 ± 0,6	X 0,54 ± 0,3	0,2666
Nascente x depois	0,44 ± 0,6	X 0,54 ± 0,7	0,1932
antes x depois	0,54 ± 0,3	X 0,54 ± 0,7	0,9800

APÊNDICE B – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste t de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade da água do córrego licores nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Sabor do vale.

Comparações ¹	média ± desvio padrão		<i>p</i> – valor*
NO ₃			
Nascente x antes	1,21 ± 0,96	X 1,21 ± 0,62	0,9800
Nascente x depois	1,21 ± 0,96	X 0,72 ± 0,91	0,4192
antes x depois	1,21 ± 0,62	X 0,72 ± 0,91	0,3194
Na			
Nascente x antes	4,49 ± 2,03	X 5,11 ± 1,57	0,4108
Nascente x depois	4,49 ± 2,03	X 6,34 ± 2,34	0,2160
antes x depois	5,11 ± 1,57	X 6,34 ± 2,34	0,3402
Coliformes totais			
Nascente x antes	4 ± 4,45	X 11553 ± 13279	0,0440
Nascente x depois	4 ± 4,45	X 11593 ± 13233	0,0388
antes x depois	11553 ± 13279	X 11593 ± 13233	0,1700
Coliformes fecais			
Nascente x antes	0 ± 0	X 6 ± 11	>0,050
Nascente x depois	0 ± 0	X 269 ± 534	>0,050
antes x depois	6 ± 11	X 269 ± 534	0,4210
Ca			
Nascente x antes	6,15 ± 1,49	X 7,89 ± 2,27	0,1992
Nascente x depois	6,15 ± 1,49	X 7,82 ± 1,96	0,1742
antes x depois	7,89 ± 2,27	X 7,82 ± 1,96	0,0580
Mg			
Nascente x antes	1,54 ± 0,24	X 1,63 ± 0,38	0,3276
Nascente x depois	1,54 ± 0,24	X 1,61 ± 0,38	0,2644
antes x depois	1,63 ± 0,38	X 1,61 ± 0,38	0,0510
Dureza			
Nascente x antes	21,71 ± 4,37	X 26,41 ± 7,19	0,2310
Nascente x depois	21,71 ± 4,37	X 26,18 ± 6,38	0,2250
antes x depois	26,41 ± 7,19	X 26,18 ± 6,38	0,0692
Fe			
Nascente x antes	1,00 ± 0,83	X 0,66 ± 0,47	0,4300
Nascente x depois	1,00 ± 0,83	X 0,69 ± 0,69	0,4666
antes x depois	0,66 ± 0,47	X 0,69 ± 0,69	0,0676
Zn			
Nascente x antes	0,07 ± 0,06	X 0,08 ± 0,08	0,0950
Nascente x depois	0,07 ± 0,06	X 0,09 ± 0,08	0,4704
antes x depois	0,08 ± 0,08	X 0,09 ± 0,08	0,1974
Mn			
Nascente x antes	0,26 ± 0,37	X 0,08 ± 0,09	0,3148
Nascente x depois	0,26 ± 0,37	X 0,10 ± 0,09	0,3830
antes x depois	0,08 ± 0,09	X 0,10 ± 0,09	0,2580
Cu			
Nascente x antes	0,01 ± 0,03	X 0,06 ± 0,13	0,4938
Nascente x depois	0,01 ± 0,03	X 0,02 ± 0,04	0,2254
antes x depois	0,06 ± 0,13	X 0,02 ± 0,04	0,4616

APÊNDICE B – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste t de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade da água no córrego licores nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Sabor do Vale.

Comparações ¹	média ± desvio padrão		<i>p</i> – valor*
ST			
Nascente x antes	41 ± 50	X 167 ± 131	0,0778
Nascente x depois	41 ± 50	X 37 ± 55	0,1312
antes x depois	167 ± 131	X 37 ± 55	0,0946
SDT			
Nascente x antes	23 ± 25	X 33 ± 30	0,3784
Nascente x depois	23 ± 25	X 74 ± 86	0,2396
antes x depois	33 ± 30	X 74 ± 86	0,3160
COT			
Nascente x antes	17,1 ± 10,9	X 17,4 ± 11,2	0,4340
Nascente x depois	17,1 ± 10,9	X 17,7 ± 12,6	0,0822
antes x depois	17,4 ± 11,2	X 17,7 ± 12,6	0,0550
Alcalinidade			
Nascente x antes	21 ± 7	X 22 ± 4	0,3102
Nascente x depois	21 ± 7	X 23 ± 4	0,4846
antes x depois	22 ± 4	X 23 ± 4	0,3550
OD			
Nascente x antes	8,24 ± 0,40	X 7,86 ± 0,38	0,4906
Nascente x depois	8,24 ± 0,40	X 7,86 ± 0,46	0,4984
antes x depois	7,86 ± 0,38	X 7,86 ± 0,46	0,9800
Saturação			
Nascente x antes	90,13 ± 3,16	X 86,07 ± 5,01	0,2478
Nascente x depois	90,13 ± 3,16	X 85,37 ± 5,54	0,2646
antes x depois	86,07 ± 5,01	X 85,37 ± 5,54	0,0646
Pt			
Nascente x antes	0,13 ± 0,01	X 0,15 ± 0,03	0,0640
Nascente x depois	0,13 ± 0,01	X 0,80 ± 0,96	0,1304
antes x depois	0,15 ± 0,03	X 0,80 ± 0,96	0,4896
DBO			
Nascente x antes	17,5 ± 0	X 51,2 ± 53	0,0990
Nascente x depois	17,5 ± 0	X 50,2 ± 50,4	0,0220
antes x depois	51,2 ± 53	X 50,2 ± 50,4	0,1004
DQO			
Nascente x antes	40 ± 61	X 128 ± 58	0,0392
Nascente x depois	40 ± 61	X 144 ± 87	0,0468
antes x depois	128 ± 58	X 144 ± 87	0,2672

* Pelo método de reamostragem de Bootstrap.

¹ Nascente – ponto usado como padrão; Antes – ponto antes do lançamento de resíduos pela agroindústria; Depois – ponto depois do lançamento de resíduos pela agroindústria.

APÊNDICE C – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste t de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade da água no córrego abatedouro de aves nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Abatedouro de Aves.

Comparações ¹	média ± desvio padrão		<i>p</i> – valor*
CE			
Nascente x antes	50 ± 18	X 122 ± 70	0,0730
Nascente x depois	50 ± 18	X 155 ± 75	0,0334
antes x depois	122 ± 70	X 155 ± 75	0,4800
pH			
Nascente x antes	6,65 ± 0,77	X 6,97 ± 0,28	0,4124
Nascente x depois	6,65 ± 0,77	X 6,88 ± 0,21	0,4460
antes x depois	6,97 ± 0,28	X 6,88 ± 0,21	0,4306
turbidez			
Nascente x antes	7,62 ± 7,01	X 5,87 ± 4,52	0,3492
Nascente x depois	7,62 ± 7,01	X 8,91 ± 2,37	0,3044
antes x depois	5,87 ± 4,52	X 8,91 ± 2,37	0,1996
Cor			
Nascente x antes	38,75 ± 18,43	X 43,75 ± 19,74	0,2798
Nascente x depois	38,75 ± 18,43	X 76,67 ± 15,28	0,0192
antes x depois	43,75 ± 19,74	X 76,67 ± 15,28	0,0404
NH ₄			
Nascente x antes	0,21 ± 0,24	X 0,23 ± 0,28	0,1186
Nascente x depois	0,21 ± 0,24	X 1,16 ± 1,36	0,1724
antes x depois	0,23 ± 0,28	X 1,16 ± 1,36	0,1724
NO ₃			
Nascente x antes	0,20 ± 0,25	X 0,19 ± 0,31	0,0682
Nascente x depois	0,20 ± 0,25	X 0,18 ± 0,18	0,1580
antes x depois	0,19 ± 0,31	X 0,18 ± 0,18	0,0534
Na			
Nascente x antes	4,57 ± 3,64	X 11,19 ± 3,89	0,0778
Nascente x depois	4,57 ± 3,64	X 12,07 ± 5,39	0,0902
antes x depois	11,19 ± 3,89	X 12,07 ± 5,39	0,2268
Coliformes totais			
Nascente x antes	0,95 ± 1,1	X 117,10 ± 130,37	0,0346
Nascente x depois	0,95 ± 1,1	X 1647,75 ± 1887,10	0,0620
antes x depois	117,10 ± 130,37	X 1647,75 ± 1887,10	0,1906
Coliformes fecais			
Nascente x antes	0 ± 0	X 2,4 ± 3,6	<0,05
Nascente x depois	0 ± 0	X 576,2 ± 1152,5	<0,05
antes x depois	2,4 ± 3,6	X 576,2 ± 1152,5	0,4924
Ca			
Nascente x antes	7,96 ± 4,23	X 35,14 ± 20,35	0,0294
Nascente x depois	7,96 ± 4,23	X 21,19 ± 11,60	0,0670
antes x depois	35,14 ± 20,35	X 21,19 ± 11,60	0,2286
Mg			
Nascente x antes	1,95 ± 1,52	X 4,21 ± 3,07	0,1222
Nascente x depois	1,95 ± 1,52	X 11,02 ± 8,83	0,0740
antes x depois	4,21 ± 3,07	X 11,02 ± 8,83	0,1596

APÊNDICE C – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste t de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade da água no córrego abatedouro de aves nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Abatedouro de Aves.

Comparações ¹	média ± desvio padrão		<i>p</i> – valor*
dureza			
Nascente x antes	27,9 ± 16	X 121,5 ± 83,3	0,0474
Nascente x depois	27,9 ± 16	X 98,3 ± 54,6	0,0456
antes x depois	121,5 ± 83,3	X 98,3 ± 54,6	0,3948
Fe			
Nascente x antes	1,97 ± 0,75	X 2,36 ± 1,51	0,3802
Nascente x depois	1,97 ± 0,75	X 2,10 ± 1,18	0,1454
antes x depois	2,36 ± 1,51	X 2,10 ± 1,18	0,2964
Zn			
Nascente x antes	0,10 ± 0,14	X 0,06 ± 0,08	0,3430
Nascente x depois	0,10 ± 0,14	X 0,17 ± 0,19	0,4082
antes x depois	0,06 ± 0,08	X 0,17 ± 0,19	0,2882
Mn			
Nascente x antes	0,06 ± 0,05	X 1,24 ± 2,15	0,1838
Nascente x depois	0,06 ± 0,05	X 1,82 ± 3,24	0,1352
antes x depois	1,24 ± 2,15	X 1,82 ± 3,24	0,2968
Cu			
Nascente x antes	0,01 ± 0,02	X 0,02 ± 0,05	0,4792
Nascente x depois	0,01 ± 0,02	X 1,00 ± 1,16	0,1648
antes x depois	0,02 ± 0,05	X 1,00 ± 1,16	0,1632
ST			
Nascente x antes	177 ± 165	X 106 ± 92	0,4208
Nascente x depois	177 ± 165	X 128 ± 106	0,4290
antes x depois	106 ± 92	X 128 ± 106	0,2816
SDT			
Nascente x antes	51 ± 48	X 150 ± 171	0,2510
Nascente x depois	51 ± 48	X 56 ± 42	0,1276
antes x depois	150 ± 171	X 56 ± 42	0,2434
COT			
Nascente x antes	24 ± 22	X 23 ± 21	0,0704
Nascente x depois	24 ± 22	X 47 ± 45	0,2946
antes x depois	23 ± 21	X 47 ± 45	0,2632
Alcalinidade			
Nascente x antes	44 ± 37	X 51 ± 21	0,3118
Nascente x depois	44 ± 37	X 50 ± 19	0,2918
antes x depois	51 ± 21	X 50 ± 19	0,0592
OD			
Nascente x antes	8,64 ± 0,44	X 4,22 ± 2,12	0,0172
Nascente x depois	8,64 ± 0,44	X 5,09 ± 4,19	0,0254
antes x depois	4,22 ± 2,12	X 5,09 ± 4,19	0,2948
saturação			
Nascente x antes	101,8 ± 14	X 46,9 ± 22	0,0222
Nascente x depois	101,8 ± 14	X 41,3 ± 30	0,0562
antes x depois	46,9 ± 22	X 41,3 ± 30	0,0238

APÊNDICE C – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste t de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade da água do córrego abatedouro de aves nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Abatedouro de Aves.

Comparações ¹	média ± desvio padrão		<i>p</i> – valor*
	Pt		
Nascente x antes	0,12 ± 0,01	X 0,03 ± 0,02	0,2478
Nascente x depois	0,12 ± 0,01	X 0,60 ± 0,50	0,0884
antes x depois	0,03 ± 0,02	X 0,60 ± 0,50	0,1246
	DBO		
Nascente x antes	17,0 ± 4,2	X 18,1 ± 9,5	0,1366
Nascente x depois	17,0 ± 4,2	X 18,2 ± 14,4	0,1198
antes x depois	18,1 ± 9,5	X 18,2 ± 14,4	0,0658
	DQO		
Nascente x antes	12,4 ± 11	X 139,9 ± 159	0,1680
Nascente x depois	12,4 ± 11	X 63,2 ± 62	0,1396
antes x depois	139,9 ± 159	X 63,2 ± 62	0,2654

* Pelo método de reamostragem de Bootstrap.

¹ Nascente – ponto usado como padrão; Antes – ponto antes do lançamento de resíduos pela agroindústria; Depois – ponto depois do lançamento de resíduos pela agroindústria.

APÊNDICE D – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste t de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade do córrego frigorífico nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Irmãos Giacomini.

Comparações ¹	média ± desvio padrão		<i>p</i> – valor*
	CE		
Nascente x antes	57 ± 1	X 238 ± 86	0,0480
Nascente x depois	57 ± 1	X 552 ± 251	0,0360
antes x depois	238 ± 86	X 552 ± 251	0,0464
	pH		
Nascente x antes	7,23 ± 0,78	X 7,32 ± 0,52	0,1008
Nascente x depois	7,23 ± 0,78	X 7,16 ± 0,15	0,4030
antes x depois	7,32 ± 0,52	X 7,16 ± 0,15	0,4946
	turbidez		
Nascente x antes	1,42 ± 1,58	X 44,75 ± 42,18	0,0850
Nascente x depois	1,42 ± 1,58	X 69,53 ± 40,37	0,0164
antes x depois	44,75 ± 42,18	X 69,53 ± 40,37	0,4382
	Cor		
Nascente x antes	0 ± 0	X 190 ± 80	0,0072
Nascente x depois	0 ± 0	X 232 ± 35	0,0036
antes x depois	190 ± 80	X 232 ± 35	0,3754
	NH ₄		
Nascente x antes	0,24 ± 0	X 1,32 ± 2,42	0,4474
Nascente x depois	0,24 ± 0	X 11,30 ± 8,28	0,0388
antes x depois	1,32 ± 2,42	X 11,30 ± 8,28	0,0282

APÊNDICE D – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste t de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade do córrego frigorífico nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Irmãos Giacomini.

Comparações ¹	média ± desvio padrão		<i>p</i> – valor*
NO ₃			
Nascente x antes	0,36 ± 0,08	X 0,24 ± 0,22	0,2894
Nascente x depois	0,36 ± 0,08	X 0,14 ± 0,26	0,1838
antes x depois	0,24 ± 0,22	X 0,14 ± 0,26	0,4478
Na			
Nascente x antes	15,1 ± 7,7	X 27,9 ± 14,4	0,0764
Nascente x depois	15,1 ± 7,7	X 74,4 ± 56,9	0,0838
antes x depois	27,9 ± 14,4	X 74,4 ± 56,9	0,1218
Coliformes totais			
Nascente x antes	115 ± 162	X 11588 ± 13239	0,0410
Nascente x depois	115 ± 162	X 17866 ± 10374	0,0122
antes x depois	11588 ± 13239	X 17866 ± 10374	0,3180
Coliformes fecais			
Nascente x antes	0 ± 0	X 46 ± 57	<0,05
Nascente x depois	0 ± 0	X 6192 ± 11268	<0,05
antes x depois	46 ± 57	X 6192 ± 11268	0,1720
Ca			
Nascente x antes	8,63 ± 4,9	X 22,79 ± 9,03	0,0354
Nascente x depois	8,63 ± 4,9	X 28,44 ± 12,13	0,0308
antes x depois	22,79 ± 9,03	X 28,44 ± 12,13	0,4122
Mg			
Nascente x antes	3,04 ± 2,16	X 5,89 ± 1,73	0,0114
Nascente x depois	3,04 ± 2,16	X 6,68 ± 2,31	0,0320
antes x depois	5,89 ± 1,73	X 6,68 ± 2,31	0,4724
dureza			
Nascente x antes	34 ± 21	X 81 ± 24	0,0898
Nascente x depois	34 ± 21	X 98 ± 37	0,0728
antes x depois	81 ± 24	X 98 ± 37	0,3790
Fe			
Nascente x antes	1,39 ± 0,91	X 7,05 ± 6,67	0,0924
Nascente x depois	1,39 ± 0,91	X 3,43 ± 1,52	0,0544
antes x depois	7,05 ± 6,67	X 3,43 ± 1,52	0,2464
Zn			
Nascente x antes	0,12 ± 0,03	X 0,10 ± 0,13	0,2126
Nascente x depois	0,12 ± 0,03	X 0,11 ± 0,15	0,2870
antes x depois	0,10 ± 0,13	X 0,11 ± 0,15	0,0962
Mn			
Nascente x antes	0,14 ± 0,13	X 0,40 ± 0,45	0,2082
Nascente x depois	0,14 ± 0,13	X 0,57 ± 0,57	0,1630
antes x depois	0,40 ± 0,45	X 0,57 ± 0,57	0,3634
Cu			
Nascente x antes	0 ± 0	X 0,02 ± 0,03	0,1450
Nascente x depois	0 ± 0	X 0,17 ± 0,34	0,3372
antes x depois	0,02 ± 0,03	X 0,17 ± 0,34	0,4942

APÊNDICE D – Média, desvio padrão e valores do nível mínimo de significância do teste t de reamostragem Bootstrap para avaliação da qualidade do córrego frigorífico nos pontos: nascente, antes e depois do lançamento de resíduos pela agroindústria Irmãos Giacomini.

Comparações ¹	média ± desvio padrão		<i>p</i> – valor*
ST			
Nascente x antes	390 ± 551	X 146 ± 27	0,1136
Nascente x depois	390 ± 551	X 438 ± 213	0,1148
antes x depois	146 ± 27	X 438 ± 213	0,1870
SDT			
Nascente x antes	420 ± 594	X 95 ± 127	0,3214
Nascente x depois	420 ± 594	X 306 ± 168	0,3884
antes x depois	95 ± 127	X 306 ± 168	0,1406
COT			
Nascente x antes	15,2 ± 12,6	X 24,8 ± 13,4	0,4336
Nascente x depois	15,2 ± 12,6	X 46,5 ± 44,7	0,1906
antes x depois	24,8 ± 13,4	X 46,5 ± 44,7	0,2990
Alcalinidade			
Nascente x antes	61 ± 51	X 95 ± 41	0,2126
Nascente x depois	61 ± 51	X 151 ± 40	0,0254
antes x depois	95 ± 41	X 151 ± 40	0,0636
OD			
Nascente x antes	8,00 ± 0	X 4,89 ± 1,99	0,0650
Nascente x depois	8,00 ± 0	X 1,33 ± 0,67	0,0062
antes x depois	4,89 ± 1,99	X 1,33 ± 0,67	0,0260
saturação			
Nascente x antes	100 ± 0	X 50 ± 34	0,0956
Nascente x depois	100 ± 0	X 17 ± 14	0,0096
antes x depois	50 ± 34	X 17 ± 14	0,1670
Pt			
Nascente x antes	0,12 ± 0,01	X 0,18 ± 0,12	0,2654
Nascente x depois	0,12 ± 0,01	X 0,63 ± 0,50	0,1208
antes x depois	0,18 ± 0,12	X 0,63 ± 0,50	0,1300
DBO			
Nascente x antes	17,5 ± 0	X 98,25 ± 84	0,0448
Nascente x depois	17,5 ± 0	X 103,33 ± 55	0,0148
antes x depois	98,25 ± 84	X 103,33 ± 55	0,1298
DQO			
Nascente x antes	0 ± 0	X 104 ± 73	<0,05
Nascente x depois	0 ± 0	X 228 ± 170	<0,05
antes x depois	104 ± 73	X 228 ± 170	0,1872

* Pelo método de reamostragem de Bootstrap.

¹ Nascente – ponto usado como padrão; Antes – ponto antes do lançamento de resíduos pela agroindústria; Depois – ponto depois do lançamento de resíduos pela agroindústria.



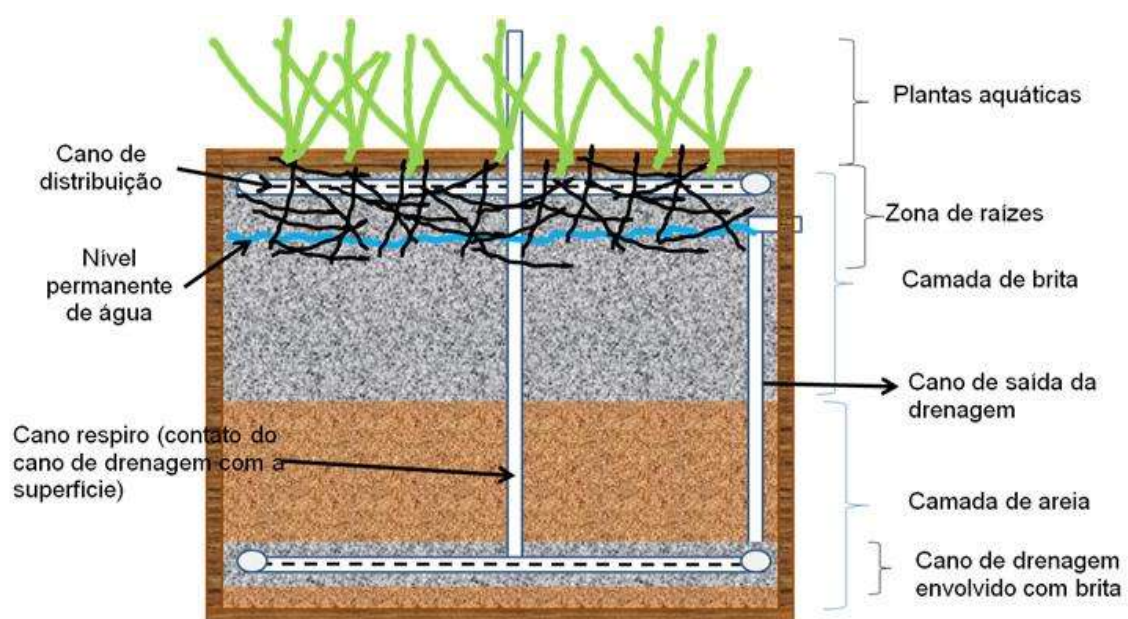
APÊNDICE E - Esquema ilustrativo da estrutura de tratamento de resíduos de agroindústria de laticínios. Ponto 1 – Agroindústria; Ponto 2 – tanque de decantação e deposição; Ponto 3 – tanque de retenção de gordura; Ponto 4 – caixa de distribuição; Ponto 5 – tanque de tratamento por zona de raízes.

Fonte: do autor



APÊNDICE F - Etapas para construção do tanque de tratamento por zona de raízes.

Fonte: do autor



APÊNDICE G - Perfil do tanque de tratamento por zona de raízes, mostrando detalhes da tubulação de distribuição e drenagem do resíduo, além da espessura da camada de areia e brita e distribuição das raízes.

Fonte: do autor

APÊNDICE H – Valores dos parâmetros analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria Abatedouro de Aves.

	DAI Repetições	180				240			260				273			Média geral
		I	II	III	Média	I	II	Média	I	II	III	Média	I	II	Média	
Na	Não tratado ¹	88	84	88	87	48	54	51	-	31	37	34	10	-	10	45
	Tratado	75	73	45	64	29	27	28	41	16	15	24	9	38	24	35
	Removido	14	14	49	26	39	49	44	-	48	60	29	6	-	-144	-11
K	Não tratado	24	24	26	25	58	81	69	-	95	115	105	10	-	10	52
	Tratado	23	21	11	18	37	29	33	38	37	30	35	2	14	8	24
	Removido	3	11	56	25	36	64	53	-	61	74	67	76	-	17	40
Ca	Não tratado	14	12	13	13	-	-	-	-	-	-	-	19	-	19	16
	Tratado	17	24	36	26	-	-	-	-	-	-	-	18	11	14	20
	Removido	-22	-99	-182	-98	-	-	-	-	-	-	-	7	-	26	-36
Mg	Não tratado	3	9	3	5	-	-	-	-	-	-	-	10	-	10	8
	Tratado	5	7	15	9	-	-	-	-	-	-	-	7	18	12	11
	Removido	-47	20	-326	-67	-	-	-	-	-	-	-	29	-	-28	-48
Dureza	Não tratado	49	69	46	55	-	-	-	-	-	-	-	88	-	88	71
	Tratado	63	91	150	101	-	-	-	-	-	-	-	73	100	87	94
	Removido	-28	-32	-225	-85	-	-	-	-	-	-	-	17	-	2	-42
Alcalinida- de	Não tratado	144	148	143	145	85	99	92	-	50	75	63	170	-	170	117
	Tratado	115	142	126	127	135	132	133	219	63	31	104	170	164	167	133
	Removido	21	4	12	12	-60	-34	-46	-	-25	58	-67	0	-	2	-25
ST	Não tratado	314	286	371	324	0	140	70	-	400	240	320	320	-	320	258
	Tratado	229	329	257	271	100	0	50	380	200	120	233	300	400	350	226
	Removido	27	-15	31	16	-	100	29	-	50	50	27	6	-	-9	16
SDT	Não tratado	300	100	457	286	460	340	400	-	180	140	160	320	-	320	291
	Tratado	157	29	157	114	0	360	180	0	60	0	20	200	260	230	136
	Removido	48	71	66	60	100	-6	55	-	67	100	88	38	-	28	58
COs	Não tratado	2	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	Tratado	0	2	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	Removido	77	-122	-242	-69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-69
COt	Não tratado	13	12	10	11	10	18	14	-	-	-	-	26	-	26	17
	Tratado	29	7	5	14	-	14	14	-	-	-	-	37	21	29	19
	Removido	-126	36	50	-20	-	22	0	-	-	-	-	-42	-	-11	-10

1. valores em mg l⁻¹ para dados de não tratado e tratado e em % para removido; DAI= dia após instalação.

APÊNDICE I - Valores dos parâmetros analisados no resíduo não tratado, tratado, e valores percentuais da remoção pelo sistema de tratamento aplicado na agroindústria produtora de vinhos e sucos.

DAI	Repetições	133				223			283				300				313				Média Geral
		I	II	III	Média	I	II	Média	I	II	III	Média	I	II	III	Média	I	II	III	Média	
Na	Não tratado ¹	445	445	438	443	567	556	561	641	105	112	286	339	452	-	396	49	-	-	49	347
	Tratado	461	441	441	448	502	513	508	802	48	44	298	429	441	-	435	34	50	44	43	346
	Removido	-4	1	-1	-1	11	8	10	-25	55	61	-4	-27	3	-	-10	30	-	-	12	1
K	Não tratado	19	19	19	19	38	36	37	44	49	50	48	135	139	-	137	17	-	-	17	51
	Tratado	21	24	20	22	24	26	25	32	26	26	28	163	122	-	142	16	20	20	19	47
	Removido	-13	-27	-7	-16	38	28	33	26	46	49	41	-20	12	-	-4	6	-	-	-11	9
Ca	Não tratado	15	14	17	15	-	-	-	41	39	54	45	-	-	-	-	50	-	-	50	37
	Tratado	23	27	22	24	-	-	-	16	18	23	19	-	-	-	-	19	28	47	31	25
	Removido	-60	-84	-28	-56	-	-	-	61	55	58	58	-	-	-	-	61	-	-	37	13
Mg	Não tratado	3	3	3	3	-	-	-	15	15	22	17	-	-	-	-	13	-	-	13	11
	Tratado	5	7	5	6	-	-	-	4	4	6	5	-	-	-	-	15	14	16	15	8
	Removido	-93	-133	-50	-91	-	-	-	74	72	75	74	-	-	-	-	-21	-	-	-21	-13
dureza	Não tratado	48	48	56	51	-	-	-	163	159	227	183	-	-	-	-	-	176	-	-	176
	Tratado	80	95	75	83	-	-	-	56	61	80	66	-	-	-	-	-	111	128	184	141
	Removido	-68	-96	-33	-64	-	-	-	66	61	65	64	-	-	-	-	-	37	-	-	20
Alcalini- dade	Não tratado	213	219	238	223	153	134	143	571	550	567	563	696	461	-	578	-	402	-	-	402
	Tratado	247	209	254	237	94	95	95	424	361	463	416	246	550	175	324	-	329	476	555	453
	Removido	-16	5	-7	-6	39	29	34	26	34	18	26	65	-19	-	44	-	18	-	-	-13
ST	Não tratado	957	829	814	867	-	-	-	6957	1886	1829	3557	6900	2040	-	4470	5180	-	-	5180	3518
	Tratado	914	1186	886	995	-	-	-	857	843	600	767	1520	1360	1140	1340	1020	1020	1320	1120	1055
	Removido	4	-43	-9	-15	-	-	-	88	55	67	78	78	33	-	70	80	-	-	78	53
SDT	Não tratado	771	1014	871	886	580	540	560	743	771	743	752	1060	1040	-	1050	1140	-	-	1140	878
	Tratado	886	986	329	733	540	440	490	1000	714	3457	1724	900	1100	1040	1013	960	1020	1240	1073	1007
	Removido	-15	3	62	17	7	19	13	-35	7	-365	-129	15	-6	-	3	16	-	-	6	-18
COt	Não tratado	13	16	13	14	-	-	-	44	36	38	39	-	-	-	-	-	-	-	-	27
	Tratado	8	-	10	9	-	-	-	5	3	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	6
	Removido	38	-	22	36	-	-	-	88	91	95	91	-	-	-	-	-	-	-	-	63
	Não tratado	2979	958	1303	1747	-	126	126	4359	1602	1261	2407	-	-	-	-	2930	-	-	2930	1802
	Tratado	512	1167	629	769	-	75	75	28	20	22	23	-	-	-	-	82	23	46	50	229
	Removido	83	-22	52	56	-	41	41	99	99	98	99	-	-	-	-	97	-	-	98	74