



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

Tese de doutorado

**AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA, RACIONALIZAÇÃO DO USO E  
REÚSO DO EFLUENTE LÍQUIDO DE UM FRIGORÍFICO DE SUÍNOS NA  
BUSCA DA SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA EMPRESA**

**Elisabeth Ibi Frimm Krieger**

Porto Alegre, novembro de 2007



**AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA, RACIONALIZAÇÃO DO USO E REÚSO DO EFLUENTE LÍQUIDO DE UM FRIGORÍFICO DE SUÍNOS NA BUSCA DA SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA EMPRESA**

**Elisabeth Ibi Frimm Krieger**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências, com ênfase em Ecologia.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Tereza Raya Rodriguez

Comissão Examinadora  
Prof. Dr. Alexandre Magno de Paula Dias  
Dra. Maria Lucia Kolowski Rodrigues  
Prof. Dra. Catarina da Silva Pedroso

Porto Alegre, 27 de novembro de 2007

Dedico este trabalho às minhas filhas  
Aline e Luana

---

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, professora Maria Tereza Raya Rodriguez, pela orientação objetiva, apoio constante e exemplo de competência.

Ao Programa de Pós- Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e aos professores, por todos os conhecimentos adquiridos.

À FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental, pelo apoio institucional.

Ao Frigorífico Mabella Ltda., pela oportunidade de realizar o trabalho em suas instalações. Meu agradecimento especial à Bióloga Kelli Cristina de Azevedo, pelo apoio no levantamento de dados e pela amizade e ao Sr. Luiz Bressiani, pela ajuda na medição das vazões.

Aos colegas do curso de Doutorado, pela amizade e companheirismo.

À minha bolsista de iniciação científica, Patrícia Saldanha Schaun, pela ajuda com a pesquisa bibliográfica, no início dos trabalhos e pela amizade.

Aos colegas da FEPAM, pelo auxílio em tantos momentos.

À Ewelín, da Divisão de Química, pela troca de idéias e discussões produtivas na elaboração do artigo científico e a Maria Lúcia, pela revisão e sugestões pertinentes.

À Lílian e à Tânia, do Serviço de Geoprocessamento, pelo auxílio na elaboração dos mapas e figuras.

À Ana Lúcia, do Serviço da Região do Uruguai, pela disponibilização de material sobre a Região Hidrográfica do Rio Uruguai.

Ao Alexandre e Juliano, da Divisão de Informática;

À Jeane, da Divisão de Biologia, pelos ensinamentos sobre microorganismos;

Ao Castro, extensivo aos colegas do Serviço de Amostragem, pela coleta das amostras;

À Andréa, extensivo aos colegas da Divisão de Química, pela realização das análises laboratoriais;

Ao Rafael e a Andréa, da Divisão de Saneamento Ambiental, pela compreensão na etapa final de elaboração da tese;

Aos familiares, amigos e colegas, que em diversos momentos desses quatro anos de trabalho me incentivaram, com palavras e com seu carinho e amizade;

Às minhas filhas Aline e Luana, por serem minha inspiração para trabalhar pela preservação ambiental, pelo incentivo constante e pelo seu amor;

Ao Luiz, meu querido esposo, meu amigo e companheiro de tantas jornadas, pelo seu amor, apoio incondicional e compreensão por tantos momentos não compartilhados.

## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE DAS FIGURAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DAS TABELAS</b> .....	xi
<b>RELAÇÃO DAS ABREVIATURAS</b> .....	xii
<b>RESUMO</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	06
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	07
3.1. Gerenciamento de águas e efluentes na indústria.....	07
3.2. A indústria da carne.....	10
3.2.1. Técnicas para prevenção da poluição em matadouros.....	14
3.2.1.1. Redução na origem.....	15
3.2.1.2. Reciclagem na origem.....	19
3.2.2. Caracterização quali e quantitativa dos efluentes líquidos de matadouros de suínos.....	21
3.3. Sistemas de tratamento de efluentes líquidos.....	28
3.4. Reúso de efluentes.....	31
3.4.1. Requisitos de qualidade da água para processos da indústria alimentar.....	34
3.4.2. Requisitos de qualidade da água para torres de resfriamento e caldeiras.....	36
3.5. Legislação sobre a segurança e higiene na indústria alimentar.....	40
3.5.1. Normas Internacionais.....	41
3.5.2. Legislação Nacional.....	44

<b>4. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	49
4.1. Localização da empresa e caracterização da Bacia Hidrográfica.....	49
4.2. Descrição do processo produtivo estudado.....	55
4.3. Sistema de tratamento de efluentes líquidos da empresa.....	61
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	66
5.1. Metodologia.....	66
5.1.1. Parâmetros físicos, químicos e biológicos: metodologia de análise.....	68
5.1.2. Visitas técnicas para levantamento de dados.....	69
5.1.3. Levantamento da legislação sanitária.....	71
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	72
6.1. Estudo e avaliação do consumo de água no processo industrial.....	72
6.2. Medidas de otimização propostas para o processo industrial gerais.....	78
6.2.1. Medidas gerais.....	78
6.2.2. Medidas específicas.....	79
6.2.3. Aplicação prática das medidas de otimização nas pocilgas de espera.....	83
6.3. Estudo e avaliação do sistema de tratamento de efluentes líquidos com vistas ao reúso da água.....	84
6.3.1. Diagnóstico inicial.....	84
6.3.2. Acompanhamento das etapas de tratamento.....	86
6.3.3. Medidas de otimização propostas e implantadas.....	90
6.3.4. Qualidade e avaliação do efluente tratado.....	92
<b>7. SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA EMPRESA</b> .....	101
7.1. Redução do impacto ambiental hídrico no município.....	101
7.2. Programas de educação ambiental.....	103
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	106
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	109

**ANEXO 1.** Evaluation of water and wastewater reuse and a proposal for water consumption optimization: A case study at a pig slaughterhouse in Southern Brazil.....115

**ANEXO 2.** Questionário para levantamento de informações.....128



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> - Fluxograma do processo de abate de suínos (UNEP, 2000).....	11
<b>Figura 02</b> - Processos unitários da fabricação de embutidos (CHILE, 1998).....	12
<b>Figura 03</b> - Fluxograma da produção de subprodutos (UNEP, 2000).....	13
<b>Figura 04</b> - Distribuição do consumo de água em grandes abatedouros de suínos (ENVIROWISE, 2000).....	23
<b>Figura 05</b> - Localização da indústria.....	49
<b>Figura 06</b> - Região Hidrográfica do Rio Uruguai / Unidade Hidrográfica da Várzea (FEPAM, 2007).....	50
<b>Figura 07</b> - Mapa das Bacias Hidrográficas do município de Frederico Westphalen - RS (MISSIO, 2003).....	53
<b>Figura 08</b> - Lajeado Perau, a jusante do ponto de lançamento do Frigorífico Mabella	54
<b>Figura 09</b> - Fluxograma do processo de abate da empresa.....	55
<b>Figura 10</b> - Fluxograma do sistema de tratamento do frigorífico estudado.....	62
<b>Figura 11</b> - Planta de localização do sistema de tratamento de efluentes líquidos.....	63
<b>Figura 12</b> - Aporte de água da chuva às lagoas.....	64
<b>Figura 13</b> - Lagoas de captação de água da chuva.....	64
<b>Figura 14</b> - Fluxograma do tratamento da água utilizada na caldeira.....	65
<b>Figura 15</b> - Distribuição percentual do consumo de água no frigorífico, em 05.12.2005.....	73
<b>Figura 16</b> - Distribuição percentual do consumo de água no processo de abate, em 05.12.2005.....	74
<b>Figura 17</b> - Balanço hídrico do frigorífico, exemplificado pelas medições em 05.12.2005.....	75
<b>Figura 18</b> - Bebedouros automáticos.....	82
<b>Figura 19</b> - Fluxos de água sem função (desperdício).....	82
<b>Figura 20</b> - Aspecto da pocilga suja.....	83
<b>Figura 21</b> - Aspecto da pocilga limpa.....	83
<b>Figura 22</b> - Esterqueira, em junho de 2003.....	85
<b>Figura 23</b> - Lagoa 4 em implantação.....	85

<b>Figura 24</b> - Valores de condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ a $25^\circ\text{C}$ ).....	87
<b>Figura 25</b> - Aspecto do efluente na lagoa 1 e detalhe, em fevereiro de 2006.....	88
<b>Figura 26</b> - Aspecto do efluente na lagoa 2, em fevereiro de 2006.....	89
<b>Figura 27</b> - Baixo nível da lagoa 5.....	89
<b>Figura 28</b> - Efluente SS1 esverdeado.....	91
<b>Figura 29</b> - Peneira a montante da esterqueira.....	91
<b>Figura 30</b> - Esterqueira e tanque de captação do percolado da esterqueira.....	91
<b>Figura 31</b> - Lagoa 4 impermeabilizada com geomembrana.....	91
<b>Figura 32</b> - Efluente bruto, em fevereiro de 2006.....	93
<b>Figura 33</b> - Efluente tratado após a lagoa 5 (SS1), em junho de 2005.....	93
<b>Figura 34</b> - Efluente tratado após a lagoa 5 (SS1), em fevereiro de 2006.....	93
<b>Figura 35</b> - Efluente tratado após filtros de areia (SS2), em fevereiro de 2006.....	93
<b>Figura 36</b> - Valores de ferro ( $\text{mg}/\text{L}$ ).....	95
<b>Figura 37</b> - Valores de manganês ( $\text{mg}/\text{L}$ ).....	95
<b>Figura 38</b> - Valores de turbidez (NTU).....	95
<b>Figura 39</b> - Valores de cloretos ( $\text{mg}/\text{L}$ ).....	95
<b>Figura 40</b> - Valores de dureza ( $\text{mg}/\text{L}$ ).....	95
<b>Figura 41</b> - Valores de fósforo total ( $\text{mg}/\text{L}$ ).....	95
<b>Figura 42</b> - Valores de DQO ( $\text{mg}/\text{L}$ ).....	96
<b>Figura 43</b> - Valores de sulfato ( $\text{mg}/\text{L}$ ).....	96
<b>Figura 44</b> - Valores de nitrato ( $\text{mg}/\text{L}$ ).....	96
<b>Figura 45</b> - Valores de NTK ( $\text{mg}/\text{L}$ ).....	96
<b>Figura 46</b> - Valores de SS ( $\text{mg}/\text{L}$ ).....	96
<b>Figura 47</b> - Valores de <i>E. coli</i> (NMP/00 mL).....	96
<b>Figura 48</b> - Projeto “A Terra Pede Água”, em 2003.....	105
<b>Figura 49</b> - Projeto “A Terra Pede Água”, em 2004.....	105
<b>Figura 50</b> - Projeto “A Terra Pede Água”, em 2005.....	105

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 01</b> - Valores típicos do consumo de água em abatedouros, indústrias de processamento de carne e graxaria.....	23
<b>Tabela 02</b> - Valores de concentração de poluentes nos efluentes de abatedouros.....	25
<b>Tabela 03</b> - Carga poluidora em efluentes de abatedouros de suínos (kg/t PVC; kg/t PVA).....	25
<b>Tabela 04</b> - Carga poluidora em efluentes de abatedouros de suínos (kg/cabeça).....	26
<b>Tabela 05</b> - Indicadores de consumo em abatedouros de suínos, com uso da melhor tecnologia disponível.....	26
<b>Tabela 06</b> - Indicadores em abatedouros de suínos, com uso de tecnologias diferenciadas.....	27
<b>Tabela 07</b> - Indicadores de consumo em frigoríficos, com técnicas de P+L e BAT (L/suíno; % do consumo total).....	27
<b>Tabela 08</b> - Operações unitárias e processos usados no tratamento de efluentes para reúso e potencial para remoção de contaminantes.....	30
<b>Tabela 09</b> - Parâmetros de qualidade da água importantes para o reúso.....	34
<b>Tabela 10</b> - Padrões de qualidade da água a ser usada no processo dos frigoríficos.....	35
<b>Tabela 11</b> - Padrões de qualidade da água para alimentação de caldeiras.....	39
<b>Tabela 12</b> - Padrões de qualidade para água de reposição nas torres de resfriamento.....	39
<b>Tabela 13</b> - Pontos Críticos de Controle (PCC) e procedimentos.....	60
<b>Tabela 14</b> - Metodologia analítica.....	69
<b>Tabela 15</b> - Consumo de água no frigorífico, em 05.12.2005.....	72
<b>Tabela 16</b> - Consumo de água no processo de abate, em 05.12.2005.....	73
<b>Tabela 17</b> - Consumo de água no frigorífico estudado (L/suíno; % do consumo total).....	75
<b>Tabela 18</b> - Consumo de água nas etapas do processo de abate no frigorífico estudado (L/suíno; % do consumo total).....	76
<b>Tabela 19</b> - Consumo de água e carga orgânica na lavagem de pocilgas com diferentes procedimentos.....	83

<b>Tabela 20</b> - Avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos da ETE, em 27.04.2004.....	86
<b>Tabela 21</b> - Valores de condutividade, TDS e pH dos efluentes líquidos em pontos da ETE .....	87
<b>Tabela 22</b> - Caracterização física, química e biológica do efluente bruto do frigorífico, em 11.08.2006.....	92
<b>Tabela 23</b> - Caracterização do efluente líquido tratado nos pontos SS1 e SS2.....	94
<b>Tabela 24</b> - Caracterização do efluente líquido tratado no ponto SS1, pela empresa.....	97
<b>Tabela 25</b> - Relação do ICRH e DEA com os problemas associados ao gerenciamento hídrico.....	101
<b>Tabela 26</b> - Carga orgânica bruta e tratada do efluente líquido da empresa.....	102
<b>Tabela 27</b> - Médias mensais das vazões recicladas à lagoa de acumulação e lançadas no corpo receptor (julho de 2005 a junho de 2007).....	103

**RELAÇÃO DE ABREVIATURAS**

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**BAT** - *Best Available Technology*

**CODEX ALIMENTARIUS** - Código dos Alimentos

**COT** - Carbono Orgânico Total

**DBO<sub>5</sub>** - Demanda Bioquímica de Oxigênio

**DQO** - Demanda Química de Oxigênio

**ETE** - Estação de Tratamento de Efluentes

***E. coli*** - *Escherichia coli*

**Fe** - Ferro

**FEPAM** - Fundação Estadual de Proteção Ambiental/RS

**N** - Nitrogênio

**NTK** - Nitrogênio Total Kjehldal

**NH<sub>3</sub>-N** - Nitrogênio Amoniacal

**NO<sub>3</sub>-N** - Nitrato

**NBR** - Norma Brasileira de Referência

**O & G** – Óleos e Graxas

**OMS** - Organização Mundial da Saúde

**P** – Fósforo

**PEAD** - Polietileno de Alta Densidade

**pH** - Potencial de hidrogênio

**P + L** - Produção Mais Limpa

**Q** - Vazão

**RBC** - Reator Biológico de Contato

**RS** - Rio Grande do Sul

**SDT** - Sólidos Dissolvidos Totais

**SS** - Sólidos Suspensos

**USEPA** - *United States Environmental Protection Agency*

**U-10** - Uruguai, Unidade 10

## RESUMO

O consumo de água nas indústrias alimentares é intenso devido às rigorosas exigências sanitárias, porém muitas vezes excessivo. Tendo em vista a crescente escassez de água, procedimentos de racionalização do uso da água e reúso de efluentes devem ser implantados, observando o cumprimento da legislação sanitária. O objetivo do trabalho, realizado em um frigorífico de suínos, com abate de 1.150 suínos/dia, localizado no sul do Brasil, consistiu em determinar um índice de consumo de água, bem como avaliar as características físicas, químicas e biológicas do efluente tratado com vistas ao reúso no processo produtivo e áreas de utilidades. Os resultados mostraram que o consumo de água é de 776 L/suíno, podendo ser reduzido para 480 L/suíno, através da implementação de técnicas de produção mais limpa, possibilitando atingir os seguintes percentuais de redução: nos processos de limpeza e sanitização (81%), na lavagem de pocilgas, dessedentação de suínos e lavagem de caminhões (64%), no atordoamento e sangria (79%), na evisceração e divisão (55%), no processamento das tripas (47%) e nas operações de escaldagem e depilação (31%). A operação das torres de resfriamento deve ser otimizada, devido ao elevado consumo de água (26% do total). Os parâmetros físicos, químicos e biológicos do efluente tratado foram analisados, seguindo os procedimentos descritos por APHA (2005), concluindo-se que há necessidade de otimizar o sistema de tratamento de efluentes, principalmente para a redução do conteúdo de sais, com vistas ao reúso da água. As medidas de racionalização e otimização do processo produtivo e os procedimentos de reúso propostos, contribuem para a redução da carga poluidora lançada na Bacia Hidrográfica do rio da Várzea e buscam a sustentabilidade socioambiental da empresa.

## ABSTRACT

The water consumption in the food industry is intense due to strict sanitary regulations, but usually excessive. In a world where the water is becoming a rare commodity it is necessary to implement procedures that allow a better use of this resource without causing sanitary concerns. This study was performed in a pig slaughterhouse located in Southern Brazil, with a slaughter capacity of 1150 pigs per day. Its major focus was the determination of the specific and global water consumption and the suitability of the treated wastewater to fulfill water uses in the plant. The water consumption in the facility of 776 L/pig was determined and the observations in the process showed that, with the implementation of the cleaner production recommendations, it would be possible to reduce it to 480 L/pig. According to the proposals here presented the reductions in the water consumption could reach: cleaning and sanitizing (81%), holding pens washing, pigs watering and trucks washing (64%), stunning and bleeding (79%), evisceration and splitting (55%), casing processing (47%) and scalding and dehairing (31%). When compared to literature data, the operation of the cooling towers should be improved due to the great water consumption (26% of total). The physical, chemical and biological parameters of the treated wastewater were analyzed following procedures described by APHA (2005), and, when compared to requirements for different water uses, its quality showed that, in order to be reused in the facility, additional treatment is needed, mainly for the reduction of the salt content. The measures of rationalization and optimization of the productive process and the proposed procedures of water reuse contribute for the reduction of pollution discharge in the Hydrographic Basin of Várzea River and look for a social environmental sustainability of the company.



## 1. INTRODUÇÃO

A crescente e excessiva demanda de água para suprir a agricultura, as indústrias e as cidades tem ocasionado conflitos em diversos locais e o lançamento de efluentes sem tratamento adequado contribui para a deterioração da qualidade dos corpos receptores. A água subterrânea vem sendo usada intensamente, ocasionando muitas vezes o rebaixamento do lençol freático e a intrusão salina. O desperdício e o assoreamento dos rios também podem ser responsabilizados pela escassez de água em algumas regiões.

Quase toda a água existente no mundo (97%) ocorre na forma salgada e dois terços da água remanescente está sob a forma de neve ou gelo. Desta forma somente 1/3 da água doce existente no mundo está mais disponível, dos quais 98% é água subterrânea e menos de 2% representa a água de rios e lagos, mais facilmente aproveitável (ANDERSON, 2002).

Em nível mundial, as indústrias representam aproximadamente 25% de todo o consumo de água, caracterizando-se como o segundo maior usuário da água, após a agricultura (LAZAROVA, 2002).

O crescente custo da água, a dependência de fontes de água quali e quantitativamente disponíveis e seguras, associado à necessidade de tratamento dos efluentes líquidos, que implica, muitas vezes, altos investimentos para atender as legislações ambientais, têm levado as indústrias a procurar formas mais eficientes de gerenciamento do uso da água (LEVINE & ASANO, 2002), o que faz com que o conceito de racionalização do uso e reúso da água seja considerado uma alternativa apropriada (MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

A conservação de água pode ser definida como qualquer ação que reduz a quantidade de água extraída das fontes de suprimento e seu consumo, minimiza o desperdício, as perdas e aumenta a eficiência de seu uso, sua reciclagem e evita a poluição da água (FIESP/CIESP, 2004).



Racionalizar o uso da água é uma das primeiras alternativas de um programa de gerenciamento de recursos hídricos, sendo imprescindível a determinação da quantidade e grau de qualidade de água necessária para cada uso, visando à proposição de medidas para reduzir o consumo a níveis aceitáveis, tais como: integração entre processos principais e auxiliares, mudança de procedimentos operacionais, substituição de componentes que consomem muita água e busca por novas tecnologias e métodos produtivos (MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

Segundo MANCUSO & SANTOS (2003), o reúso da água é um importante instrumento de gestão ambiental do recurso água, devendo ser observados critérios e padrões de qualidade na adequação da qualidade ao uso pretendido. O reúso da água pode implicar a substituição da água potável por uma água de qualidade inferior, atendendo aos requisitos de qualidade necessários (CROOK, 1993).

Os efluentes industriais tratados podem ser usados em operações de resfriamento, que globalmente consomem, aproximadamente, dois terços da água usada nas indústrias, no processo industrial, em operações de lavagem, na alimentação de caldeiras, resultando na minimização do uso da água e em benefícios decorrentes da recuperação de calor, matérias primas e produtos (LEVINE & ASANO, 2002).

Apesar das crescentes aplicações relativas ao reúso da água, há ainda muita relutância e dúvidas sobre a qualidade da água tratada ou reusada. Este fato ocorre, pois há falta de conhecimento sobre a qualidade da água necessária para certos processos produtivos e, também, de parâmetros para expressar o grau de segurança da água. Grandes problemas são causados pela presença de compostos perigosos (poluentes orgânicos persistentes e disruptores endócrinos), metais pesados, vírus e bactérias presentes na água. Além do mais, a extensão da contaminação devido à incrustação em tubulações ou pela formação de produtos cristalizados por estes compostos perigosos não é conhecida (LENS *et al.*, 2002).

A opção para reúso total do efluente tratado no processo pode se tornar viável no futuro, quando os padrões de qualidade do efluente tratado se tornarem mais rígidos e próximos

aos padrões de potabilidade, pois haverá um incentivo para tirar proveito do investimento feito no sistema de tratamento. Para que isso ocorra, os processos de tratamento provavelmente terão que incorporar técnicas de filtração de membranas, para remoção de sólidos dissolvidos e evitar a progressiva concentração de sais na água reciclada (UNEP, 2000).

O uso da água na maioria das indústrias alimentares é intenso devido às exigências de ordem sanitária, porém muitas vezes excessivo pela falta de conhecimento em relação aos volumes utilizados e dos custos associados. Considerando o reúso da água empregada no processo produtivo, é importante enfatizar que a mesma deve ser segura e adequada ao objetivo proposto (CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 2001) e que a principal preocupação da indústria alimentar é a incerteza quanto aos potenciais efeitos na saúde, particularmente o controle de microorganismos patogênicos (LEVINE & ASANO, 2002). A legislação nacional que disciplina as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos elaboradores de alimentos pressupõe o uso de água potável no processo produtivo.

ANDERSON (2002) menciona que o desenvolvimento de uma legislação internacional melhoraria o gerenciamento do risco, aumentaria a confiança do público no reúso da água e minimizaria o custo de projetos de reúso.

Segundo BALARINE (2000), são necessárias políticas que harmonizem desenvolvimento econômico e meio ambiente sustentável. Neste sentido, no Brasil, através da Lei Federal Nº 9.433 (BRASIL, 1997a), que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, a água passa a ser reconhecida como um recurso natural limitado e dotado de valor econômico. Os instrumentos de gestão das águas, como a outorga e a cobrança pela captação de água e pelo lançamento de efluentes líquidos nos corpos receptores, considerando suas características quali e quantitativas, são estabelecidos por esta Lei, estimulando a conservação e o reúso da água, pois se torna mais vantajoso economicamente reutilizar os efluentes tratados do que lançá-los. Em 2006, foi publicada, no Brasil, a primeira legislação que aborda exclusivamente o reúso de água. Trata-se da Resolução Nº. 54, do Conselho

Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2005b), que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável da água.

Internacionalmente, as “Diretrizes para o Reúso Higiênico de Água de Processo em Indústrias Alimentares (CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 2001), estabelecem que o efluente tratado pode substituir a água potável em alguns processos da indústria alimentar, sob circunstâncias que não comprometam a saúde pública.

As indústrias alimentares e, particularmente, os frigoríficos, representam um ramo industrial bastante significativo no Brasil e no estado do Rio Grande do Sul. Em 2006, foram abatidos, no Brasil, 36.437.084 suínos e a produção nacional de carne suína atingiu 2,86 milhões de toneladas, devendo superar 3 milhões, no final do ano de 2007. As exportações representam 20% da produção e contribuem para a modernização da cadeia produtiva suína ABIPECS (2006) e para a melhoria gradativa dos serviços de vigilância e defesa sanitária, de forma a atender às exigências internacionais relativas à segurança alimentar (TALAMINE, 2005)

O rebanho suíno brasileiro tem a sua maior representação numérica, econômica e tecnológica na região Sul. O abate anual dos frigoríficos de suínos sob inspeção federal, na Região Sul, oscilou entre quatro e seis milhões na última década (ACSURS, 2007).

A empresa estudada é um dos maiores frigoríficos de suínos do estado do Rio Grande do Sul, que concentra aproximadamente 30 outras grandes empresas do ramo. Com vistas ao cumprimento da legislação ambiental, as empresas operam sistemas de tratamento de efluentes líquidos, visando à redução da carga poluidora gerada. Os frigoríficos estão localizados em diversas regiões do Estado, algumas já apresentando redução da disponibilidade hídrica ou da qualidade da água disponível, o que impulsiona as empresas a implantar procedimentos de racionalização e reúso da água, como é o caso da empresa estudada.

Do exposto, pode-se concluir que a alteração do velho paradigma "use uma vez e jogue fora" sob uma ótica sustentável deverá se transformar em "consERVE, use sabiamente e reuse", o que certamente trará benefícios para o mundo (ANDERSON, 2002).

## 2. OBJETIVOS

O objetivo desta Tese de Doutorado é avaliar o consumo de água no processo produtivo de um frigorífico de suínos e o reúso do efluente líquido tratado, na busca da sustentabilidade socioambiental da empresa.

Os objetivos específicos são:

- 1) Realizar o diagnóstico do consumo de água na empresa, determinar índices de consumo e compará-los com indicadores obtidos com a aplicação de tecnologias de produção mais limpa, visando à proposição de medidas de minimização do consumo na empresa estudada;
- 2) Avaliar a qualidade do efluente líquido submetido ao sistema de tratamento de efluentes líquidos existente e seu reúso no frigorífico, considerando o atendimento das exigências técnicas, legais e sanitárias para os diferentes usos e sugerir medidas de otimização;
- 3) Avaliar o impacto das medidas de racionalização do processo produtivo e do reúso do efluente líquido tratado na qualidade da Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Gerenciamento de águas e efluentes na indústria

A água é um insumo essencial à maioria das atividades econômicas e sua gestão é de suma importância na manutenção da oferta quantitativa e qualitativa (FIESP/CIESP, 2004).

De acordo com MIERZWA (2002), um modelo de gerenciamento de águas e efluentes nas indústrias deve considerar os seguintes tópicos:

a) *disponibilidade hídrica* - indústrias já instaladas devem atentar para o fato de poder vir a ter problemas de escassez de água, devido ao aumento da demanda por outros consumidores e para atendimento da própria demanda, no caso de expansão.

b) *legislação de controle ambiental e gerenciamento de recursos hídricos* - deverão ser atendidas as normas estaduais e federais que tratam da gestão de recursos hídricos, da outorga e do direito de uso da água, do controle da qualidade dos recursos hídricos, do controle da poluição do meio ambiente e a legislação específica dos diferentes ramos industriais.

A Lei Federal Nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), regulamentada pelo Decreto Nº. 99.274, de 06 de junho de 1990 (BRASIL, 1990), dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, destacando-se que um de seus princípios é a racionalização do uso do solo, subsolo, da água e do ar.

A Lei Nº. 9.433 (BRASIL, 1997a), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e tem como um dos fundamentos que a água é um recurso natural, dotado de valor econômico, tendo como instrumentos a outorga e a cobrança dos direitos de uso dos recursos hídricos. Estão sujeitos à outorga, entre outros, o lançamento em corpos de água de esgotos e demais

resíduos líquidos e gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou destinação final. A cobrança pelo uso dos recursos hídricos e pelo lançamento dos efluentes nos corpos receptores dá ao usuário a noção de seu valor e incentiva a racionalização de seu uso.

A Resolução N°. 357, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005a), dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento em todo o Território Nacional, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A Resolução N°. 128, do Conselho Estadual do Meio Ambiente (SEMA, 2006a) dispõe sobre a fixação de critérios e padrões de emissão para os efluentes líquidos que sejam lançados em águas superficiais do estado do Rio Grande do Sul e a Resolução N°. 129 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (SEMA, 2006b) dispõe sobre a definição de critérios e padrões de toxicidade para os efluentes líquidos lançados em águas superficiais do estado do Rio Grande do Sul.

A legislação nacional e internacional específica para as indústrias alimentares será abordada no item 3.5.

c) *avaliação das atividades industriais* - os processos industriais devem ser avaliados, inicialmente, com base nos dados disponíveis em literatura. Em seguida, com base no estudo dos documentos disponíveis na própria indústria e, finalmente, através de visitas de campo, com o objetivo de checar as informações obtidas e identificar alterações ou situações novas que não foram contempladas nos documentos analisados.

d) *necessidade de características quali e quantitativa da água a ser utilizada na indústria* - os requisitos de qualidade da água são diferenciados e variam em função de sua aplicação (como matéria-prima, fluido auxiliar, geração de energia, fluido de aquecimento e/ou resfriamento, transporte e assimilação de efluentes) e a quantidade de água varia de acordo com o ramo de atividade, capacidade de produção, condições climáticas da região, idade da

instalação e práticas operacionais. Conforme ENVIROWISE (1997), levantamentos do sistema de distribuição de água, dos usos e da qualidade da água são importantes para identificar conexões cruzadas ou desconhecidas, válvulas quebradas ou mal posicionadas, vazamentos, bem como usos excessivos ou desnecessários, desconhecidos ou não autorizados, sendo indicada a elaboração de um balanço hídrico para o empreendimento.

e) *identificação e conhecimento das técnicas e procedimentos existentes para o tratamento de água de uso industrial* – a partir da distribuição do consumo de água por atividade e do grau de qualidade necessária, é possível identificar a melhor estratégia de tratamento da água para uso industrial, de acordo com as técnicas descritas no item 3.3.

f) *identificação de oportunidades para a maximização do uso da água e minimização da geração de efluentes* - através da integração de processos principais e auxiliares, mudança de procedimentos operacionais, substituição de componentes que geram mais água e de busca por novas tecnologias e métodos produtivos (MIERZWA & HESPANHOL, 2005). Segundo ENVIROWISE (1997), reduções de 20% no consumo de água e geração de efluentes são atingidas, com pouco ou nenhum custo, em empresas que nunca tiveram iniciativas para economizar água e, reduções de até 40% ou mais, podem ser atingidas através de projetos com taxas de retorno de até dois anos. A minimização do consumo de água refletirá, entre outros aspectos, em menor capacidade de bombeamento de água e efluentes, menor consumo de produtos químicos no tratamento de água, possibilidade de aumentar a produção sem aumento do suprimento de água. A conservação da água também pressupõe fechar mangueiras, consertar vazamentos, reduzir perdas de águas desnecessárias (derrames ou purgas não controladas), maximizar ciclos de concentração em torres de resfriamento e maximizar o retorno de condensado às caldeiras (DEUL, 2002).

g) *identificação, quantificação e caracterização dos efluentes gerados* - é importante para a identificação de oportunidades de prevenção da poluição, bem como para a definição das estratégias a serem utilizadas com relação à captação, encaminhamento e tratamento das diversas correntes de efluentes geradas na indústria. Segundo ENVIROWISE (1997), o monitoramento dos efluentes permite verificar se água limpa ou efluentes sem tratamento



estão sendo lançados diretamente no efluente, bem como se os requisitos para lançamento estão sendo atendidos.

h) *reúso da água* - a opção de reúso deve ser avaliada após a aplicação de medidas relacionadas à otimização do uso da água.

i) *procedimentos de monitoramento e controle de efluentes a serem lançados no meio ambiente* - caso haja lançamento de efluentes tratados em algum corpo receptor deverão ser atendidas as exigências legais. O êxito de um modelo de gerenciamento de águas e efluentes só poderá ser atingido se os resultados, com relação ao consumo de água e lançamento de efluentes, puderem ser medidos e comparados com um valor de referência, que implica, necessariamente, o desenvolvimento de sistemas adequados de monitoramento dos procedimentos adotados.

É importante salientar que a implementação de um programa de gerenciamento de águas e efluentes deve contar com o interesse e apoio irrestrito da direção da empresa, para que tenha êxito, visando à sustentabilidade ambiental do empreendimento.

### **3.2 A indústria da carne**

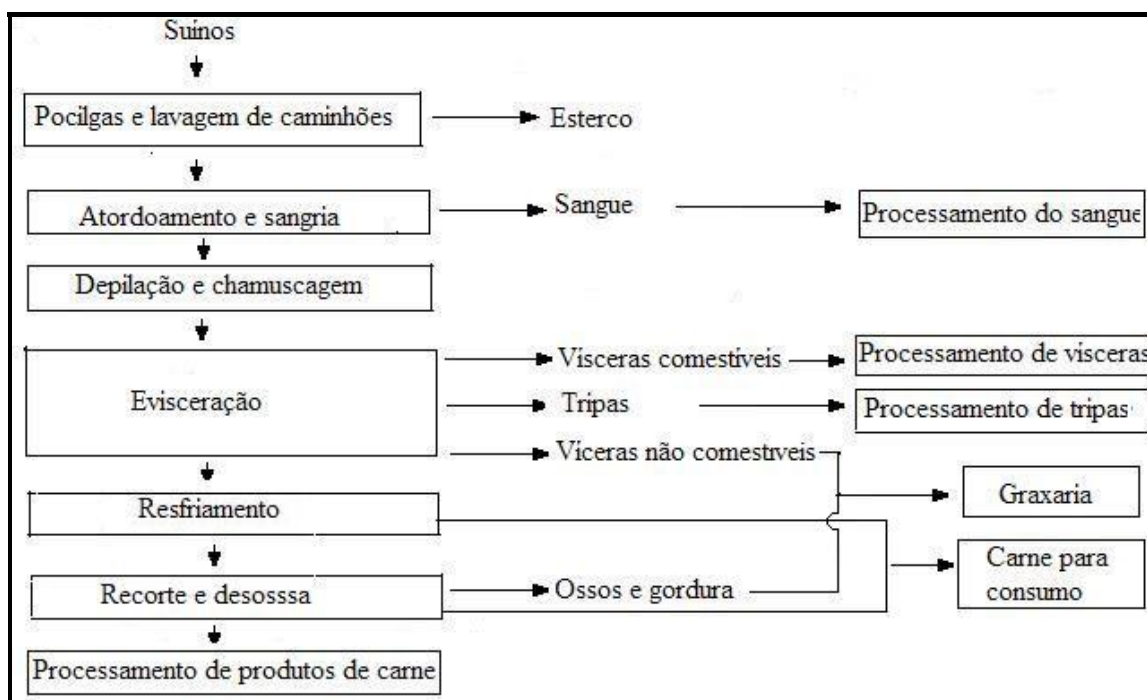
Matadouros e frigoríficos são estabelecimentos dotados de instalações e equipamentos adequados para o abate, manipulação, preparo e conservação das espécies de açougue sob variadas formas, com aproveitamento dos subprodutos não comestíveis, e dotados de instalações de frio industrial (SENAI, 2003).

Processamento da carne é um termo genérico usado para descrever a indústria. Porém, diversos termos são usados para descrever os estabelecimentos onde o processamento da carne ocorre, tais como abatedouros, matadouros ou plantas de processamento de carne. Os termos abatedouro e matadouro são sinônimos e se referem às empresas que realizam somente o abate e a evisceração, freqüentemente com processamento de subprodutos

limitado ou ausente. Os produtos dessas indústrias são usualmente carcaças evisceradas, porém, também é comum que seja realizada a desossa das carcaças para produzir cortes vendidos no varejo nestes estabelecimentos (UNEP, 2000).

As indústrias de processamento de carne realizam o abate dos animais, a evisceração da carcaça, a fabricação de uma grande variedade de produtos de carne, tais como embutidos e enlatados e a produção de subprodutos a partir dos resíduos, como graxas, ossos, cabeças, sangue e vísceras (CHILE, 1998; INTEC, 1998).

O fluxograma do processo de abate de um frigorífico de suínos é apresentado na Figura 1.

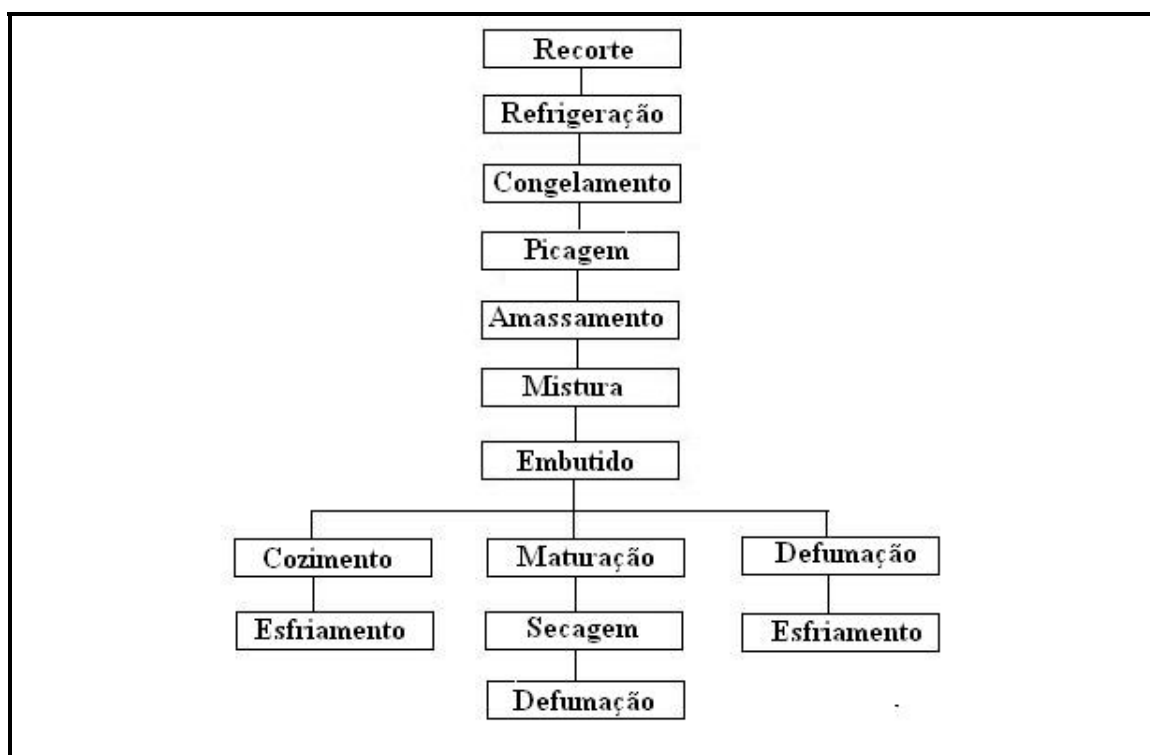


**Figura 01: Fluxograma do processo de abate de suínos (UNEP, 2000)**

Os animais chegam ao frigorífico em caminhões e são mantidos nas pocilgas de espera por um tempo mínimo de 6 horas, sendo mantidos em dieta hídrica para reduzir o conteúdo intestinal. O atordoamento consiste, usualmente, de uma descarga elétrica, que ocorre antes da sangria, a qual é realizada através de um corte nas artérias do pescoço. Os pêlos são removidos na etapa de depilação, com escaldagem prévia, seguida de chamuscagem. Após,

a carcaça segue para a evisceração, onde o bucho é aberto e as vísceras removidas. O peito é aberto, e o coração, fígado e pulmões são removidos. Após, a cabeça é removida e a carcaça dividida ao longo da espinha. Finalmente, as meias carcaças são esfriadas e armazenadas em câmara frigorífica, para posterior corte e desossa. As vísceras comestíveis e as tripas são separadas e limpas. Resíduos não comestíveis, tais como ossos, gordura, cabeças, cabelo e resíduos condenados são encaminhados à graxaria.

A Figura 02 apresenta os processos unitários envolvidos na fabricação de embutidos.



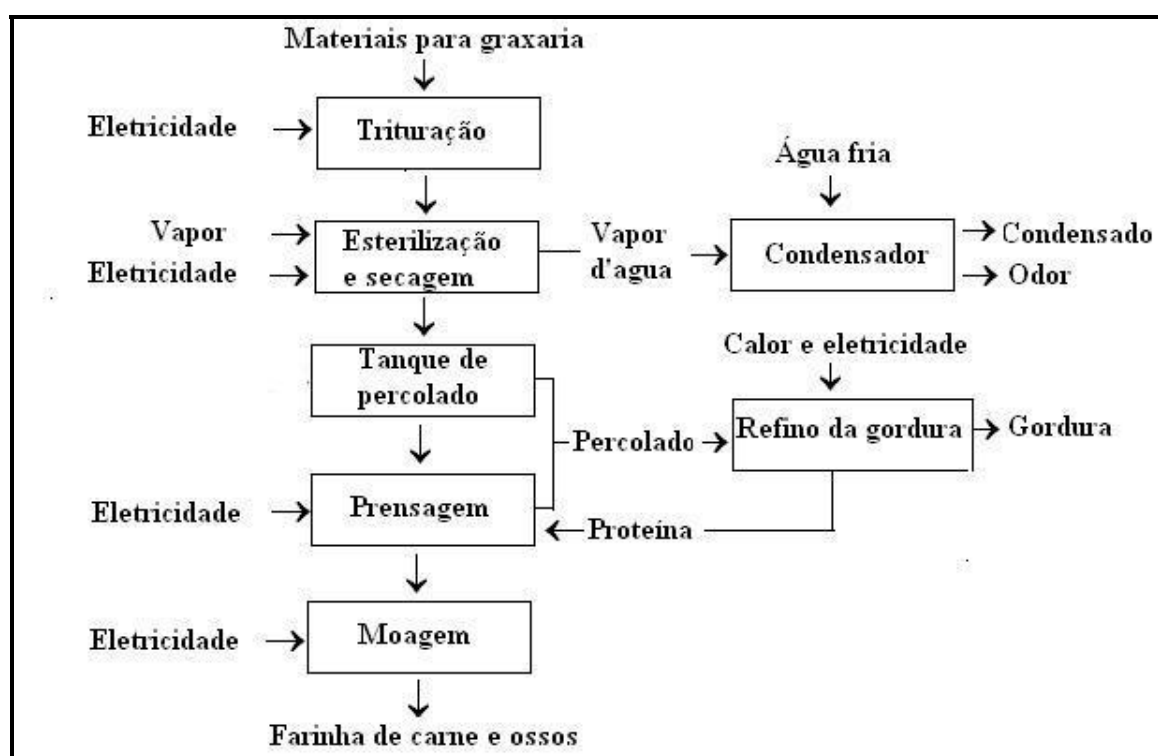
**Figura 02: Processos unitários da fabricação de embutidos (CHILE, 1998)**

Uma grande variedade de embutidos é produzida nos frigoríficos, os quais podem ser agrupados nas seguintes categorias:

- embutidos crus frescos, são produtos que podem ou não ser submetidos a processos de aeração, cura, secagem e defumação (lingüiça);
- embutidos crus maturados, são produtos defumados ou não, submetidos a processos de cura e maturação de duração prolongada (salame, salamito);

- embutidos crus acidificados, são produtos defumados ou não (salsichão, presunto);
- embutidos cozidos, são produtos submetidos a um tratamento térmico, onde a temperatura média no centro do produto não deve ser inferior a 68°C (presunto cozido, mortadela, patê, salsichas).

Os resíduos não comestíveis são utilizados para produção de alimentos para animais. Os resíduos são moídos e mesclados com outros componentes (grãos, vitaminas, preservantes), de forma a obter um produto com características nutritivas adequadas. A Figura 3 apresenta o fluxograma da produção de subprodutos.



**Figura 03: Fluxograma da produção de subprodutos (UNEP, 2000)**

O sangue é um subproduto valioso devido a seu valor nutricional, pois contém 10% da proteína animal, mas também contém 90% de água, havendo várias formas de desidratá-lo. Sistemas de coagulação do sangue com vapor geram grandes cargas nos efluentes devido à elevada quantidade de material fino, que é perdido quando o sangue coagulado é peneirado.

Sistemas que usam secadores contínuos, seguidos de tanques de sedimentação, reduzem o volume de efluente gerado no processo (ENVIRONMENT AGENCY, 2005).

Geralmente, o sangue é recuperado por processo de centrifugação e secagem, porém a ultrafiltração é um processo alternativo indicado, pois proporciona redução de 75% de energia na secagem do concentrado até um conteúdo proteico de 70% a 75% (CHILE, 1998). Em muitos países há um mercado próspero para a farinha de sangue como alimentação animal, porém no Reino Unido este uso foi proibido em 1999 e a farinha de sangue é usada como componente de fertilizante para horticultura (ENVIRONMENT AGENCY, 2005).

A gelatina é uma proteína coloidal com alta capacidade de coagulação, sendo empregada na indústria alimentar, farmacêutica e de produtos fotográficos. Provem da pele, tendões e ossos dos animais e é preparada por extração aquosa a elevadas temperaturas (superiores a 60 °C). Posteriormente, este extrato deve ser filtrado, desmineralizado por processo de troca iônica e concentrado até um produto com 90% de proteínas.

A heparina é um mucopolissacarídeo, obtido principalmente da mucosa intestinal de bovinos e suínos, podendo ser recuperado também, a partir dos pulmões, fígado e músculos do animal e é empregada em intervenções cirúrgicas como anticoagulante (CHILE, 1998).

### **3.2.1 Técnicas para prevenção da poluição em matadouros**

A minimização de resíduos tem uma série de vantagens tangíveis e intangíveis para a indústria, como a redução dos custos de tratamento e disposição final, a redução dos custos de produção, através de um melhor manejo de materiais e maior eficiência do processo, bem como a melhora na imagem pública da empresa, devido ao cumprimento das regulações normativas. Segundo INTEC (1998), entre as alternativas de minimização de resíduos destacam-se: **a redução na origem e a reciclagem na origem.**

### **3.2.1.1. Redução na origem**

Na redução na origem, estudos realizados (INTEC, 1998; UNEP, 2000; SENAI, 2003; ENVIRONMENT AGENCY, 2005; USEPA, 2002) abordam o assunto, enfocando aspectos de boas práticas de operação, substituição de matérias-primas e insumos, mudanças no processo e novas tecnologias.

#### **3.2.1.1.1. Boas práticas de operação**

Estas práticas incluem as políticas de pessoal (capacitação, uso de incentivos), medidas para incluir melhorias nos procedimentos (sistemas de documentação adequados, otimização do manejo e armazenamento de matérias-primas e controle do inventário, programação da produção) e medidas de prevenção de perdas. É importante mencionar que na implantação desse tipo de gestão se entrecruzam os princípios das normas ISO 9000 (sistemas de segurança da qualidade) e ISO 14000 (sistemas de gestão ambiental).

##### **a) Boas práticas em geral**

- Capacitar permanentemente os colaboradores sobre as condições do processo, segurança industrial, manipulação de alimentos, manejo de materiais e saúde ocupacional, sendo vital que os empregados saibam porque se exige uma forma de trabalho;
- Incentivar os colaboradores (não somente financeiramente), pois os empregados se comprometem mais com a aplicação das medidas de prevenção, se sabem que obterão algum benefício;
- Desenvolver manuais de operação e procedimentos (partindo de listas de checagem ou figuras chamando a atenção dos operários), com a finalidade de esclarecer e/ou modificar operações do processo, para torná-las mais eficientes e controlar perdas;
- Otimizar operações de armazenamento e manejo de matérias-primas e produtos (o primeiro que entra é o primeiro que sai), assim como o controle de inventários, tratando de manter um estoque mínimo de materiais, sobretudo pela perecibilidade dos mesmos;
- Otimizar os programas de produção e manutenção preventiva dos equipamentos para evitar acidentes ou falhas nos equipamentos;

- Realizar o controle de qualidade e composição no momento de receber as matérias-primas dos provedores, para verificar se cumprem as especificações requeridas, devolvendo os materiais que não cumprirem as especificações desejadas;
- Desenvolver listas de programação para cada tipo de produto elaborado, com tempos estimados de início e término de cada lote de produção, com a finalidade de controlar o inventário das matérias-primas, melhorar a eficiência da utilização dos equipamentos e obter uma adequada cobertura da demanda dos produtos.

#### **b) Redução dos efluentes da limpeza**

- Realizar uma pré-limpeza dos equipamentos e mesas a seco, para retirar restos de sólidos e utilizá-los na formulação de algum subproduto;
- Programar a produção para minimizar as necessidades de limpeza e, se possível, automatizá-la;
- Limpar os equipamentos imediatamente após seu uso, para evitar a acumulação e decomposição de materiais;
- Realizar a limpeza de equipamentos, pisos e utensílios com sistemas de alta pressão e baixo volume (máquinas lava-jato), dotados de sistemas de controle (ponteiras redutoras de diâmetro) e corte de vazão (pistolas com gatilho e válvulas);
- Evitar deixar as mangueiras com água correndo desnecessariamente e eliminar gotejamento;
- Controlar a vazão liberada para a lavagem de cada caminhão, através de sistemas automáticos, por exemplo, através do uso de moedas e remover o esterco dos caminhões antes de lavá-los;
- Automatizar o sistema de lavagem incorporando o sistema CIP (*cleaning in place*), usando a água de enxágüe final para enxágües iniciais nas tubulações, correias e nos digestores;
- Usar água com um mínimo de pressão e reduzido volume para a lavagem das matérias-primas, devido ao risco de espalhar contaminação via água atomizada e para evitar o despreendimento de gordura da superfície;
- Avaliar a possibilidade de suprimir algum fluxo de água desnecessário no processo;

- Assegurar que as pocilgas de espera e o box de lavagem tenham piso impermeável, liso e sem rachaduras e com inclinação adequada, para facilitar a remoção dos resíduos e minimizar o consumo de água na lavagem;
- A canaleta de sangria deve ser curva, para facilitar o arraste do sangue coagulado ao dreno que conduz ao tanque de contenção de sangue;
- Usar sistema automático para controlar o fluxo de água nos pontos de lavagem de mãos e esterilização de facas.

#### **3.2.1.1.2. Substituição de matérias primas e insumos**

Em geral, as matérias-primas e insumos utilizados nos matadouros não apresentam problemas que requeiram uma substituição, porém é importante:

- Manejar adequadamente as matérias-primas e insumos devido a sua curta vida útil, considerando os danos microbiológicos;
- Avaliar se os produtos de limpeza utilizados podem ser substituídos por outros menos tóxicos ou não tóxicos e, se não estão sendo utilizados em excesso;

#### **3.2.1.1.3. Mudanças no processo, novas tecnologias**

- Remover os resíduos de carne do efluente da maneira mais rápida possível, para evitar sua decomposição no efluente, através de grades internas em todos os pontos de drenagem e de caixas coletoras dos resíduos retidos;
- Automatizar operações para evitar a dependência da experiência ou atenção do operário, colocando indicadores luminosos, alarmes e controladores de nível, com a finalidade de evitar derrames de materiais e problemas com a qualidade dos produtos;
- Usar sistemas de fragmentação automático das carnes e operações contínuas, em lugar de operações em batelada, para reduzir as perdas de sólidos e a necessidade de água;
- Utilizar sistema de transporte mecânico de matérias-primas e minimizar o número de vezes que os materiais se movem dentro da planta, para evitar perdas acidentais e riscos de contaminação;
- Utilizar sistemas fechados ou sob vácuo em operações que requerem cozimento, para diminuir os problemas de emissão de odores e manter todos os tanques do processo cobertos, para prevenir evaporação, contaminação e ressecamento do conteúdo;



- Segregar as correntes, mantendo separados todos os resíduos sólidos (fezes, pêlos, carnes e ossos) e líquidos concentrados (águas com sangue, graxas, restos de conteúdos de vísceras) das águas de lavagem e das águas de cozimento de vísceras, para dar um tratamento adequado a cada tipo de efluente;
- Separar as águas de resfriamento das águas de processo, para minimizar a carga dos efluentes e permitir uma posterior reutilização;
- Segregar correntes de efluentes altamente concentradas, tais como os efluentes da graxaria e da lavagem dos buchos e tratá-las separadamente;
- Evitar o uso de sistemas de transporte úmido (bombeamento) para remover o conteúdo das tripas e bucho e transportar vísceras, dando preferência ao uso de transporte pneumático, parafusos sem fim ou correias transportadoras, seguido de um sistema para minimizar a umidade, como peneiras ou filtros prensa;
- Realizar a sangria em trilho aéreo, com um tempo de retenção de sete minutos (UNEP, 2000) ou cinco a seis minutos (ENVIRONMENT AGENCY, 2005) na canaleta de sangria;
- Realizar a coleta de sangue a vácuo, o que possibilita seu uso na extração de plasma e outros componentes, os quais servem de base para a elaboração de cosméticos e fitoterápicos, eliminando a necessidade de uso da canaleta de sangria;
- Armazenar os resíduos a serem reutilizados sob refrigeração e ventilação e tratá-los mediante operações de esterilização ou pasteurização, para evitar a decomposição;
- Dotar a canaleta de sangria de dois drenos, um para bombear o sangue até um tanque de contenção e outro para conduzir a água de lavagem até o sistema de tratamento de efluentes;
- Utilizar câmaras de escaldagem automáticas, ao invés de tanques de escaldagem para depilação dos suínos;
- Isolar e cobrir com tampa os tanques de escaldagem a vácuo, para impedir perdas de calor e evaporação;
- Instalar peneira ou tanque de sedimentação após o tanque de escaldagem para reduzir a carga do efluente;
- Instalar cobertura nos bretes que ligam as pocilgas de espera ao abatedouro;
- Usar sistemas automáticos para dessedentação dos suínos, ao invés de canaletas com água;

- Manter os animais em dieta hídrica, por um período de 12 a 14 horas antes do abate, para reduzir a quantidade de materiais não digeridos no trato intestinal, facilitando o processo de evisceração;

### **3.2.1.2. Reciclagem na origem**

Avaliadas todas as alternativas de redução na origem, se deve dar atenção às possibilidades de **reciclagem na origem** de materiais ou insumos (INTEC, 1998; UNEP, 2000).

#### **3.2.1.2.1 Recuperação e reúso dentro do processo**

- Segregar as correntes de efluentes dentro da planta, para reutilizar as menos contaminadas nas seguintes operações:

- os efluentes dos sistemas de resfriamento e bombas a vácuo para lavagem de pocilgas;
- os efluentes do último enxágüe da lavagem do bucho e tripas para outras operações de limpeza no setor de triparia;
- os efluentes da lavagem do piso da sala de abate, lavagem de carcaças, mesas de processamento de vísceras e tanques de lavagem de mãos, na lavagem de produtos não comestíveis;
- os efluentes do enxágüe final das operações de limpeza para o enxágüe inicial do dia seguinte;
- o efluente da câmara de escaldagem, após filtração, em contra corrente na própria câmara;
- as águas de resfriamento do processo de chamuscagem em outro procedimento da etapa de depilação;

- Realizar a recirculação de águas de resfriamento;

#### **3.2.1.2.2. Recuperação e reúso fora do processo**

- Segregar o efluente da graxaria e recuperar o sebo para elaborar graxas alimentares, após peneiramento e floculação;
- Realizar o reaproveitamento da mucosa das tripas para fins fitoterápicos;
- Aproveitar pêlos, ossos e matéria orgânica não comestível na graxaria;

- Utilizar o sangue para produção de farinha de sangue;

Em SENAI (2003) são relatados alguns estudos relativos à minimização da carga poluente em abatedouros.

O estudo realizado em pocilgas, que consistiu na raspagem a seco do material sólido, antes de realizar a limpeza final, que foi efetuada com água a alta pressão, num tempo inferior ao convencional, demonstrou que a redução do consumo de água e conseqüente geração de efluentes foi de 40%, passando de 75 L/animal para 45 L/animal. Salienta-se também que houve recuperação de 2 kg de resíduos/animal e a carga orgânica do efluente passou de 0,4 kg DQO/suíno para 0,1 kg DQO/suíno. Um estudo similar foi realizado na Dinamarca (UNEP, 2000), onde o consumo inicial para lavagem das pocilgas era de 17 L/suíno, passando a 5,6 L/suíno e obtendo uma redução da DBO para 13 g/suíno, com uma geração de 1,4 kg resíduo/suíno.

O resultado da mecanização do transporte entre as operações de cozimento, prensagem e moagem na área da graxaria de frigoríficos, através da instalação de três transportadores helicoidais, para encaminhar os subprodutos da saída dos digestores para o sistema de alimentação das prensas e da saída das prensas para o secador e aos silos de envasamento da farinha de carne e osso demonstrou que houve redução das perdas de subprodutos. Estas ocorriam devido ao transporte manual, má operação, sistemas de manuseio inadequados e perdas na alimentação e estocagem. O incremento da produção de farinha de carne e osso foi da ordem de 20 a 30%, havendo também uma redução da carga orgânica incorporada ao efluente gerado durante a limpeza das instalações. O consumo de água e a geração de efluentes por produção de farinha caiu de 6,8 m<sup>3</sup>/t para 5,9 m<sup>3</sup>/t e os resíduos gerados foram zerados. Em prosseguimento ao estudo relatado, foi realizada a separação do efluente da graxaria dos demais efluentes da empresa, o qual foi conduzido a um flotador com ar comprimido, resultando em uma redução da concentração de óleos e graxas de 5.000 mg/L para 600 mg/L e em um incremento da gordura recuperada de 300 para 440 kg/dia, destacando-se que ao realizar a separação de material com elevado conteúdo de graxas, a DQO do efluente foi reduzida em 70%, minimizando o custo do tratamento dos efluentes.

O prolongamento da canaleta de sangria para aumento do recolhimento do sangue, evitando derrames do piso e posteriormente no efluente, fez com que o consumo de água de lavagem por sangue coletado fosse reduzido de 68,7 L/kg para 48,1 L/kg e a concentração de DQO do efluente final de 5.568.5 mg/L para 1.113.7 mg/L. Outro estudo relata que o percentual de sangue coletado, para uma permanência do animal por três minutos na canaleta de sangria, poderia ser aumentado de 2,5% do peso do animal para 4% do peso vivo. Este incremento reduziria o impacto sobre o sistema de tratamento de efluentes em 3,75 kg DBO/t animal abatido.

### **3.2.2 Caracterização qualitativa e quantitativa dos efluentes líquidos em matadouros de suínos**

O consumo de água em indústrias é influenciado por vários fatores, como: capacidade produtiva, condições climáticas da região (determinarão as quantidades de água consumidas nos processos de troca térmica), disponibilidade hídrica, método de produção, idade da instalação (indústrias mais novas utilizam tecnologias mais modernas, com equipamentos menos suscetíveis a paradas e manutenção), práticas operacionais e cultura da empresa e da comunidade local (MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

Os matadouros utilizam grandes quantidades de água devido aos rígidos padrões de higiene (INTEC, 1998; WORLD BANK, 1998). A água é usada para dessedentação de animais e lavagem nas pocilgas, para lavagem de caminhões, escaldagem, lavagem de vísceras e carcaças, transporte de produtos e resíduos, limpeza e esterilização de facas, equipamentos e pisos, alimentação de caldeiras e resfriamento de compressores e condensadores (UNEP, 2000).

Segundo UNEP (2000), 80 a 95% da água consumida em matadouros se torna efluente, que contém elevados níveis de matéria orgânica, devido à presença de esterco, gorduras e sangue. O efluente também pode conter elevadas concentrações de sais (sódio), fosfatos e nitratos, provenientes do esterco e conteúdos estomacais (UNEP, 2000).

O sangue é o principal contribuinte da carga orgânica do efluente, com uma DQO total de aproximadamente 375.000 mg/L, sendo também o maior contribuinte de nitrogênio, estimando-se que entre 15% a 20% do sangue seja perdido como efluente (CHILE, 1998).

O nitrogênio ocorre principalmente na forma de amônia, devido à quebra do material proteico em aminoácidos. Porém, como a natureza das espécies de amônia presentes depende do pH, as concentrações de nitrogênio em abatedouros são comumente expressas como nitrogênio total. As proteínas e graxas são importantes componentes da carga orgânica presente nas águas de lavagem, a qual também contém outras substâncias, como heparina, sais biliares, hidratos de carbono, detergentes e desinfectantes. Destacam-se o alto conteúdo de microorganismos patogênicos (CHILE, 1998), como bactérias salmonella e shiguella, ovos de parasita e cistos de ameba, e os resíduos de pesticidas, provenientes do tratamento e alimentação dos animais (INTEC, 1998; WORLD BANK, 1998). Os efluentes de matadouros apresentam elevadas temperaturas.

O efluente oriundo da graxaria representa uma significativa parcela na carga poluidora, cuja qualidade depende da extensão com que o sangue, esterco, gordura e conteúdos estomacais forem retirados do efluente (UNEP, 2000).

Muitas empresas utilizam mais água do que o necessário, geralmente devido à falta de controle dos volumes que estão sendo usados e dos custos associados. As operações de limpeza são as principais responsáveis pelo elevado consumo de água em matadouros, pois os pisos das áreas de processo devem ser lavados e sanitizados ao menos uma vez por dia. A água consumida nas operações de limpeza e lavagem das carcaças representa mais de 80% da água utilizada e do volume de efluente gerado (ENVIROWISE, 2000).

O total de água utilizado por animal varia entre os abatedouros e depende do *layout*, do tipo de animal abatido, das técnicas de abate e do grau de automação. Diferentes unidades são usadas para expressar o consumo de água, o que dificulta a comparação entre o consumo nas empresas. Segundo WORLD BANK (1998), em abatedouros com processamento de

carne e graxaria, o consumo de água é de 3 a 6 m<sup>3</sup>/t de animal abatido, após a implantação de tecnologias limpas, e no Brasil é de 0,4 a 3 m<sup>3</sup>/suíno (SENAI, 2003).

A Tabela 01 mostra os consumos de água em abatedouros e indústrias de processamento de carne, de acordo com o peso de carcaça viva e a tonelada de carne produzida.

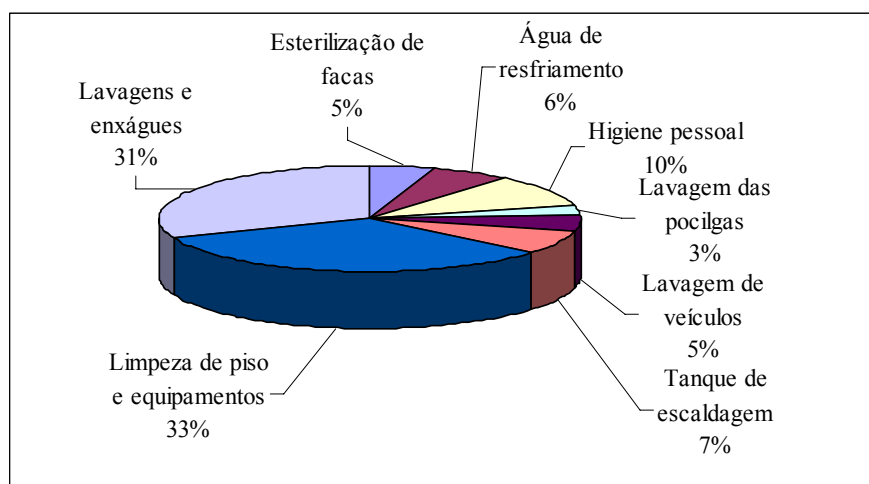
**Tabela 01: Valores típicos do consumo de água em abatedouros, indústrias de processamento da carne e graxaria**

Atividade		m <sup>3</sup> /t de PCV*	m <sup>3</sup> /t de carne
Abatedouro de suínos <sup>(1)</sup>	US	4,2 a 16,7	-
	Reino Unido	5 a 15	-
	Europa	5 a 10	-
	Hungria	2 a 3,8	-
	Alemanha	0,8 a 6,2	-
	Dinamarca	-	5 a 20 <sup>(1)</sup>
Abatedouro de suínos em diversos países		6,3 <sup>(2)</sup>	1,5 a 10 <sup>(2)(4)</sup>
Abatedouro de suínos e processamento de carne		8,8 <sup>(2)</sup>	2 a 60 <sup>(4)</sup>
Graxaria <sup>(2)</sup>		3,9	-
Abatedouros em geral <sup>(3)</sup>		4 a 10	-

Fonte: (1) UNEP (2000); (2) INTEC (1998); (3) MIERZWA & HESPANHOL (2005); (4) WORLD BANK (1998).

\*PCV: peso de carcaça viva, compreende todo o corpo do animal após sangria e evisceração, com remoção ou não de membros no tarso ou carpo e cabeça

A Figura 04 apresenta a distribuição do consumo de água em diferentes áreas de processo em um grande abatedouro de suínos.



**Figura 04: Distribuição do consumo da água em grandes abatedouros de suínos (ENVIROWISE, 2000)**

Aproximadamente metade da água utilizada nos abatedouros é aquecida de 40°C a 60°C (ENVIROWISE, 2000) e, nos matadouros de suínos, as águas quentes provenientes das operações de depilação contêm grande quantidade de pêlos (INTEC, 1998).

Segundo INTEC (1998), nos processos de recuperação de subprodutos, os resíduos utilizados como matéria prima perdem muita água, que se evapora e condensa. Como a evaporação tem as características de uma destilação a vapor, o condensado contém todos os contaminantes voláteis. O condensado, que constitui aproximadamente 90% do fluxo total de uma planta de recuperação, é um líquido claro com odor muito forte e alta carga orgânica.

Os demais efluentes líquidos consistem de águas de lavagem, que também têm odor desagradável, os quais podem ser absorvidos por lavadores de gases ou biofiltros, sendo que nestes últimos os compostos odoríferos são biodegradados aeróbicamente. Os líquidos de lavagem dos lavadores de gases devem ser conduzidos a um sistema de tratamento de efluentes (INTEC, 1998).

As concentrações de poluentes em um abatedouro variam significativamente de uma planta para outra, dependendo da extensão com que os resíduos são excluídos da corrente de efluentes. A relação média entre DQO:DBO<sub>5</sub>:N de um matadouro é de 12:4:1 (INTEC, 1998).

A Tabela 02 apresenta dados relativos à concentração de poluentes de abatedouros de suínos, abatedouros mistos (que abatem diversos tipos de animais) e de abatedouros mistos com processamento de carne e graxaria. Observa-se que os valores de algumas indústrias chilenas, se bem que pontuais, são consideravelmente mais altos que os demais valores apresentados.

**Tabela 02: Valores de concentração de poluentes nos efluentes de abatedouros (mg.L<sup>-1</sup>)**

Parâmetro	Abatedouro de suínos	Abatedouro misto	Abatedouro misto com processamento de carne e graxaria
DBO <sub>5</sub>	1250 <sup>(1)</sup>		600 a 8000 <sup>(2)</sup> ; 570 <sup>(4)</sup> ; 1650 <sup>(6)</sup>
DQO	2500 <sup>(1)</sup>	1000 – 3000 <sup>(1)</sup>	1204; 1700; 1100; 7000 <sup>(5)</sup> 1850 <sup>(4)</sup>
SS	700 <sup>(1)</sup>	400 – 800 <sup>(1)</sup>	8000; 6400; 11950 <sup>(5)</sup> > 800 <sup>(2)</sup> ; 100 a 500 <sup>(3)</sup> ; 800 <sup>(4)</sup> 965; 920; 890; 1100 <sup>(5)</sup>
N total	150 <sup>(1)</sup>	< 300 <sup>(1)</sup>	100 a 200 <sup>(3)</sup>
N Kjeldhal	-	-	150 <sup>(4)</sup>
Fósforo total	25 <sup>(1)</sup>	< 10 <sup>(1)</sup>	10 a 20 <sup>(3)</sup> ; 16 <sup>(4)</sup>
Óleos e graxas	150 <sup>(1)</sup>	< 350 <sup>(1)</sup>	75 <sup>(4)</sup> 717; 79; 340; 114 <sup>(5)</sup>
pH	7,2 <sup>(1)</sup>	7 – 8,5 <sup>(1)</sup>	6,8 – 7,1 <sup>(4)</sup> 10; 7,9; 7; 7,2 <sup>(5)</sup>
Cloretos	-	-	até 77000 <sup>(2)</sup>

pH (unidades de pH)

Fonte: (1) UNEP (2000); (2) WORLD BANK (1998); (3) WORLD BANK (1998), após implantação de tecnologias limpas; (4) INTEC (1998), composição típica; (5) INTEC (1998), dados de empresas chilenas; (6) Adaptado de SENAI (2003), com coleta de sangue.

As Tabelas 03 e 04 apresentam as cargas poluidoras no efluente de matadouros expressas em diferentes unidades.

**Tabela 03: Carga poluidora em efluentes de abatedouros de suínos (kg/t PCV; kg/t PVA)**

Parâmetro	Abatedouro de suínos (kg/t PCV)	Abatedouro de suínos com recuperação de sangue	Abatedouros (kg/t PVA)		
			Abatedouro de suínos sem recuperação de sangue	Abatedouro de suínos e processamento de carne	Graxaria
DBO <sub>5</sub>	6 a 16 <sup>(1)</sup>	6 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>	10,9 <sup>(2)</sup>	2,15 <sup>(2)</sup>
SS	4 a 18 <sup>(1)</sup>	5,6 <sup>(2)</sup>	8,0 <sup>(2)</sup>	9,6 <sup>(2)</sup>	1,13 <sup>(2)</sup>
N total	1 a 1,7 <sup>(1)</sup>	0,7 <sup>(2)</sup>	0,7 <sup>(2)</sup>	0,84 <sup>(2)</sup>	0,48 <sup>(2)</sup>
N amoniacal	0,08 a 0,25 <sup>(1)</sup>	-	-	-	-
N orgânico	0,3 a 0,8 <sup>(1)</sup>	-	-	-	-
P total	-	0,05 <sup>(2)</sup>	0,05 <sup>(2)</sup>	0,33 <sup>(2)</sup>	0,04 <sup>(2)</sup>
O & G	1,5 a 23	2,1 <sup>(2)</sup>	4 <sup>(2)</sup>	5,9 <sup>(2)</sup>	0,72 <sup>(2)</sup>

Fonte: (1) Adaptado de UNEP (2000); (2) INTEC (1998)

PVA: peso vivo de um suíno sacrificado - 120 kg

PCV: peso de carcaça viva, compreende todo o corpo do animal após sangria e evisceração, com remoção ou não de membros no tarso ou carpo e cabeça



**Tabela 04: Carga poluidora em efluentes de abatedouros de suínos( kg/cabeça)**

<b>Parâmetro</b>	<b>Abatedouro de suínos</b>	<b>Abatedouro, processamento de carne e graxaria</b>
<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>0,5 - 2,0 <sup>(1)</sup></b>	<b>1,0 - 2,0 <sup>(2)</sup></b>
<b>N total</b>	<b>0,075 - 0,25 <sup>(1)</sup></b>	-
<b>Fósforo total</b>	<b>0,015 - 0,03 <sup>(1)</sup></b>	-

Fonte: (1) UNEP (2000); (2) WORLD BANK (1998), após a implantação de tecnologias limpas

Na Tabela 05 são apresentados indicadores de consumo de água resultantes da utilização das melhores tecnologias disponíveis em abatedouros de suínos, considerando o aspecto ambiental.

**Tabela 05: Indicadores de consumo em abatedouros de suínos, com uso da melhor tecnologia disponível - BAT**

<b>País</b>	<b>Consumo de água (L/cabeça)</b>
Canadá	180 a 230
Inglaterra	160 a 230

Fonte: UNEP (2000); ENVIRONMENT AGENCY (2005)

A Tabela 06 mostra indicadores da Dinamarca, que relacionam o consumo de água com a tecnologia utilizada. A tecnologia tradicional é utilizada em médios e grandes abatedouros, que têm pouca utilização da capacidade instalada e nenhum procedimento de produção mais limpa, sendo típica de países em desenvolvimento e em transição. A média tecnologia é utilizada em grandes abatedouros, que usam o mínimo de métodos de produção mais limpa. A melhor tecnologia disponível é utilizada em abatedouros industriais, com boa utilização da capacidade instalada, elevado rendimento e boas práticas. Não é muito comum encontrar este tipo de indicadores em indústrias alimentares e é difícil de encontrar exemplos. A falta de indicadores ambientais deve-se à considerável variação em processos e capacidades produtivas nas indústrias. A questão é agravada pelo fato de não haver uma unidade padrão de produção, as quais variam até dentro de um mesmo país. Outro problema é que os indicadores existentes não necessariamente se relacionam a tipos de processo específicos, ou seja, o tamanho, a idade, eficiência e tipo de processo deveria ser similar para permitir uma comparação. Recomenda-se que as indústrias inicialmente estabeleçam

internamente seus próprios indicadores ambientais e após os comparem com indústrias do mesmo país, para finalmente compará-los com indústrias de outros países (UNEP, 2000).

**Tabela 06: Indicadores em abatedouros de suínos, com uso de tecnologias diferenciadas**

Indicador	Unidade	Tecnologia Tradicional	Tecnologia Média	Melhor Tecnologia Disponível
Água	L/animal	1400	700	300
DBO <sub>5</sub>	g/animal	2500	1000	500

Fonte: UNEP (2000)

A Tabela 07 mostra dados de indicadores de consumo de água em etapas do processo produtivo de frigoríficos, com o emprego de técnicas de produção mais limpa (P + L) e da melhor tecnologia disponível BAT (*Best Available Technology*).

**Tabela 07: Indicadores de consumo em frigoríficos, com técnicas de P + L e BAT (L/suíno; % do consumo total)**

Processo ou etapas do processo produtivo	Consumo de água (L/suíno)		(% do consumo total)		
	P + L <sup>b</sup>	BAT			
1. Atordoamento	5 <sup>(para 1+2)</sup>	1-5 <sup>a</sup>	5 <sup>c</sup> (para 1+2)	-	
2. Sangria		3 - 4 <sup>a</sup>			
3. Tratamento da pele	<i>i.</i> Escaldagem e depilação	60 <sup>(para i+ii+iii)</sup>	52 <sup>c</sup> (para i+ii+iii)	11 <sup>b</sup> ; 7 <sup>a</sup>	
		<i>ii.</i> Chamuscagem e polimento		23 - 27 <sup>a</sup>	-
				<i>iii.</i> Lavagem da carcaça	16 - 20 <sup>a</sup>
4. Evisceração e divisão	40	50 <sup>c</sup>	31 <sup>a</sup>		
5. Processamento das tripas	50 a 100	44 - 68 <sup>a</sup>	9 - 24 <sup>b</sup>		
6. Lavagem de vísceras não comestíveis	-	-	7 - 38 <sup>b</sup>		
7. Limpeza, higienização e lavagem de mãos e botas	-	101 <sup>c</sup> ; 33 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup> ; 25 <sup>b</sup>		
8. Lavagem de caminhões	15 <sup>(para 8+9)</sup>	7,8 a 29 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>		
9. Lavagem de pocilgas e dessedentação de suínos		13 a 30 <sup>a</sup>	7 - 22 <sup>b</sup> ; 3 <sup>a</sup>		
10. Torres de resfriamento	-	-	8 <sup>d</sup> ; 6 <sup>a</sup>		
11. Sanitários	-	-	2 - 5 <sup>b</sup> ; 10 <sup>a</sup>		

<sup>a</sup> ENVIRONMENT AGENCY (2005); <sup>b</sup> UNEP (2000); <sup>c</sup> Stoop (1999); <sup>d</sup> Amorim *et al.* (2006)

O consumo de água nas plantas de processamento de subprodutos é relativamente baixo, com uma taxa de utilização de 1 m<sup>3</sup>/tonelada de matéria prima e tipicamente representa menos do que 10% do total de água usada em um abatedouro. Os efluentes contêm cargas orgânicas elevadas. São gastos 950 L na lavagem de um caminhão que transporta de 50 a 60 suínos (UNEP, 2000).

### **3.3 Sistemas de tratamento de efluentes líquidos**

O impacto ambiental mais significativo causado pelos frigoríficos deve-se ao lançamento de efluentes líquidos (ENVIRONMENT AGENCY, 2005), que devem ser tratados através da utilização de operações e processos unitários, que sejam capazes de reduzir a concentração dos contaminantes presentes para níveis compatíveis com os padrões de emissão estabelecidos em normas, ou a níveis adequados para formas de reúso subsequêntes (FIESP/CIESP, 2004).

A maioria das tecnologias usadas no tratamento de efluentes objetivando o reúso é a mesma usada em sistemas de tratamento de água e efluentes, porém, em certos casos, processos de tratamento adicionais são necessários, para remoção de contaminantes específicos e para inativação e remoção de microorganismos patogênicos (METCALF & EDDY, 1991).

As principais tecnologias usadas em sistemas de tratamento de efluentes objetivando o reúso e suas finalidades são descritas a seguir (LEVINE & ASANO, 2002):

a) Para separação sólido/líquido

- sedimentação: para remoção de partículas maiores do que 30 µm, sendo usada como tratamento primário e, também, após o tratamento secundário;
- filtração: para remoção de partículas maiores do que 3 µm, sendo usada após a sedimentação (tratamento convencional) ou após coagulação/floculação.

b) Tratamento biológico (secundário)

- tratamento biológico aeróbico: para remoção de matéria orgânica dissolvida ou suspensa;
- lagoas de oxidação: para redução de sólidos suspensos, DBO, bactérias patogênicas e amônia;
- remoção biológica de nutrientes: para redução de nitrogênio e fósforo;
- desinfecção: para proteção da saúde pública, pela remoção de organismos patogênicos;

c) Tratamento terciário ou avançado

- carvão ativado: para remoção de compostos orgânicos hidrofóbicos;
- *air stripping*: para remoção de nitrogênio amoniacal e alguns voláteis orgânicos;
- troca iônica: para remoção de cátions, como cálcio, magnésio, ferro, amônia, e ânions, como nitrato;
- coagulação química e precipitação: para formação de precipitados de fósforo e floculação de partículas a serem removidas por sedimentação e filtração;
- tratamento com cal: usado para reduzir o potencial de incrustação da água, precipitar o fósforo e modificar o pH;
- filtração de membrana: para remoção de partículas e microorganismos da água;
- osmose reversa: para remoção de sais dissolvidos e minerais da solução, sendo também efetivo para remoção de patogênicos.

O tratamento primário é a etapa inicial de um processo de tratamento de efluentes, com eficiência esperada de 50% para remoção de sólidos suspensos, 25 a 50% de DBO, 10 a 20% de nitrogênio orgânico e, aproximadamente, 10% de fósforo. A eficiência pode ser aumentada com a adição de coagulantes e floculantes. Para a maior parte das aplicações de reúso industrial, o tratamento primário é insuficiente para atender os padrões de qualidade necessários (LEVINE & ASANO, 2002).

O sistema de tratamento secundário promove uma adequada remoção de matéria orgânica biodegradável e é frequentemente suplementado por filtração, para remoção adicional de partículas e desinfecção, tornando-se adequado para reúso em muitos processos industriais. O tratamento terciário é aplicado após o tratamento biológico (LEVINE & ASANO, 2002).

A Tabela 08 mostra um resumo das operações unitárias e processos comumente usados no tratamento de efluentes para reúso e os principais contaminantes removidos.

**Tabela 08: Operações unitárias e processos usados no tratamento de efluentes para reúso e potencial para remoção de contaminantes**

Constituintes	Tratamento primário																
	Lodo ativado (LA)	Nitrificação	Denitrificação	Filtro biológico	RBC	Coag./Floc./Sedim.	Filtração após LA	Adsorção por carbono	Amônia Stripping	Troca Iônica seletiva	Cloração <i>break point</i>	Osmose reversa	<i>Overland flow</i>	Irrigação	Infiltração percolação	Cloração	Ozônio
DBO	X	+	+	O	+	+	+	X	+	X		+	+	+	+		O
DQO	X	+	+	O	+	+	+	X	X	O	X	+	+	+	+		+
SST	+	+	+	O	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
NH <sub>3</sub> -N	O	+	+	O		+	O	X	X	+	+	+	+	+	+		
NO <sub>3</sub> -N				+				X	O				X				
Fósforo	O	X	+	+		+	+	+	+			+	+	+	+		
Alcalinidade		X						X	+							X	
Óleos e graxas	+	+	+					X		X				+	+	+	
Coliformes totais		+	+		O	+		+				+		+	+	+	+
SDT												+					
Arsênio	X	X	X					X	+	O							
Bário		X	O					X	O								
Cádmio	X	+	+		O	X	+	X	O							O	
Cromo	X	+	+		O	+	+	X	X								
Cobre	X	+	+		+	+	+	O	X							+	
Fluoreto								X		O						X	
Ferro	X	+	+		X	+	+	+	+								
Chumbo	+	+	+		X	+	+	O	X							X	
Manganês	O	X	X		O			X	+	X		+					
Merúrio	O	O	O		O	+		O	X	O							
Selênio	O	O	O					O	+	O							
Prata	+	+	+		X	+			X								
Zinco	X	X	+		+	+		+	+							+	
Cor	O	X	X		O	+		X	+			+	+	+	+		+
Surfactantes	X	+	+		+			X		+		+	+	+	+		O
Turbidez	X	+	+	O	X	+	+	+				+	+	+	+		
COT	X	+	+	O	X	+		X	+	O	O	+	+	+	+		+

Símbolos: O = 25% de remoção da concentração inicial; X= 25 - 50%; += >50%

Espaços em branco significam ausência de dados ou resultados não conclusivos

Fonte: METCALF & EDDY (1991)

A segurança quanto à eficiente inativação e remoção de bactérias e vírus patogênicos na indústria alimentar é fundamental, devendo ser atendidos os seguintes critérios operacionais (METCALF & EDDY,1991; CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 2001):

1) o efluente deve ter baixas concentrações de sólidos suspensos e turbidez antes da desinfecção, para reduzir a demanda de cloro e a sombra aos patogênicos, aumentando seu efeito letal, o que é viabilizado através de uma filtração terciária em meio granular, prévia ao processo de desinfecção e como etapa intermediária de um processo de tratamento avançado de efluentes. A irradiação UV também pode ter efeito limitado para inativação de cistos de protozoários, helmintos ou vírus com a presença de sólidos e o uso de cloro ou ozônio em água com contaminação orgânica pode resultar na formação de compostos orgânicos perigosos;

2) uma dose suficiente de desinfetante e um tempo de contato adequado devem ser assegurados para o efluente a ser reusado;

3) a manutenção adequada de sistemas de tratamento de água é crítica para impedir que os próprios sistemas sejam a fonte de contaminação. Por exemplo, sistemas de filtração podem se tornar fontes de bactérias e seus metabólitos, se as bactérias crescerem entre a matéria orgânica existente na água que entra;

4) tanques de estocagem de água de reúso devem ser adequadamente construídos com materiais que não contaminem a água e devem ser periodicamente limpos e sanitizados.

### **3.4 Reúso de efluentes**

Somente após a otimização do uso da água no processo produtivo seu reúso pode ser considerado (UNEP, 2000). Em um modelo de gerenciamento de efluentes líquidos, considera-se reúso, a utilização dos efluentes líquidos tratados em estações de tratamento, em substituição à fonte de água normalmente utilizada (MIERZWA, 2002).

As seguintes definições são apresentadas em FIESP/CIESP (2004) para as diferentes formas de reúso:

- Reúso indireto de água: uso da água residuária ou água de qualidade inferior, em sua forma diluída, após lançamento em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;
- Reúso direto de água: é o uso planejado de água de reúso, conduzido ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;
- Reúso em cascata: uso de efluente industrial originado em um determinado processo, que é diretamente utilizado em um processo subsequente;
- Reúso macro externo: reúso de efluentes provenientes de estações de tratamento de outro empreendimento;
- Reúso macro interno: uso interno de efluentes, tratados ou não, provenientes de atividades realizadas na própria indústria.

A avaliação da opção de reúso em cascata deve ser sempre considerada antes de se pensar em um sistema de tratamento centralizado de efluentes (FIESP/CIESP, 2004).

Reciclo de efluentes é efluente coletado e redirecionado de volta ao mesmo esquema de uso da água, sendo realizado predominantemente em indústrias e, normalmente envolvendo um só usuário ou uma indústria (METCALF & EDDY, 1991).

No planejamento e implementação de um sistema de tratamento de efluentes com vistas ao reúso, a aplicação do efluente a ser reusado vai definir o tipo de tratamento a que o mesmo será submetido e o grau de confiabilidade requerida no processo de tratamento. Os padrões de qualidade serão determinados pelo uso da água na indústria, que pode ser tanto como matéria-prima, fluido de transporte, fluido de aquecimento e/ou refrigeração, processos de limpeza, etc. (MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

Como é praticamente impossível monitorar a água de reúso para todos os seus constituintes químicos e organismos patogênicos, parâmetros indicadores são universalmente aceitos. Coliformes fecais são os microorganismos indicadores mais utilizados para medir a eficiência da desinfecção. Apesar de serem organismos indicadores adequados para muitas bactérias patogênicas, são indicadores pobres para parasitas e vírus (USEPA, 2004). Para

representar os compostos inorgânicos, a condutividade elétrica ou a concentração de sólidos dissolvidos totais são parâmetros indicadores e para representar as substâncias orgânicas pode-se usar a DQO. Além destes, o pH, turbidez e a cor também são úteis para avaliar o potencial de reúso (FIESP/CIESP, 2004).

Conforme MIERZWA (2002) a prática de reúso faz com que o efluente incorpore várias substâncias, alterando suas características originais, fato que pode prejudicar o processo produtivo e o sistema de tratamento de efluentes. Por esta razão, antes de implantar a prática de reúso é necessário fazer uma avaliação do seu potencial, que deve contemplar a qualidade da água disponível para captação, do efluente gerado e da água para as aplicações em que se pretende fazer o reúso, além dos padrões de emissão de efluentes. A partir destas informações, por meio de um balanço material, pode ser possível fazer a determinação da fração de efluente a ser reutilizado e considerar a utilização de técnicas adicionais de tratamento. No balanço material é imprescindível ter a disposição os dados sobre a quantidade da água captada e o efluente lançado para o meio ambiente, para determinar o volume de água perdido ou incorporado aos produtos e a quantidade de substâncias adicionadas à água durante a utilização. Na determinação da quantidade de produtos adicionados pode-se fazer uma avaliação individualizada de cada parâmetro físico, químico e/ou biológico, ou utilizar um único parâmetro que possa representar um conjunto de substâncias, o que simplifica a elaboração do balanço material.

Segundo DEUL (2002) a chave para o sucesso de um processo de reúso ou reciclo de água é predizer e impedir que problemas potenciais afetem os processos operacionais e a qualidade do produto.

No reúso ou reciclo de efluentes industriais para resfriamento, alimentação de caldeiras e processos industriais é fundamental garantir a segurança química e biológica através da aplicação de tecnologias de tratamento adequadas para evitar problemas de incrustação, corrosão, obstruções, crescimento biológico, bem como aqueles relativos à saúde pública, particularmente quanto a transmissão de patógenos por aerossol nas águas de resfriamento (METCALF & EDDY, 1991).



Na Tabela 09 são apresentados parâmetros importantes pela sua significância em sistemas de reúso de água.

**Tabela 09: Parâmetros de qualidade da água importantes para o reúso**

<b>Parâmetro</b>	<b>Significância para o reúso da água</b>
DBO <sub>5</sub> e DQO	Substratos orgânicos para crescimento microbiano. Favorecem o crescimento bacteriano em sistemas de distribuição e a incrustação microbiológica
SS e Turbidez	Medida de partículas. Relacionados à contaminação microbiológica. Podem interferir na desinfecção e causar depósitos e desgaste de equipamentos
Cálcio, Magnésio Ferro, Manganês e Sílica	Formam incrustação, depósitos e manchas
SDT	Contribuem para a corrosão
Cloro residual	Previne o crescimento microbiano
Nitrogênio e Fósforo	Contribuem para corrosão, formação de incrustação e crescimento microbiano, causando obstrução de equipamentos
Coliformes totais Coliformes fecais Ovos de helmintos Vírus	Medida do risco de infecção devido à potencial presença de patogênicos

Fonte: USEPA (2004); LEVINE & ASANO (2002).

### **3.4.1 Requisitos de qualidade da água para processos da indústria alimentar**

A água utilizada no processo produtivo das indústrias alimentares deve ser potável, atendendo a Portaria N°. 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os padrões de qualidade da água estabelecidos no Art. 62 do Decreto N°. 30.691 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1952) também devem ser atendidos. A Tabela 10 apresenta os padrões de qualidade constantes das legislações citadas.

**Tabela 10: Padrões de qualidade da água a ser usada no processo dos frigoríficos (mg.L<sup>-1</sup>)**

Parâmetro	VMP (Valor máximo permitido)	
	(BRASIL, 2004)	(BRASIL, 1952)
Contagem de bactérias heterotróficas	500	500
<i>E. coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL	-
Turbidez	1*	límpida
Antimônio	0,005	-
Arsênio	0,01	0,05
Bário	0,7	-
Cádmio	0,005	-
Cianeto	0,07	-
Chumbo	0,01	0,1
Cobre	2	3
Cromo	0,05	-
Fluoreto	1,5	1
Mercurio	0,001	-
Nitrato (como N-NO <sub>3</sub> )	10	2
Nitrito (como N-NO <sub>2</sub> )	1	ausente
Selênio	0,01	0,05
Componentes fenólicos	-	0,001
Bromato	0,025	-
Clorito	0,2	-
Cloro residual livre	0,5	0,05
Monocloramina	3	-
2,4,6 Triclorofenol	0,2	-
Trihalometanos Total	0,1	-
Alumínio	0,2	-
Amônia (como N-NH <sub>3</sub> )	1,5	5
Cloreto	250	-
Cor Aparente	15	incolor
Matéria orgânica	-	2
Dureza	500	20
Etilbenzeno	0,2	-
Ferro	0,3	-
Manganês	0,1	-
Monoclorobenzeno	0,12	-
Odor	Não objetável	Sem cheiro
Gosto	Não objetável	Sabor próprio
Sódio	200	-
SDT	1.000	-
Sulfato	250	10
Sulfeto de hidrogênio	0,05	-
Surfactantes	0,5	-
Tolueno	0,17	-
Turbidez	5	-
Zinco	5	15
Xileno	0,3	-

Contagem de bactérias heterotróficas (UFC/mL); *E. coli* (NMP/100 mL); Turbidez (UT); Cor (Unidade Hanzen - mg Pt-Co/L). \* Para assegurar a desinfecção

Para assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp, a Portaria Nº. 518 (BRASIL, 2004) recomenda que se obtenham valores de turbidez inferiores a 0,5 UT, em 95% dos dados mensais, e nunca superiores a 5,0 UT, para filtração rápida.

O reúso da água não deve comprometer a qualidade do produto e os sistemas de reúso devem ser cuidadosamente instalados, de forma que as linhas da água de reúso não sejam confundidas com linhas de água limpa. Quaisquer planos de reúso devem ser aprovados por todos os setores de segurança alimentar (UNEP, 2000). Segundo LEVINE & ASANO (2002), a principal preocupação quanto ao reúso da água na indústria alimentar é a incerteza referente aos potenciais efeitos na saúde, particularmente o controle de microorganismos patogênicos.

### **3.4.2 Requisitos de qualidade da água para torres de resfriamento e caldeiras**

O grau de qualidade da água a ser utilizada na forma de vapor deve ser bastante elevado, enquanto que para utilização como fluido de resfriamento um grau de qualidade bem menos restritivo é requerido, devendo-se levar em consideração a proteção e a vida útil dos equipamentos com os quais a água irá entrar em contato (FIESP/CIESP, 2004).

O principal uso de efluentes industriais tratados é nas torres de resfriamento. A operação das torres de resfriamento consiste de evaporação condensativa e troca do calor sensível. A mistura de ar e água libera o calor latente de vaporização, o que causa a evaporação da água. A quantidade de calor consumido é aproximadamente 2,3 kJ/g de água evaporada. Para cada 5,5 °C de resfriamento, aproximadamente 1,2% de água é liberada da torre de resfriamento para a atmosfera, como vapor úmido quente. Quando a água é perdida por evaporação, a concentração de sal aumenta. Para impedir a formação de precipitados, uma porção da água de resfriamento concentrada ou purga, é descartada e substituída por água de reposição com baixo teor de sais, para manter um balanço adequado (LEVINE & ASANO, 2002).

Segundo USEPA (2004), a água de purga é usualmente tratada por processos químicos e/ou de filtração, abrandamento e clarificação antes da disposição final. A concentração de sólidos dissolvidos no sistema de resfriamento pode aumentar se a purga for recirculada entre a planta de tratamento e o sistema de resfriamento, tendo como consequência a redução da capacidade de tratamento e um impacto no processo biológico. Uma alternativa de tratamento para a água de purga é a cristalização e a disposição final em aterro. Para LEVINE & ASANO (2002), os processos de resfriamento podem usar água de baixa qualidade e a purga pode ser tratada e reusada repetitivamente.

O volume de água de purga e de reposição é limitado pela qualidade da água de reposição. A razão entre a concentração de sal na água de purga e a concentração na água de reposição é conhecida como ciclo de concentração (USEPA, 2004), que também pode ser determinado pela razão entre a vazão da água de reposição e a vazão de purga (LEVINE & ASANO, 2002).

Quando os ciclos de concentração forem superiores a três, a concentração de sólidos dissolvidos na água de recirculação pode começar a exceder os limites de solubilidade para diversos minerais, particularmente a altas temperaturas. Conseqüentemente, precipitados químicos podem ocorrer, resultando na deposição de incrustações nas superfícies internas das canalizações e componentes do resfriamento. Na maioria dos casos, o limite prático dos ciclos de concentração é por volta de sete. Para prevenir a formação de incrustação, o pH é reduzido para aproximadamente 7, usando ácido sulfúrico. O sulfato adicional e o pH mais baixo convertem o cálcio e carbonatos de magnésio em compostos mais solúveis de sulfato. É importante controlar a quantidade de ácido adicionado para manter o pH acima de 7 e também manter uma alcalinidade residual no sistema. Porém, excesso de ácido pode causar corrosão acentuada (LEVINE & ASANO, 2002).

Quando a água tratada é reusada para resfriamento, a certeza de uma adequada desinfecção é uma preocupação primária para proteger a saúde dos trabalhadores e indivíduos expostos aos aerossóis das torres de resfriamento, sendo também importante eliminar todos os microorganismos que causam corrosão ou depósitos em sistemas de tratamento (USEPA,

2004). O potencial corrosivo da água de resfriamento, devido à concentração de sólidos dissolvidos, pode ser controlado pela adição de inibidores de corrosão química, como ortofosfatos e polifosfatos que seqüestram os minerais dissolvidos. A precipitação química dos fosfatos pode prevenir problemas de incrustação. O controle da obstrução das canalizações é obtido pela adição de dispersantes químicos para impedir a agregação de partículas e sua sedimentação (LEVINE & ASANO, 2002).

As torres de resfriamento são normalmente operadas com uma purga constante, que pode ser minimizada com o uso de sistemas de controle automáticos, através do controle do teor de sólidos dissolvidos totais da água de resfriamento. A quantidade de água para reposição das perdas por evaporação e purgas depende diretamente da carga a ser resfriada, que pode ser minimizada através do uso do calor em outro local na empresa, reduzindo o volume de água de reposição. As torres de resfriamento também perdem água por vaporização, que vai variar em função da existência ou não de um eliminador de névoa (ENVIROWISE, 1997).

As exigências de qualidade para a água de reposição de caldeiras dependem da pressão na qual a caldeira opera. Geralmente, quanto mais alta a pressão, maior a qualidade da água requerida. Em geral, a água potável ou a água tratada a ser reusada devem ser tratadas para reduzir a dureza da água de alimentação a valores próximos de zero. Deve ser realizado o controle de cálcio, magnésio, sílica e alumina para impedir que ocorra incrustação. Dependendo das características da água reciclada, pode ser necessário um tratamento com cal, incluindo floculação, sedimentação e recarbonatação, que pode ser seguido de filtração, adsorção por carvão e remoção de nitrogênio. A alcalinidade elevada pode causar espuma, ocasionando depósitos na caldeira. A alcalinidade por bicarbonatos, devido ao calor, pode liberar dióxido de carbono, que é fonte de corrosão (USEPA, 2004).

Na Tabela 11 são apresentados padrões de qualidade recomendados para a água de alimentação das caldeiras e a Tabela 12 mostra os padrões de qualidade da água de reposição nas torres de resfriamento. Muitas aplicações exigem que um número maior de parâmetros sejam analisados para minimizar os riscos ao processo, produto ou sistema no qual a água será utilizada.

**Tabela 11: Padrões de qualidade da água para alimentação de caldeiras<sup>a</sup> (mg/L)**

Parâmetro	Caldeira de Baixa Pressão (< 10 bar)	Caldeira de Média Pressão (10 a 50 bar)	Caldeira de Alta Pressão (> 50 bar)
Cloretos	+	+	+
SDT	700	500	200
Dureza	350	1,0	0,07
Alcalinidade	350	100	40
pH	7,0 a 10,0	8,2 a 10,0	8,2 a 9,0
DQO	5,0	5,0	1,0
SST	10	5	0,5
Compostos orgânicos	1,0	1,0	0,5
Nitrogênio Amoniacal	0,1	0,1	0,1
Sílica	30	10	0,7
Alumínio	5,0	0,1	0,001
Ferro	1,0	0,3	0,05
Manganês	0,3	0,1	0,01
Cálcio	+	0,4	0,01
Magnésio	+	0,25	0,01
Bicarbonato	170	120	48
Sulfato	+	+	+
Zinco	+	0,01	0,01
Sulfeto de hidrogênio	+	+	+
Oxigênio Dissolvido	2,5	0,007	0,0007

pH (unidades de pH); <sup>a</sup>Qualidade da água antes da adição de produtos químicos para recondicionamento interno; + Aceito como recebido, caso sejam atendidos outros valores limites.

Fonte: METCALF & EDDY (1991)

**Tabela 12: Padrões de qualidade para água de reposição nas torres de resfriamento**

Parâmetro	Padrões de qualidade para água nas torres de resfriamento (mg/L)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Cloretos	500	90	-	300
SDT	500	-	-	1000
Dureza	650	-	-	450
pH	6,9 a 9,0	6,8 a 7,2	6,0 a 9,0	6,5 a 9,5
DQO	75	50	-	75
SST	100	13	30	10
Turbidez	50	-	2 <sup>b</sup> - 10 <sup>c</sup>	5
DBO	25	10	30	10
Compostos orgânicos	1,0	-	-	-
Cloro livre	--	-	2	-
N amoniacal	1,0	1,3	-	10 a 20
Fosfato	4,0	-	-	-
Ferro	0,5	0,06	-	-
Manganês	0,5	0,06	-	-
Sulfato	200	1150	-	-
Condutividade			800 - 1200	
<i>E. coli</i>	-	-	2.2 <sup>a</sup> - 240 <sup>b</sup>	-

pH (unidades de pH); <sup>a</sup>média diária de 7 dias; <sup>b</sup>máximo por amostra

Fonte: (1) METCALF & EDDY (1991); (2) ASANO *et al.* (1998); (3) USEPA (2004); (4) PINJING *et al.* (2001)

### **3.5 Legislação sobre a segurança e higiene na indústria alimentar**

Os países desenvolveram diferentes abordagens para proteger a saúde pública e o meio ambiente, quando empregados procedimentos de reúso da água em atividades diversas, e a economia é o fator chave na escolha da filosofia adotada.

Os países desenvolvidos tendem a adotar normas que estabelecem tecnologias altamente conservativas, de alto custo e baixo risco, a exemplo da legislação do estado da Califórnia (USEPA, 2001). Limitações de ordem econômica levaram alguns países em desenvolvimento a seguir normas que pressupõe baixa tecnologia, custo reduzido e risco controlado, como é preconizado pela Organização Mundial da Saúde (ANDERSON, 2002).

A ausência de normas internacionais sobre reúso de água e a inconsistência entre as normas de diversos países e até estados de alguns países, fazem com que aumente a preocupação quanto ao risco de implementar o reúso da água e também pode acarretar o estabelecimento de exigências desnecessárias para determinados projetos, que podem inviabilizar sua implantação (ANDERSON, 2002).

A água reciclada pode conter constituintes físicos, químicos e microbiológicos, que apresentam um risco, se não forem adequadamente gerenciados, sendo imprescindível existirem legislações específicas, normas e medidas de controle operacional para proteger a saúde pública e o ambiente (ANDERSON, 2002), de fundamental importância no que tange às indústrias alimentares.

A indústria alimentar exige um rigoroso controle, quando empregados procedimentos de reúso da água. Serão apresentadas as legislações e normas que estabelecem exigências quanto ao abastecimento, uso da água e drenagem de efluentes nas indústrias alimentares, bem como sobre os procedimentos de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e os Procedimentos Operacionais Padronizados (POP).

### 3.5.1. Normas Internacionais

O *Codex Alimentarius* ou Código dos Alimentos é um programa conjunto da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) e da Organização Mundial da Saúde (OMS), do qual o Brasil é membro. Seu objetivo principal é proteger a saúde dos consumidores, assegurar práticas equitativas no comércio de alimentos e promover a coordenação de todos os trabalhos relativos aos padrões alimentares realizados por organizações internacionais governamentais ou não governamentais. Trata-se de uma referência mundial para os consumidores, produtores, elaboradores de alimentos, organismos nacionais de controle de alimentos e para o comércio internacional de produtos alimentares (WHO & FAO, 2005a).

Os textos básicos sobre higiene alimentar foram adotados pela Comissão do *Codex Alimentarius* em 1997 e 1999. O Código Internacional Recomendado de Práticas - Princípios Gerais sobre Higiene dos Alimentos - CAC/VOL. A, Ed. 2, de 1985, identifica os princípios essenciais de higiene dos alimentos ao longo de toda a cadeia alimentar, objetivando que os alimentos sejam inócuos e aptos para o consumo humano, recomendando a aplicação de critérios baseados no sistema Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - APPCC, conhecido internacionalmente por *Hazard Analysis and Critical Control Point - HACCP*, para elevar o nível de inocuidade alimentar (WHO & FAO, 2005b).

O Sistema APPCC consiste de sete princípios, que são:

Princípio 1: Realizar uma análise de perigos

Princípio 2: Determinar os Pontos Críticos de Controle (PCC)

Princípio 3: Estabelecer os limites críticos

Princípio 4: Estabelecer um sistema para monitorar o controle dos PCCs

Princípio 5: Estabelecer ações corretivas a serem tomadas quando o monitoramento indica que um particular PCC não está sob controle

Princípio 6: Estabelecer procedimentos para verificação da confirmação que o sistema APPCC está funcionando efetivamente.



Princípio 7: Estabelecer documentação concernente a todos os procedimentos e registros apropriados a estes princípios a suas aplicações

O Ponto de Controle Crítico (PCC) é qualquer ponto, operação, procedimento ou etapa do processo de fabricação ou preparação do produto, onde se aplicam medidas preventivas de controle sobre um ou mais fatores, com o objetivo de prevenir, reduzir a limites aceitáveis ou eliminar os perigos para a saúde, a perda da qualidade e a fraude econômica.

Em 2001, o Comitê de Higiene Alimentar do *Codex Alimentarius* (CCFH) propôs as Diretrizes para o Reúso Higiênico de Água de Processamento em Indústrias Alimentares, como um anexo do Código Internacional Recomendado de Práticas - Princípios Gerais sobre Higiene dos Alimentos (WHO & FAO, 2005a).

As Diretrizes objetivam fornecer informações adicionais sobre o reúso da água, além daquelas contidas nos itens relativos ao abastecimento e uso da água no Código Internacional Recomendado de Práticas - Princípios Gerais sobre Higiene dos Alimentos, de forma a garantir que a água reusada seja segura e adequada ao uso pretendido. A primazia em alcançar as exigências higiênicas de água potável para assegurar a qualidade dos alimentos é uma consideração importante. A água de reúso pode, desde que a saúde pública não seja comprometida, substituir a água potável e o nível de acondicionamento necessário (que pode incluir o retorno para água potável) vai variar em função das circunstâncias do reúso. Em certos casos não é necessário tratar a água até um estado potável (concentrações de sólidos e sais podem ser superiores aos de água potável). Porém, em todos os casos, é essencial que a água seja segura e adequada ao uso pretendido.

As Diretrizes para o Reúso Higiênico de Água em Indústrias Alimentares estabelecem:

- a água que entra em uma planta de processamento deve atender as exigências do órgão oficial que mantém sua jurisdição;

- o reúso de água deve ser seguro para seu uso pretendido e não deve colocar em risco a segurança do produto através da introdução de contaminantes químicos, microbiológicos ou físicos em quantidades que representem um risco a saúde do consumidor;
- a fonte de água, as condições prévias e o reúso pretendido vão determinar o grau de tratamento e a frequência de monitoramento necessário;
- a água deve ser tratada a um nível seguro e adequado ao uso pretendido sendo desnecessário, em alguns casos, obter uma água potável;
- os princípios do APPCC devem ser aplicados ao reúso da água;
- quando a água a ser reutilizada for incorporada aos alimentos, deve atender, no mínimo, o padrão microbiológico para água potável e, se necessário, as especificações químicas e físicas para água potável;
- a água de reúso não deve afetar adversamente a adequabilidade do produto;
- a água de reúso deve ser submetida a um monitoramento, cuja frequência depende da fonte de água ou sua condição prévia e do uso pretendido;
- a menos que a água de reúso tenha características potáveis, o sistema de distribuição de água de reúso deve ser claramente marcado (com diferentes cores);
- é importante ter conhecimento sobre os contaminantes presentes na água a ser tratada e submetê-la a um tratamento efetivo para remoção dos mesmos;
- manter adequadamente os sistemas de tratamento da água para impedir que os próprios sistemas de tratamento sejam fontes de contaminação;
- tanques de armazenamento de água de reúso devem ser construídos de material adequado para não contaminar a água, devendo ser realizada limpeza e sanitização periódica dos mesmos.

O Regulamento Técnico do Mercosul sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos elaboradores / industrializadores de alimentos (MERCOSUR, 1996) estabelece os requisitos gerais de higiene e de boas práticas de fabricação para alimentos elaborados/industrializados para o consumo humano e tomou com referência o Código Internacional Recomendado de Práticas - Princípios Gerais sobre Higiene dos Alimentos, assim como outros documentos posteriores do Comitê de Higiene dos Alimentos do *Codex Alimentarius* sobre este tema.

A Norma da *International Organization for Standardization*, ISO 22000:2005, especifica os requisitos para o Sistema de Gestão da Segurança de Alimentos, demonstrando a habilidade da organização no controle de perigos, a fim de garantir que o alimento esteja seguro no momento do consumo humano, em toda a cadeia produtiva. Esta Norma deverá facilitar a padronização internacional nos campos das normas de segurança alimentar.

### **3.5.2 Legislação Nacional**

No Brasil, a legislação sobre a segurança e higiene na indústria alimentar está afeta ao Ministério da Agricultura e ao Ministério da Saúde.

As legislações pertinentes, publicadas pelo Ministério da Saúde são: Portaria N°. 1428 (BRASIL, 1993), Portaria SVS/MS N°. 326 (BRASIL, 1997c), Resolução RDC N°. 275 (BRASIL, 2002) e Portaria N°. 518 (BRASIL, 2004).

A Portaria N°. 1428, de 26 de novembro de 1993 (BRASIL, 1993), aprova o Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos, as Diretrizes para o Estabelecimento de Boas Práticas de Produção e de Prestação de Serviços na Área de Alimentos e o Regulamento Técnico para o Estabelecimento de Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ's) para Serviços e Produtos na Área de Alimentos. Seu objetivo específico é avaliar a eficácia e efetividade dos processos, meios e instalações, controles na produção, armazenamento, transporte, distribuição, comercialização e consumo de alimentos através do Sistema de Avaliação dos Perigos em Pontos Críticos de Controle – APPCC, de forma a proteger a saúde do consumidor.

Considerando a importância de compatibilizar a legislação nacional com base nos instrumentos harmonizados no Mercosul (MERCOSUR, 1996) e com base no Código Internacional Recomendado de Práticas - Princípios Gerais sobre Higiene dos Alimentos, CAC/VOL. A, Ed.2 (1985) do *Codex Alimentarius*, foi publicada a Portaria SVS/MS N°. 326 de 30 de julho de 1997 (BRASIL, 1997c), que aprova o Regulamento Técnico sobre as

Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores / Industrializadores de Alimentos e estabelece:

a) Quanto ao abastecimento de água

- deverá dispor de um abundante abastecimento de água potável, com pressão adequada e temperatura conveniente, um apropriado sistema de distribuição e adequada proteção contra contaminação;

- no caso de armazenamento, deve-se dispor de instalações apropriadas e nas condições indicadas anteriormente, sendo imprescindível um controle freqüente da potabilidade da água;

- o vapor e o gelo utilizados em contato direto com os alimentos ou com as superfícies que entrem em contato direto com os mesmos não devem conter nenhuma substância que possa ser perigosa para a saúde ou contaminar o alimento, obedecendo ao padrão de água potável;

- a água não potável que seja utilizada para produção de vapor, refrigeração, combate a incêndios e outros propósitos similares, não relacionados com alimentos, deve ser transportada por tubulações completamente separadas, de preferência identificadas através de cores, sem que haja nenhuma conexão transversal com as tubulações que conduzem a água potável.

b) Quanto aos efluentes

- os estabelecimentos devem dispor de um sistema eficaz de lançamento de efluentes, o qual deve ser mantido em bom estado de funcionamento;

- todos os tubos de escoamento (incluídos o sistema de esgoto) devem ser suficientemente grandes para suportar cargas máximas e devem ser construídos de modo a evitar a contaminação do abastecimento de água potável.

c) Quanto ao uso da água

- como princípio geral na manipulação de alimentos deve ser utilizada água potável;

- pode ser utilizada água não potável para a produção de vapor, sistema de refrigeração, controle de incêndio e outros fins análogos não relacionados com alimentos, com a aprovação do órgão competente;

- a água recirculada para ser reutilizada novamente dentro de um estabelecimento deve ser tratada e mantida em condições tais que seu uso não possa representar um risco para a saúde;
- o processo de tratamento deve ser mantido sob constante vigilância e a água recirculada que não tenha recebido tratamento posterior pode ser utilizada nas condições em que seu emprego não constitua um risco para saúde e não contamine a matéria-prima e o produto final;
- deve haver um sistema independente de distribuição da água recirculada, que possa ser identificado facilmente;
- o controle do tratamento para a utilização da água recirculada em qualquer processo de elaboração de alimentos deve ter sua eficácia comprovada e a utilização deve ter sido prevista nas boas práticas adotadas pelo estabelecimento e devidamente aprovada pelo organismo oficialmente competente.

Considerando a necessidade de complementar o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores / Industrializadores de Alimentos foi publicada a Resolução RDC Nº. 275 de 21 de outubro de 2002, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2002), que aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores/ industrializadores de alimentos e introduz o controle contínuo das Boas Práticas de Fabricação – BPF e os Procedimentos Operacionais Padronizados – POP, que contribuem para a garantia das condições higiênico-sanitárias necessárias ao processamento/industrialização de alimentos, complementando as Boas Práticas de Fabricação.

As Boas Práticas de Fabricação compreendem a descrição das operações realizadas pelo estabelecimento, incluindo, no mínimo, os requisitos sanitários dos edifícios, a manutenção e higienização das instalações, dos equipamentos e dos utensílios, o controle da água de abastecimento, o controle integrado de vetores e pragas urbanas, controle da higiene e saúde dos manipuladores e o controle e garantia de qualidade do produto final.

Entende-se por Procedimento Operacional Padronizado - POP, o procedimento escrito de forma objetiva que estabelece instruções seqüenciais para a realização de operações rotineiras e específicas na produção, armazenamento e transporte de alimentos.

Os estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos devem desenvolver, implementar e manter Procedimentos Operacionais Padronizados – POPs para os seguintes itens:

- a) Higienização das instalações, equipamentos, móveis e utensílios;
- b) Controle da potabilidade da água;
- c) Higiene e saúde dos manipuladores;
- d) Manejo dos resíduos;
- e) Manutenção preventiva e calibração de equipamentos;
- f) Controle integrado de vetores e pragas urbanas;
- g) Seleção das matérias-primas, ingredientes e embalagens;
- h) Programa de recolhimento de alimentos.

A Portaria Nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

As legislações pertinentes publicadas pelo Ministério da Agricultura são: Decreto Nº. 30.691 (BRASIL, 1952), Portaria Nº. 368 (BRASIL, 1997b) e a Portaria Nº. 46 (BRASIL, 1998).

O Decreto Nº. 30.691 (BRASIL, 1952) aprova o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RISPOA) e estabelece as normas que regulam, em todo território nacional, a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, ou seja, qualquer instalação ou local nos quais são abatidos ou industrializados animais produtores de carne. A inspeção é privativa do Departamento de Inspeção de Produtos de

Origem Animal (D.I.P.O.A.) e abrange, entre outros aspectos, a captação, canalização, depósito, tratamento e distribuição de água de abastecimento, bem como a captação, distribuição e escoamento das águas residuárias. O Decreto estabelece que a concessão da inspeção do (D.I.P.O.A), isenta o estabelecimento de qualquer outra fiscalização, industrial ou sanitária federal, estadual ou municipal.

A Portaria Nº. 368 (BRASIL, 1997b) aprova o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores /Industrializadores de Alimentos e estabelece, entre outras, exigências quanto ao abastecimento, emprego da água e drenagem de efluentes nas indústrias alimentares.

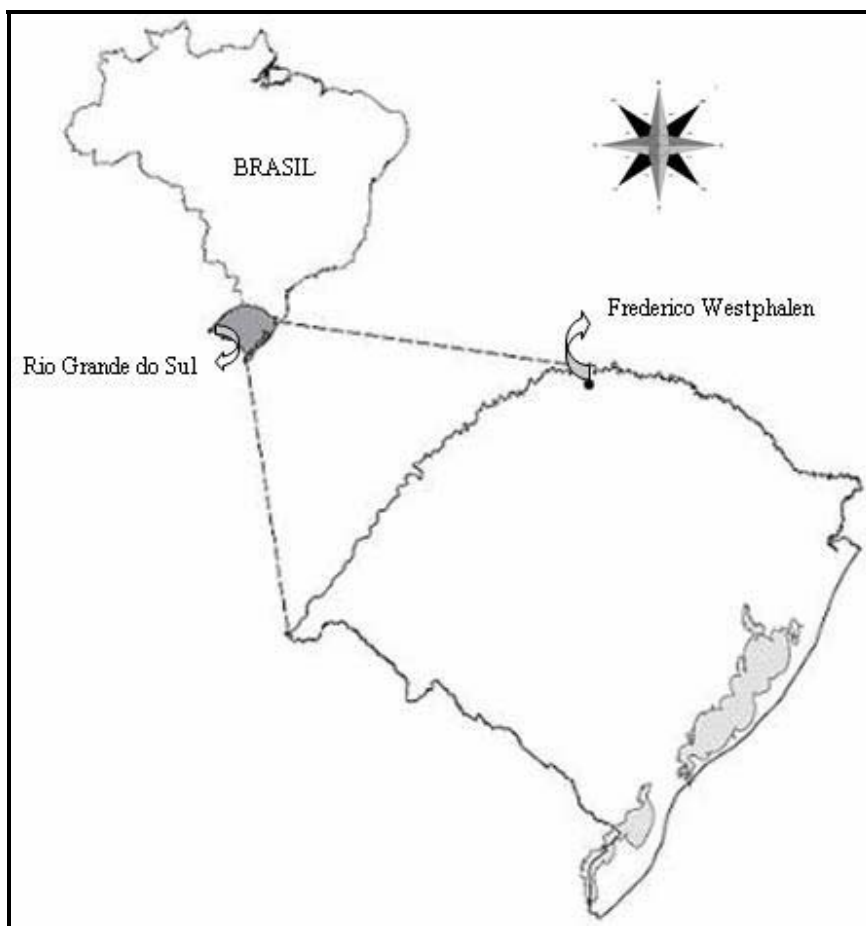
A Portaria Nº. 46 (BRASIL, 1998) institui o Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle – APPCC, a ser implantado, gradativamente, nas indústrias de produtos de origem animal, sob o regime do Serviço de Inspeção Federal (SIF), similarmente ao estabelecido na Portaria SVS/MS Nº. 326.

A Norma NBR ISO 22000, publicada pela ABNT em 2006, que estabelece requisitos para um sistema de gestão de segurança na cadeia de suprimento de alimentos, sendo uma tradução da Norma ISO 22.000:2005. A Norma contempla quatro elementos chave para a segurança dos alimentos: a comunicação interativa, a gestão de sistema, o programa de pré-requisitos e os princípios de Análise dos Perigos e Pontos Críticos.

## 4. ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Localização da empresa e caracterização da Bacia Hidrográfica

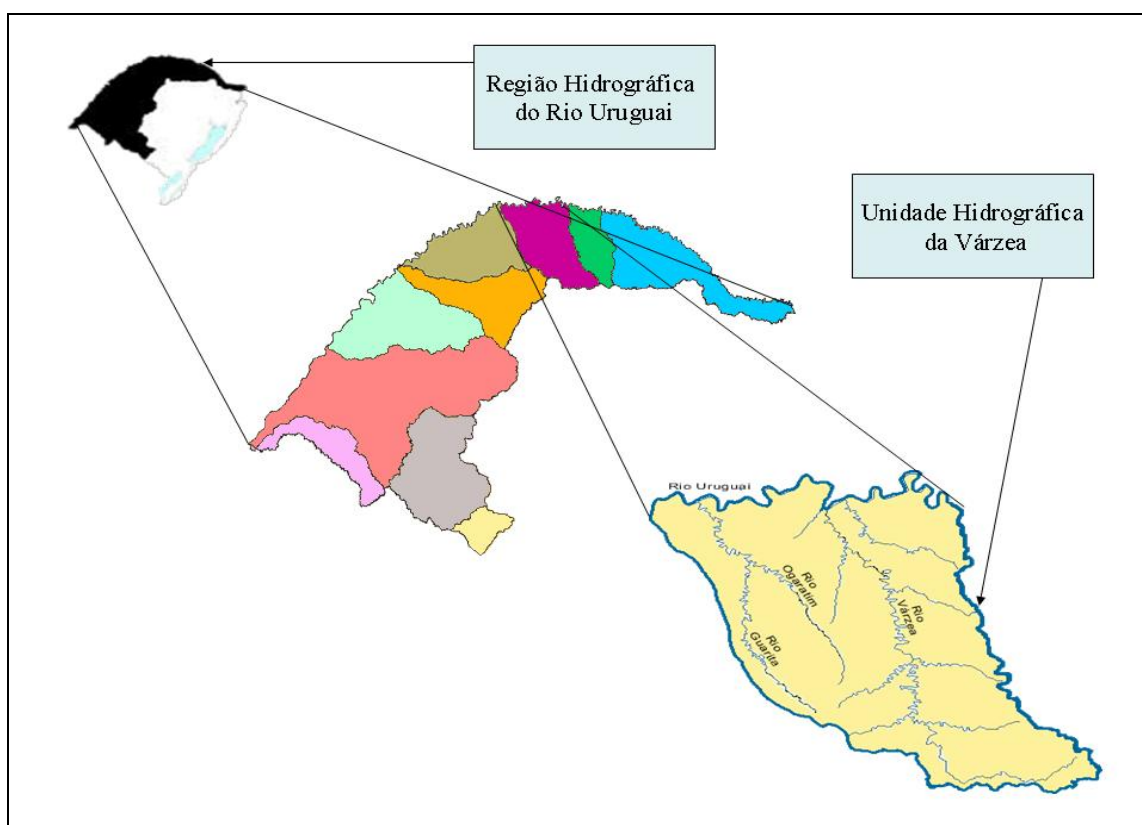
O Frigorífico Mabella Ltda. está localizado no município de Frederico Westphalen, na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, ao sul do Brasil (Latitude S 27°21'06.3" e Longitude W 53°23'42.2"), conforme pode ser visualizado na Figura 05. A empresa está localizada na zona urbana do município, na rua Dr. Tranquilo Damo, 259.



**Figura 05: Localização da indústria**

O município de Frederico Westphalen está situado na Região Hidrográfica do Uruguai, na Unidade Hidrográfica da Várzea, conforme pode ser observado na Figura 06.





**Figura 06. Região Hidrográfica do Rio Uruguai / Unidade Hidrográfica da Várzea**

Fonte: Adaptado de FEPAM (2007)

A Região Hidrográfica do Uruguai abrange uma área de 384.000 km<sup>2</sup> dos quais 176.000 km<sup>2</sup> situam-se em território nacional, compreendendo 46.000 km<sup>2</sup> no estado de Santa Catarina e 130.000 km<sup>2</sup> no estado do Rio Grande do Sul, onde abrange a porção norte, noroeste e oeste do Estado, correspondendo a 48% de sua área total. Apesar de sua pequena extensão territorial no Brasil, apresentando apenas 2% do território do país, as atividades agro-industriais e o potencial hidroelétrico colocam a Região Hidrográfica do Uruguai em lugar de destaque no cenário nacional (BRASIL, 2006).

Sua população total está estimada em 2.416.404 habitantes, o que equivale a 23,73% da população do estado do Rio Grande do Sul, distribuídos em 286 municípios, com uma densidade demográfica em torno de 19,02 habitantes/km<sup>2</sup> (SEMA/DRH, 2002).

De acordo com FEPAM (2007), essa Região está subdividida em dez unidades hidrográficas: Apuaê - Inhandava (U-10), Passo Fundo (U-20), Turvo - Santa Rosa - Santo

Cristo (U-30), Butuí - Piratinim - Icamaquã (U-40), Ibicuí (U-50), Quaraí (U-60), Santa Maria (U-70), Negro (U-80), Ijuí (U-90) e Várzea (U-100).

As principais atividades econômicas desenvolvidas estão relacionadas com a agricultura e a pecuária, notabilizando-se pelas culturas de arroz irrigado, nas bacias hidrográficas dos rios Butuí - Piratinim - Icamaquã, Santa Maria, Ibicuí e Quaraí e de soja e milho, nas bacias dos rios Ijuí, Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo, Passo Fundo, Várzea e Apuaê - Inhandava. Destaca-se, também, o uso dos recursos hídricos para a geração de energia nas unidades hidrográficas U-10, U-20, U-30, U-90 e U-100.

Como principais problemas ambientais da região citam-se:

- descarga de esgotos sem tratamento nos corpos hídricos;
- elevadas cargas de efluentes de dejetos de aves e suínos e de efluentes industriais sem tratamento;
- atividade agrícola sem utilização de práticas de conservação de solos;
- uso indiscriminado de agrotóxicos, principalmente devido à fumicultura e produção de milho e soja;
- graves processos erosivos, assoreamento dos mananciais hídricos e contaminação por agrotóxicos;
- perfuração de poços profundos, sem pesquisa, sem licenciamento e sem avaliação do potencial dos aquíferos;
- desmatamento intenso, principalmente ao longo dos cursos d'água (matas ciliares);
- significativa retirada de água para irrigação de arroz (conflito com outros usos de água);
- desequilíbrio natural pela drenagem das zonas úmidas;
- processo intenso de arenização (ravinamento, voçorocas, pecuária extensiva (pisoteamento) e compactação dos solos;
- disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, pois a maioria dos municípios não tem aterros sanitários;
- problemas relacionados com a mineração.

A Unidade Hidrográfica da Várzea (U-100) abrange 55 municípios, com uma área de drenagem de 9.324 km<sup>2</sup> e uma população de 328.057 habitantes. Seus principais formadores são os rios da Várzea e Guarita.

O Rio da Várzea nasce no município de Passo Fundo, desembocando no rio Uruguai próximo à cidade de Iraí, sendo um dos principais tributários da margem esquerda do rio Uruguai. Drena águas do Planalto do Rio Grande do Sul, típica região de produção agrícola (soja, trigo e milho), bem como de atividades de suinocultura e avicultura. Destacam-se, ainda, o potencial hidrelétrico desta bacia e as atividades de extração de pedras preciosas e semi-preciosas, como ágata e ametista, entre outras (SEMA/DRH, 2002).

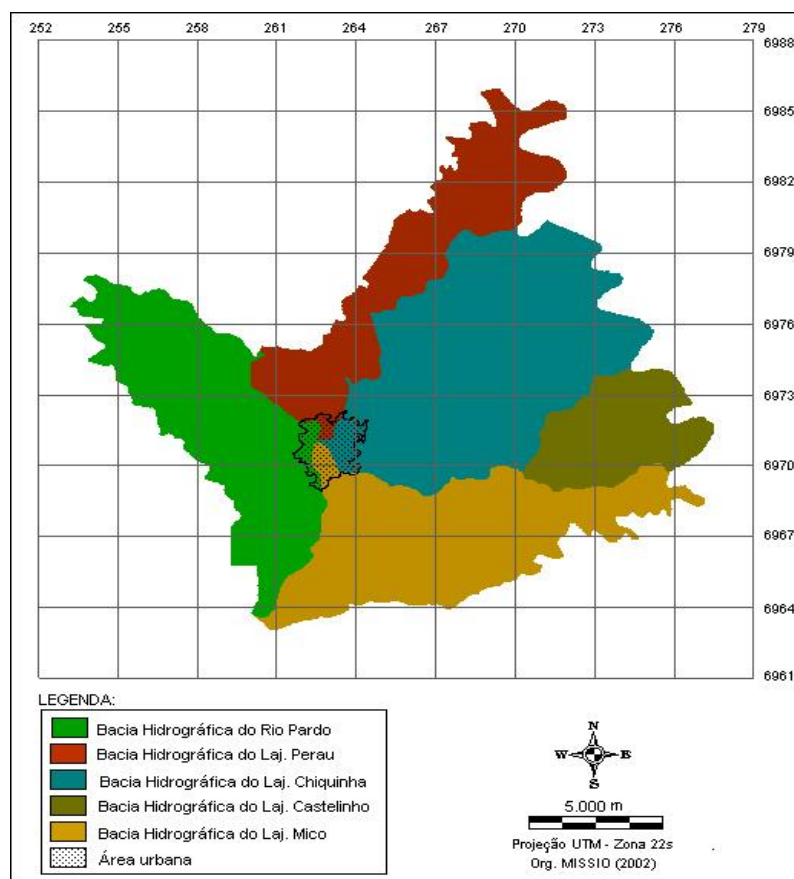
A precipitação média anual é elevada e bem distribuída ao longo do ano, geralmente entre 1.800 e 2.100 mm. As chuvas são suficientes para as necessidades ambientais de água durante todo o ano, não apresentando estação seca e um volume de 800 a 900 mm de água excedente, disponível para o escoamento superficial (MISSIO, 2003).

A qualidade da água em uma bacia hidrográfica é um indicativo da degradação ambiental da bacia, pois está relacionada ao nível de atividades humanas, uso do solo e da água e a fatores naturais, como clima, geologia e vegetação.

No Relatório Ambiental Simplificado para Licenciamento Prévio de PCH (COOGERVA, 2002) são apresentados os dados de qualidade da água, coletada no mês de dezembro de 2002, em dois pontos localizados no Rio da Várzea, a montante da cidade de Frederico Westphalen, P11 (Latitude 6.956.871 e Longitude 286.558) e P12 (Latitude 6.957.189 e Longitude 289.544). Os dados referentes aos parâmetros pH, OD, sulfatos, nitratos, nitritos, cromo total e níquel atendem aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA N° 357 (BRASIL, 2005a) para águas doces de classe 1. Os dados referentes aos parâmetros turbidez e DBO<sub>5</sub> atendem aos padrões estabelecidos para águas doces de classe 2 da citada Resolução e os valores obtidos para os parâmetros coliformes totais e coliformes fecais excedem os padrões estabelecidos para águas doces de classe 3.

O município de Frederico Westphalen tem uma área de 262 km<sup>2</sup> e uma população de 26.759 habitantes (SEMA/DRH, 2002). A partir dos divisores de água, foram delimitadas cinco bacias hidrográficas no município, que são: bacias hidrográficas dos Lajeados Mico (LMI), Castelinho (LCA), Perau (LPE), Chiquinha (LCH) e do Rio Pardo (RPA), representadas na Figura 07.

Os Lajeados Perau, Chiquinha, Mico e Castelinho drenam para o Rio da Várzea e os rios da Várzea e Pardo drenam para o rio Uruguai. A Bacia hidrográfica do Lajeado Perau, onde está localizada a empresa estudada, ocupa uma área de 4.255 m<sup>2</sup>, correspondendo a 16,24% da área do município. O Lajeado Perau tem 69.606 m de comprimento e densidade de drenagem de 16,36 m/ha (MISSIO, 2003), podendo ser visualizado na Figura 08, a jusante do ponto de lançamento dos efluentes da empresa estudada.



**Figura 07: Mapa das Bacias Hidrográficas do município de Frederico Westphalen - RS**

Fonte: MISSIO (2003)



**Figura 08: Lajeado Perau, a jusante do ponto de lançamento do Frigorífico Mabella**

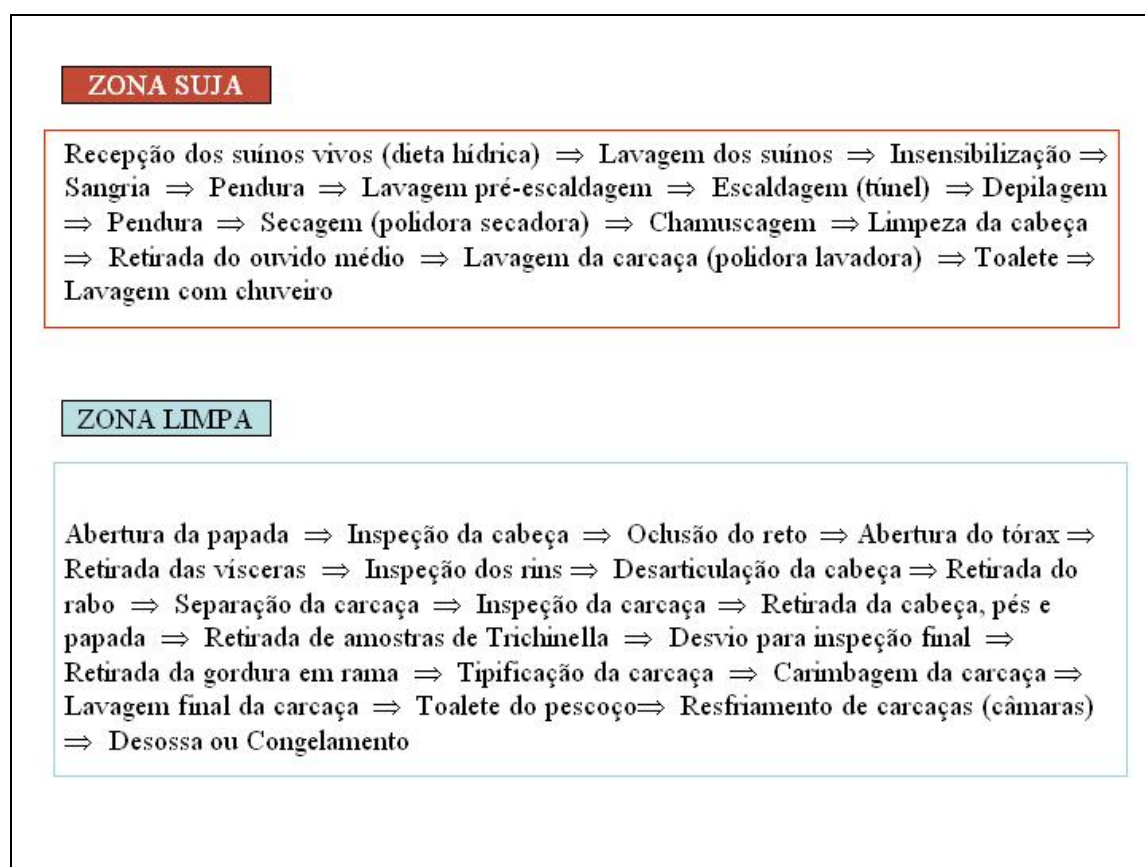
As atividades industriais, comerciais, de prestação de serviços, agropecuárias e os efluentes provenientes da área urbana são os principais elementos que representam riscos, e são responsáveis pela degradação ambiental do município de Frederico Westphalen, merecendo destaque um frigorífico onde são abatidos mais de 1.000 suínos por dia (MISSIO, 2003).

A água é um recurso natural disponível em grande quantidade e amplamente distribuído na superfície do município, que apresenta uma densidade de drenagem de, aproximadamente, 15 m/ha. Entretanto, quando se trata de água para consumo humano e animal, a qualidade é um fator limitante importante e a quantidade potencialmente disponível é pequena, sendo um reflexo claro do descaso com os programas de saneamento básico na área urbana, desrespeito às áreas de preservação permanente, desconsideração ao programa de avaliação de aptidão agrícola das terras e manejo inadequado do solo em áreas agrícolas. A melhoria da qualidade e quantidade de água é possível, desde que atrelada a uma política de desenvolvimento ambiental séria, que envolva todas as áreas do setor produtivo e inclua toda a população do município (MISSIO, 2003).

## 4.2 Descrição do processo produtivo

O Frigorífico Mabella Ltda. realiza o abate de suínos e a fabricação de embutidos e subprodutos (banha, torresmo, graxa industrial, sabão, farinha de carne e farinha de sangue), tendo uma capacidade de abate máxima diária de 1.400 suínos, em 2006.

O processo de abate segue o fluxograma apresentado na Figura 09 e é descrito a seguir.



**Figura 09: Fluxograma do processo de abate da empresa**

### 1. Recepção dos animais e descarga

Ao entrar no abatedouro, o caminhão é pesado e encaminhado à área de descarregamento. Após, os suínos são pesados em lotes de 10 a 12 animais, marcados com uma tatuagem, conforme o lote (produtor) e encaminhados para pocilgas de descanso, onde permanecem por, no máximo, 24 horas.

## **2. Primeira e segunda lavagens pré-abate**

Antes de serem encaminhados para o abate, os suínos recebem uma pré-lavagem, com água hiperclorada a 10 ppm, sob pressão, com o intuito de reduzir a carga bacteriana aderida no mesmo, reduzir o stress pré-abate e facilitar o processo de sangria pela vasoconstricção periférica e vasodilatação visceral. Após, os suínos são encaminhados para as pocilgas de abate, onde é realizada uma segunda lavagem, com água hiperclorada a 10 ppm.

## **3. Insensibilização**

Os suínos são insensibilizados para minimizar seu sofrimento e facilitar o processo de sangria. A insensibilização dos animais é feita automaticamente, por eletronarcose (choque de três pontas, onde são colocados dois eletrodos em contato com a região frontal e um em contato com a região das costelas do animal), a uma voltagem de 400 volts (destes 400 volts é feita uma descarga de 108 volts no suíno), com frequência de 850 Hz e uma amperagem de 0,6 a 0,8 A . O suíno não deve morrer nesta etapa e o tempo máximo entre a insensibilização e a sangria é de 6 segundos.

## **4. Sangria**

Após a insensibilização, os suínos são submetidos a uma sangria manual, com auxílio de facas esterilizadas e o corte é realizado na veia jugular do suíno. A temperatura mínima da água de esterilização das facas é de 83 °C. Após, o animal é suspenso no trilho, para proceder as demais operações de abate.

## **5. Lavagem pré-escaldagem**

O processo consiste na lavagem dos suínos com água clorada, antes de entrar no túnel de escaldagem, visando retirar o excesso de sangue remanescente.

## **6. Escaldagem em túnel**

Após a lavagem, o suíno entra em um túnel, onde recebe vapor e água através de aspersores, a uma temperatura entre 59 °C e 63 °C, permanecendo entre 5 e 8, minutos, conforme a velocidade do abate, visando facilitar a remoção das cerdas na próxima etapa.

## **7. Depilagem**

Após o túnel de escaldagem, o suíno passa pela depiladeira, onde as cerdas são removidas, mecanicamente, através de escovas rotativas. Em seguida, os animais são pendurados na nória para etapa posterior.

## **8. Secagem da carcaça (polidora secadora)**

O processo consiste na passagem do suíno em uma máquina dotada de fitas de borrachas, as quais giram constantemente realizando um polimento e secagem das carcaças. Este processo auxilia também na remoção dos pêlos que ficam grudados na carcaça.

## **9. Chamuscagem, toailete da máscara e retirada do ouvido médio**

Após a polidora secadora, o suíno passa pelo processo de chamuscamento, que é realizado por flambadores manuais, visando a retirada das cerdas remanescentes localizadas, principalmente, na região da papada e inguinal e uma desinfecção prévia. A toailete da máscara é realizado manualmente, com facas esterilizadas, a uma temperatura mínima de 83 °C, tendo como objetivo retirar as cerdas remanescentes e os resíduos que ficaram após a flambagem e, após retirar o ouvido médio.

## **10. Lavagem da carcaça (polidora lavadora)**

Esta etapa consiste na passagem da carcaça por uma máquina dotada de fitas de borracha que giram constantemente, com aspersão de água, cujo objetivo é fazer um polimento e lavagem das carcaças.

## **11. Toailete da carcaça e chuveiro de lavagem**

A toailete manual é realizada com facas esterilizadas, a uma temperatura mínima de 83 °C, objetivando a retirada de qualquer resíduo da carcaça e das cerdas remanescentes. Em seguida, a carcaça passa por um chuveiro para retirada de resíduos e após, é conduzida à zona limpa.

## **12. Separação da papada**



O processo consiste na abertura da papada para expor os gânglios linfáticos e músculos da cabeça, visando a realização da inspeção.

### **13. Inspeção da cabeça e papada**

Após a exposição da papada, é realizada a inspeção dos gânglios linfáticos e respectivos músculos. Caso ocorra alguma alteração, é feita indicação com uma placa de identificação, para posterior desvio da carcaça.

### **14. Oclusão do reto**

A oclusão do reto é realizada manualmente com uma pistola automática, a qual faz a exposição do reto e também a torção da alça intestinal, (pistola esterilizada com água a temperatura mínima de 83 °C) impedindo assim, a contaminação da carcaça pelo conteúdo fecal.

### **15. Abertura abdominal torácica**

A abertura abdominal torácica é feita através de uma incisão com faca esterilizada a uma temperatura mínima de 83 °C, com o objetivo de expor as vísceras para sua retirada. Nesta etapa deve-se ter muita atenção para que não ocorra o rompimento dos intestinos, evitando a contaminação da carcaça.

### **16. Retirada das vísceras**

Primeiramente são retiradas as vísceras brancas e depois as vermelhas, sendo utilizadas facas esterilizadas a uma temperatura mínima de 83 °C. Deve-se ter o cuidado para que não ocorra rompimento das mesmas, para evitar a contaminação da carcaça.

### **17. Retirada dos rins**

Nesta etapa são retirados os rins da carcaça e realizada uma pré-inspeção, após a qual é determinado o destino da carcaça.

### **18. Desarticulação da cabeça**

Após a retirada dos rins, é realizada a desarticulação manual da cabeça, com faca esterilizada a uma temperatura mínima de 83 °C, para facilitar a separação da carcaça em corte longitudinal na etapa posterior.

### **19. Separação longitudinal da carcaça**

Inicialmente é retirado o rabo. Após é realizada a separação manual da carcaça em duas meias carcaças (corte longitudinal), através de uma serra elétrica. Esta serra tem um processo de esterilização automático (a água que retira os resíduos da serra tem temperatura mínima de 83 °C).

### **20. Reinspeção da carcaça**

Nesta etapa, caso ocorra alguma anormalidade é feita indicação com uma placa de identificação, para posterior desvio da carcaça para inspeção final.

### **21. Retirada da cabeça, pés e papada**

A retirada da cabeça, pés e papada é realizada manualmente, com auxílio de faca esterilizada a 83 °C e cada parte é destinada aos setores específicos.

### **22. Retirada da gordura em rama**

A gordura em rama é retirada manualmente por tração e encaminhada para fabricação de banha ou congelamento.

### **23. Tipificação e Carimbagem**

Consiste de etapas de identificação e controle dos animais através de uma pistola automática e carimbagem das meias carcaças.

### **24. Lavagem das meias carcaças**

A lavagem é realizada por jatos de água oriundos de bicos aspersores e depois manualmente, com jatos de água pressurizada e hipercolorada a 10 ppm, visando reduzir a carga microbiana das mesmas.

## 25. Toailete do pescoço

A toailete do pescoço é realizada com faca esterilizada a uma temperatura mínima de 83 °C e visa a retirada da gordura em excesso.

## 26. Resfriamento das carcaças

As carcaças são enviadas para as câmaras de resfriamento, permanecendo nas mesmas no mínimo 12 horas, com o objetivo de reduzir sua temperatura de 40 °C na saída do abate para 6,5 °C no interior dos músculos profundos do quarto, visando inibir a proliferação de microorganismos e atingir a temperatura ideal para o transporte de carcaças refrigeradas ou para a desossa.

A produção de embutidos é realizada de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 02 e a produção de subprodutos segue o fluxograma da Figura 03.

A empresa participa dos seguintes Programas de Segurança Alimentar:

- SSA - Sistema de Segurança Alimentar
- BPF - Boas Práticas de Fabricação
- APPCC - Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
- PPHO - Procedimentos Padronizados de Higiene Ocupacional

Os Pontos Críticos de Controle (PCC), as medidas e parâmetros de controle são apresentados na Tabela 13.

**Tabela 13: Pontos Críticos de Controle (PCC) e procedimentos**

Pontos críticos de controle (PCCs)	Procedimentos	Padrão
Chuveiro de hipercloração na lavagem final das carcaças	Controle da hipercloração	10 ppm
Resfriamento de carcaças	Controle da temperatura de carcaças na reinspeção	Máximo 7 °C no músculo do pernil
Resfriamento de cortes	Controle de temperatura dos cortes na expedição	4 °C
Congelamento de cortes	Controle da temperatura dos cortes na expedição	Exportação: 18 °C Mercado interno: 12 °C

Fonte: Frigorífico Mabella Ltda.

### 4.3 Sistema de tratamento de efluentes líquidos da empresa

Na Figura 10 é apresentado o fluxograma do sistema de tratamento de efluentes líquidos (ETE) em operação na empresa, onde pode ser observado que o efluente bruto do frigorífico é encaminhado a uma peneira, seguindo após para um flotador, que opera com injeção de microbolhas de ar. A seguir, é encaminhado, por gravidade, a um tanque de homogeneização, onde é mantido sob constante agitação por misturadores submersos. Após, o efluente é bombeado para o reator anaeróbio e, na seqüência a um decantador e para cinco lagoas de estabilização em série. O sistema de tratamento descrito visa o atendimento das exigências da Resolução Nº. 128/2006 (SEMA, 2006a), para lançamento em águas superficiais.

A planta de localização da ETE é apresentada na Figura 11.

Com a implementação do procedimento do reúso da água na empresa, o processo de tratamento descrito foi complementado, através do bombeamento do efluente da lagoa 5 para uma lagoa de acumulação, sendo, a seguir, encaminhado para a antiga estação de tratamento de água da empresa, onde o efluente recebe adição de coagulante, floculante e cloro e é encaminhado para dois decantadores que operam em paralelo. Finalmente, o efluente passa por três filtros de areia, que também operam em paralelo, e é armazenado em três reservatórios, de onde é encaminhado novamente ao frigorífico.

As lagoas do sistema de tratamento recebem o aporte da água da chuva proveniente das áreas adjacentes, conforme mostra a Figura 12. Existem na área da empresa três lagoas de captação de água da chuva (LCAC), duas das quais são mostradas na Figura 13 e cuja localização pode ser visualizada na Figura 11.

Os efluentes das pocilgas e da lavagem de caminhões são coletados em canalização independente dos demais efluentes e conduzidos a uma peneira e após a uma esterqueira, sendo finalmente bombeados ao flotador, onde seguem o fluxo dos demais efluentes, conforme pode ser observado na Figura 10.

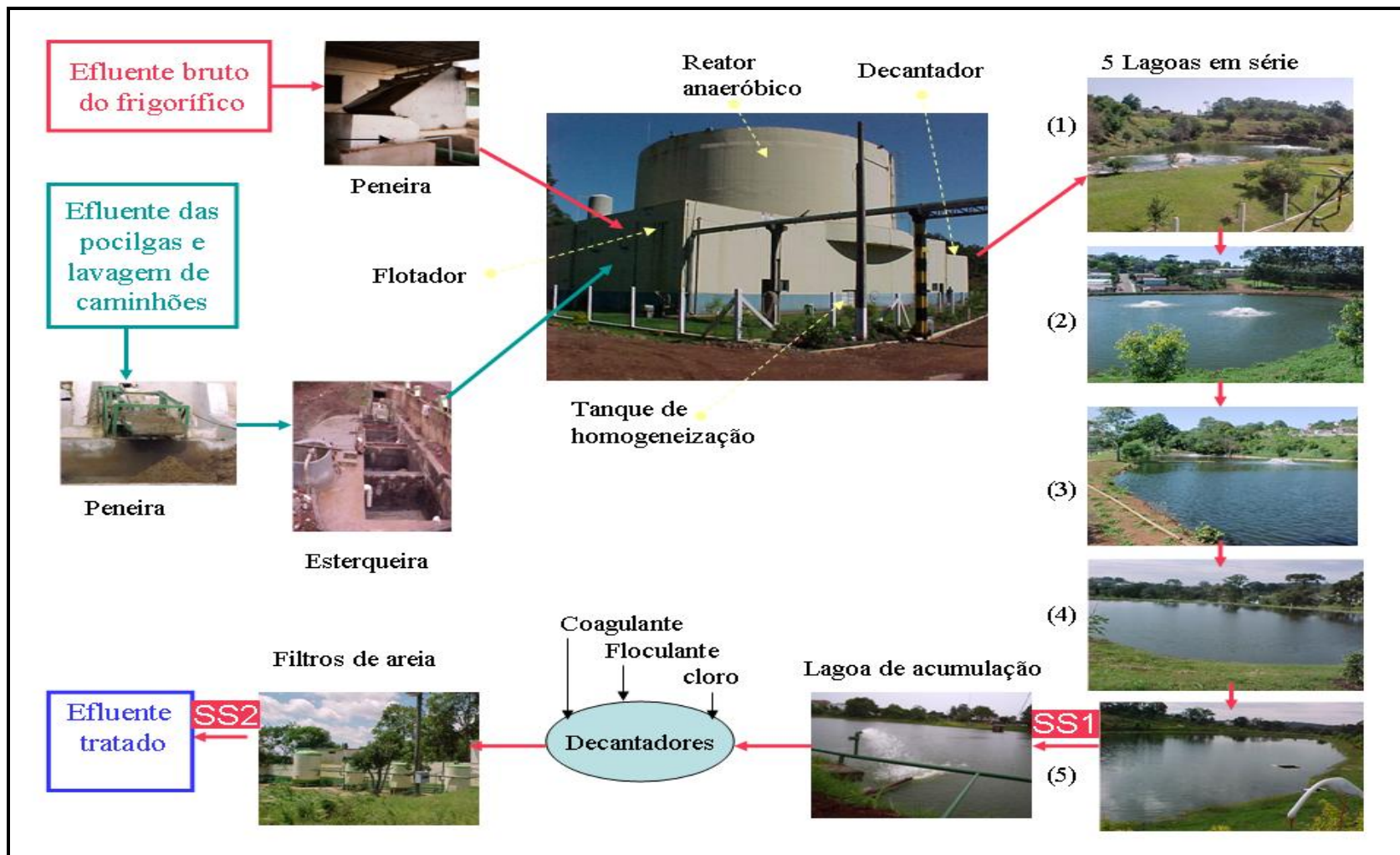
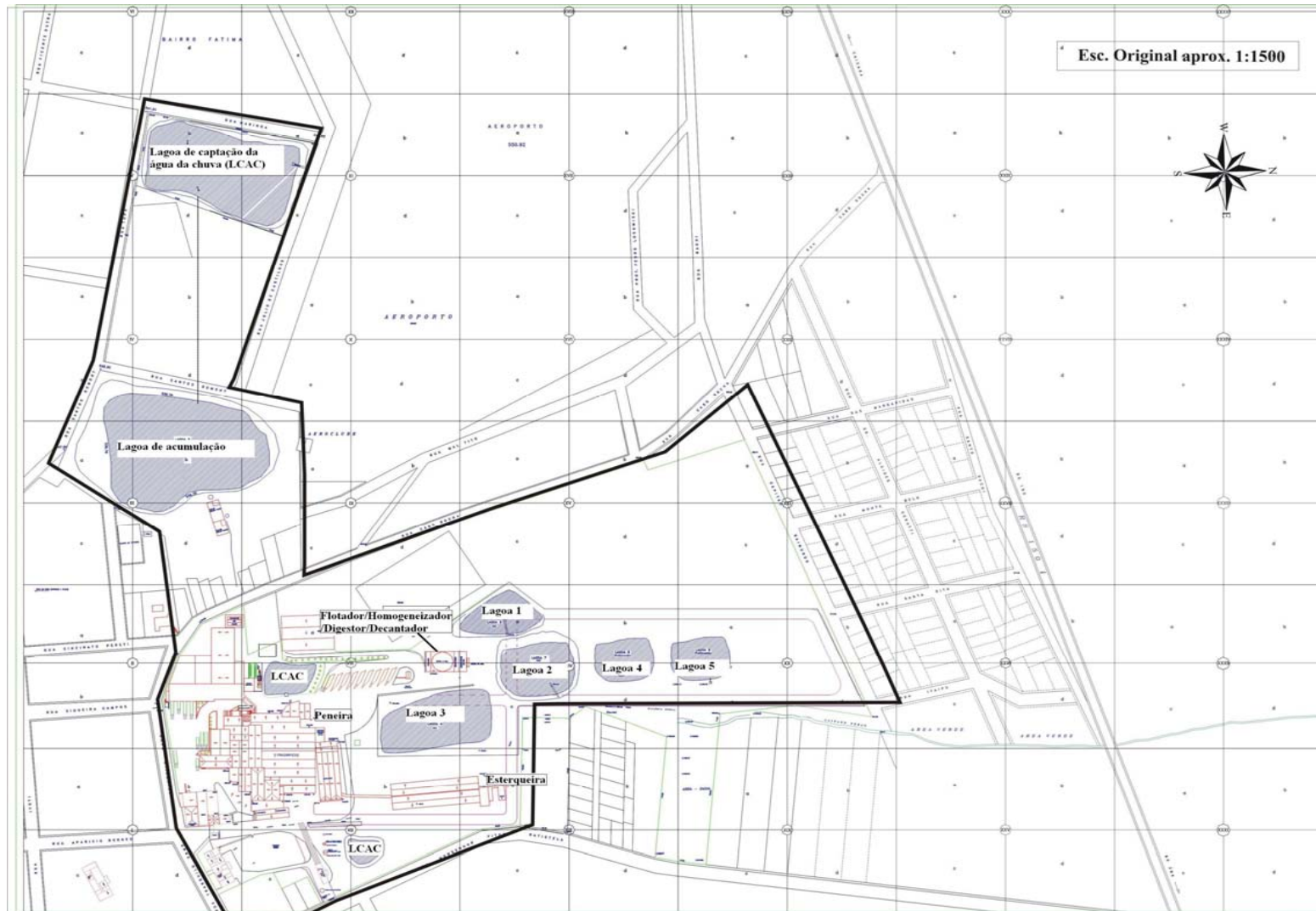


Figura 10: Fluxograma do sistema de tratamento do frigorífico estudado



**Figura 11: Planta de localização do sistema de tratamento de efluentes líquidos**



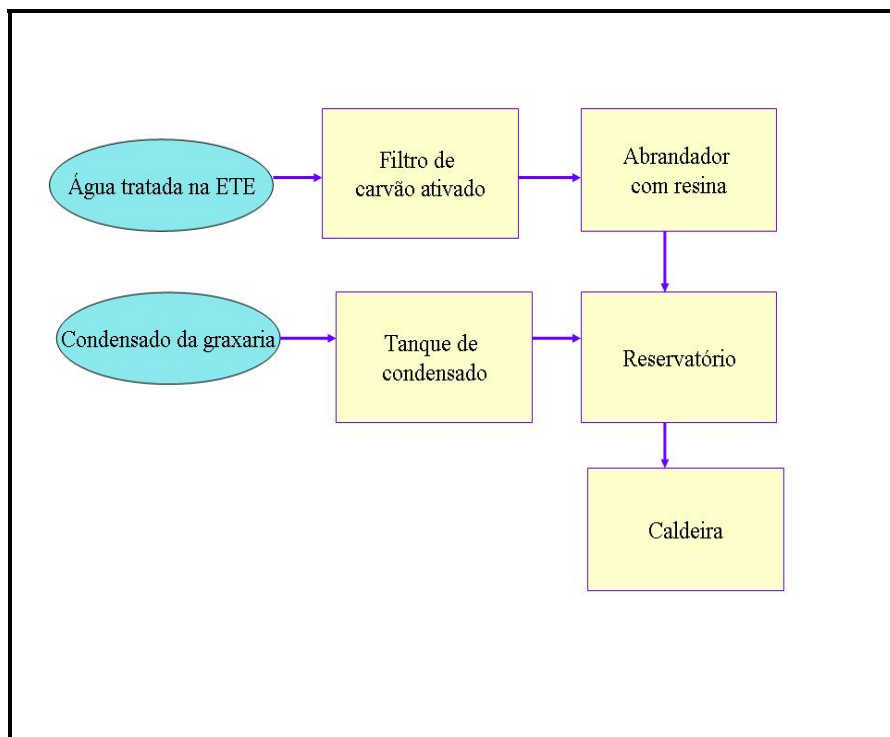


**Figura 12: Aporte de água da chuva às lagoas**



**Figura 13: Lagoas de acumulação de água da chuva**

O fluxograma do processo de tratamento da água utilizada na caldeira é apresentado na Figura 14, salientando-se que o condensado oriundo da graxaria é utilizado na caldeira.



**Figura 14: Fluxograma do tratamento da água utilizada na caldeira**



## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Metodologia

A abordagem metodológica baseou-se, principalmente, em UNEP (2000), MIERZWA (2002), USEPA (2002) e ENVIRONMENT AGENCY (2005), objetivando a avaliação do processo industrial e do sistema de tratamento de efluentes líquidos da empresa, com vistas à proposição de medidas de otimização do consumo de água e a avaliação do reúso do efluente líquido tratado no processo, considerando suas características físicas, químicas e biológicas e as exigências legais pertinentes às indústrias alimentares, na busca da sustentabilidade socioambiental da empresa.

Com base nos dados do “Questionário para levantamento de informações”, apresentado no Anexo 2 e no conhecimento prévio do fluxograma do processo produtivo, apresentado na Figura 09, foi medido o consumo de água em cada etapa do processo, através de leituras em hidrômetros, nos setores onde estavam disponíveis, ou através do preenchimento de um recipiente de volume conhecido. Após, foi elaborado o balanço hídrico, mostrado na Figura 17, que permitiu visualizar os pontos de maior consumo, onde existem índices superiores aos indicadores bibliográficos e, conseqüentemente, maior potencial para implantação de medidas de minimização do consumo.

Com os resultados obtidos, um indicador de consumo da empresa foi determinado e comparado com os indicadores apresentados nas Tabelas 05 e 06, com uso da melhor tecnologia disponível (BAT).

Com os resultados obtidos para cada etapa do processo foi possível encontrar um índice de consumo em L/ suíno por processo e estes valores foram comparados com os indicadores de consumo apresentados na Tabela 07, que correspondem ao uso de técnicas de P+L e BAT.

Após, os principais pontos de desperdício foram identificados e apresentadas sugestões de tecnologias de produção mais limpa para a otimização do uso da água.

Para demonstrar como as melhorias no processo podem resultar em otimização do uso da água, uma técnica de conservação da água foi utilizada, com a realização de um estudo nas pocilgas de espera.

O frigorífico tem 18 pocilgas de espera e cada uma tem um reservatório de água para dessedentação de suínos, com capacidade de 340 L, o qual é esvaziado após a retirada dos animais. O estudo realizado avaliou a quantidade de água usada na limpeza, bem como a qualidade do efluente gerado neste processo, analisando a DQO (APHA, 2005), pois este efluente tem uma elevada carga orgânica. O primeiro passo foi medir toda a água utilizada no processo e coletar duas amostras, onde a DQO foi analisada. Após, outro procedimento de limpeza das pocilgas foi testado: primeiramente, o esterco e outras impurezas foram removidas da pocilga e, somente após, foi lavada. A água usada foi medida novamente, bem como a DQO em duas amostras coletadas. A redução do consumo de água e a carga de DQO foram calculadas e extrapoladas para o número total de pocilgas.

Para avaliar a eficiência de etapas do sistema de tratamento com relação à remoção de sais, foram realizadas coletas para determinação dos parâmetros condutividade e SDT nos seguintes pontos da ETE, visualizados na Figura 10: antes da peneira (efluente bruto), após o flutador, após o homogeneizador, após o reator anaeróbio, após a lagoa 1, após a lagoa 2, após a lagoa 3, após a lagoa 4, após a lagoa 5, após os decantadores e após os filtros de areia.

A fim de avaliar a eficiência do sistema de tratamento de efluentes (ETE) e a qualidade da água reusada no processo da empresa, dois pontos foram escolhidos e três campanhas de amostragem simples foram realizadas nas seguintes datas: 09 de fevereiro de 2006, 13 de julho de 2006 e 12 de abril de 2007.

Os pontos de amostragem SS1 (após a lagoa 5) e SS2 (após os filtros de areia) podem ser visualizados na Figura 10. As amostras SS1 foram avaliadas de acordo com a Resolução N° 128/2006 (SEMA, 2006a) e as amostras SS2, de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos para água de alimentação de caldeiras, água de reposição em torres de resfriamento e com os padrões de potabilidade (BRASIL, 2004) requeridos para o processo produtivo.

Todos os procedimentos de amostragem, preservação de amostras e análises foram realizadas pelo corpo técnico da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler e atenderam os procedimentos estabelecidos no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

Os seguintes parâmetros representativos de efluentes de processamento de carnes e com significância para procedimentos de reúso de água foram analisados: pH, temperatura, matéria orgânica (DBO<sub>5</sub> e DQO), cloretos, sulfato, nitrato, nitrito, N amoniacal, N orgânico, NTK, fósforo total, dureza, SDT, condutividade elétrica, sólidos sedimentáveis, SST, turbidez, ferro, manganês e *E. coli*.

O trabalho de campo contou com a participação de funcionários da empresa dos setores responsáveis pela manutenção e pelo sistema de tratamento de efluentes.

A partir destes estudos foram calculadas as cargas poluidoras orgânicas geradas pela empresa e a redução do impacto ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea, através de um balanço de massa.

### **5.1.1 Parâmetros físicos, químicos e biológicos: metodologia de análise**

As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos atenderam a edição mais recente da publicação *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) e se encontram listadas na Tabela 14, bem como os limites de detecção dos métodos utilizados.

**Tabela 14: Metodologia analítica**

<b>Parâmetro</b>	<b>Metodologia Analítica</b>	<b>Limites de detecção</b>
pH	Potenciometria	0 - 14
DBO <sub>5</sub>	Método de Winkler da diluição e incubação por 5 dias a 20°C	1 mg/L DBO
DQO	Refluxo aberto com dicromato de potássio	5 mg/L DQO
Cloreto	Volumetria com nitrato de mercúrio	0,5 mg/L Cl
Sulfato	Turbidimetria	5 mg/L SO <sub>4</sub>
Nitrato	Absorciometria com ácido fenoldissulfônico	0,01 mg/L NO <sub>3</sub> -N
Nitrito	Colorimétrico - Sulfanilamida	0,01 mg/L NO <sub>2</sub> -N
N amoniacal	Espectrofotometria com Destilação e Nesslerização	0,02 mg/L NH <sub>4</sub> -N
N orgânico	Espectrofotometria com Digestão, Destilação e	Nesslerização até 0,5 Titulação > 5
NTK	Espectrofotometria com Digestão, Destilação e	Nesslerização até 0,5 Titulação > 5
Fósforo total	Absorciometria com redução do ácido ascórbico	0,01 mg/L PO <sub>4</sub> -P
Dureza	Complexometria com EDTA	0 mg/L CaCO <sub>3</sub>
SDT	Gravimétrico	10 mg/L
Condutividade elétrica	Condutometria	0,2 µS/cm a 25°C
Sólidos sedimentáveis	Cone Imhoff	> 0,1 mL/L
SST	Gravimetria	10 mg/L
Turbidez	Nefelometria	0,16 NTU
Ferro	Espectrofotometria de absorção atômica	0,009 mg/L
Manganês	Espectrofotometria de absorção atômica	0,004 mg/L
<i>E. coli</i>	Substrato cromogênico	2 NMP/100 mL
	Tubos múltiplos	2 NMP/100 mL

### 5.1.2. Visitas técnicas para levantamento de dados

O trabalho foi realizado no período compreendido entre junho de 2003 e abril de 2007, tendo sido realizadas visitas técnicas na empresa, aplicado um questionário para levantamento de dados, realizadas medições do consumo de água e de efluentes líquidos gerados, bem como coletas e análises destes efluentes e implementados procedimentos técnicos para otimização do processo produtivo e do sistema de tratamento de efluentes.

Em 04 de junho de 2003 foi realizada uma visita técnica na empresa, ocasião em que foi manifestado o interesse da Direção para realização do trabalho, tendo sido obtidas informações sobre a capacidade produtiva da empresa e verificadas as etapas do sistema de tratamento de efluentes líquidos em operação. Na ocasião, já estava sendo realizado o reúso do efluente líquido tratado no processo produtivo.

Em 19 de novembro de 2003 foi realizada a segunda visita na empresa, onde foi constatada a ampliação do sistema de tratamento de efluentes líquidos através da implantação de mais duas lagoas de estabilização.

Nos dias 27 e 28 de abril de 2004 foi realizada outra visita técnica, procedida coleta do efluente líquido tratado e propostas medidas de otimização no sistema de tratamento de efluente líquidos. Também foi avaliada a eficiência de algumas etapas do sistema de tratamento, através de análises físicas, químicas e biológicas.

Nos dias 26 e 27 e agosto de 2004 foi realizada visita técnica na empresa, tendo sido constatado o cumprimento parcial das medidas de otimização propostas em abril de 2004.

Nos dias 28 e 29 de junho de 2005 foi realizada visita técnica na empresa, constatando-se o cumprimento total das medidas de otimização do sistema de tratamento de efluente líquidos propostas em abril de 2004. Foi realizado um acompanhamento do processo produtivo, observando-se que cada setor da empresa apresentava especificidades e que deveria ser realizado um levantamento detalhado em cada um. Para tanto, foi elaborado um questionário, denominado **“Questionário para levantamento de informações”**, constante do Anexo 2, objetivando levantar dados de consumo de água, período de operação e procedimentos operacionais de cada setor do processo produtivo.

O **“Questionário para levantamento de informações”** foi aplicado na visita técnica realizada nos dias 19, 20 e 21 de julho de 2005. O consumo de água foi medido em cada etapa do processo. A empresa operava com procedimentos rotineiros e um abate de 1.150 suínos/dia, em um período de trabalho de 7 horas/dia.

Nos dias 05 e 06 de dezembro de 2005 foi realizada visita técnica na empresa, ocasião em que foram realizadas outras medições de consumo de água, pois muitos setores haviam sido omitidos no questionário aplicado em julho. Foram identificados sete principais setores de consumo de água, que são: processo de abate, higienização, torres de resfriamento, caldeira, sanitários, lavagem de mãos e botas, lavagem de pocilgas e lavagem de caminhões. Foi realizada a medição da vazão do efluente líquido gerado e quantificados os fluxos conduzidos às diversas etapas do processo industrial.

Em 09 de fevereiro de 2006 e 12 de julho de 2006 foram realizadas novas determinações de condutividade, SDT e pH em diversos pontos da ETE e coletadas amostras dos efluentes tratados nos pontos SS1 e SS2.

Em 12 de abril de 2007 foi realizada a última coleta dos efluentes tratados nos pontos SS1 e SS2.

### **5.1.3 Levantamento da legislação sanitária**

Considerando o reúso do efluente tratado no frigorífico estudado e face às exigências de controle sanitário na área de alimentos, visando à proteção da saúde da população, foi realizado um levantamento da legislação higiênico-sanitária pertinente.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados será dividida em três partes. Inicialmente será apresentado o estudo e avaliação do consumo de água na empresa e as medidas de otimização propostas para o processo industrial. Após, serão avaliadas as características do efluente tratado, considerando o reúso da água realizado na empresa. Finalmente, será avaliada a redução da carga poluidora lançada na Bacia Hidrográfica do rio da Várzea, decorrente da implantação das medidas propostas, na busca da sustentabilidade socioambiental da empresa. Os resultados parciais do estudo estão no Artigo Técnico, que consta do Anexo 1.

### 6.1. Estudo e avaliação do consumo de água no processo industrial

O consumo total de água no frigorífico é apresentado na Tabela 15. Salienta-se que os consumos relativos à elaboração dos produtos de carne e subprodutos na graxaria foram computados na água utilizada para limpeza, higienização e caldeira.

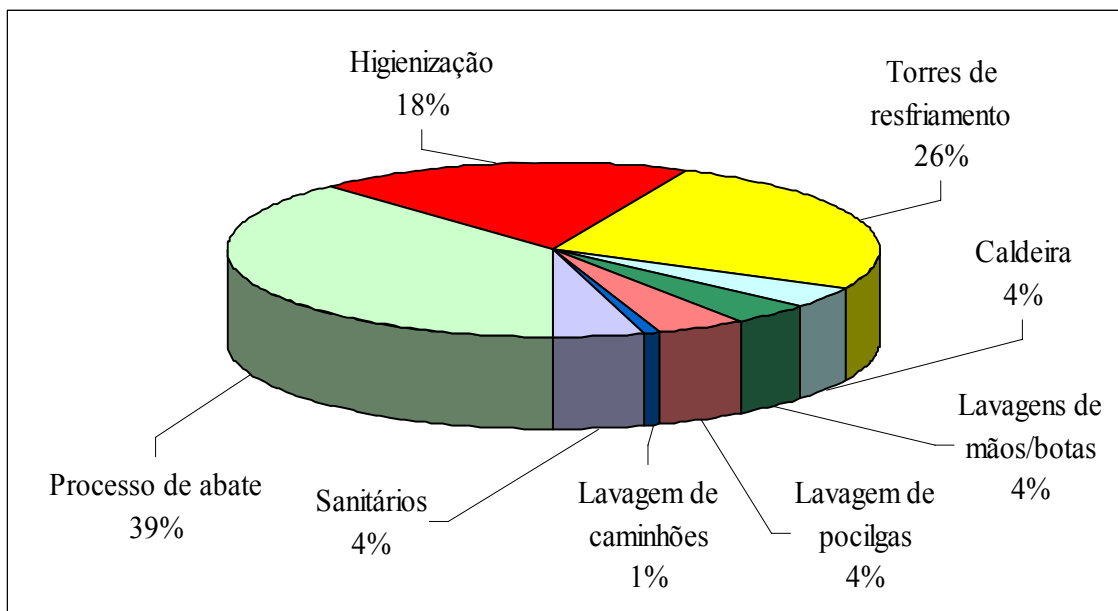
**Tabela 15: Consumo de água no frigorífico, em 05.12.2005**

Setores	Consumo de água (m <sup>3</sup> /dia)
Processo de abate	341
Limpeza e higienização	165
Torres de resfriamento	229
Caldeira	37**
Sanitários	39
Lavagem de mãos e botas	34
Lavagem das pocilgas e dessedentação de suínos	39
Lavagem de caminhos	9*
<b>Total</b>	<b>893</b>

\*água recirculada da lagoa 3; \*\* 10 m<sup>3</sup>/dia são provenientes do condensado da graxaria

A Figura 15 mostra a distribuição percentual do consumo de água no frigorífico, observando-se que o processo de abate é responsável pelo maior volume consumido (39%), seguido pelas torres de resfriamento (26%) e pelas atividade de limpeza e higienização (18%). O consumo remanescente obedece ao seguinte percentual: caldeira (4%), lavagem de mãos e botas (4%), lavagem das pocilgas e dessedentação de suínos (4%), lavagem de

caminhões (1%) e sanitários (4%). O consumo de água no frigorífico em estudo é de 893 m<sup>3</sup> por dia, para um abate diário de 1.150 suínos.



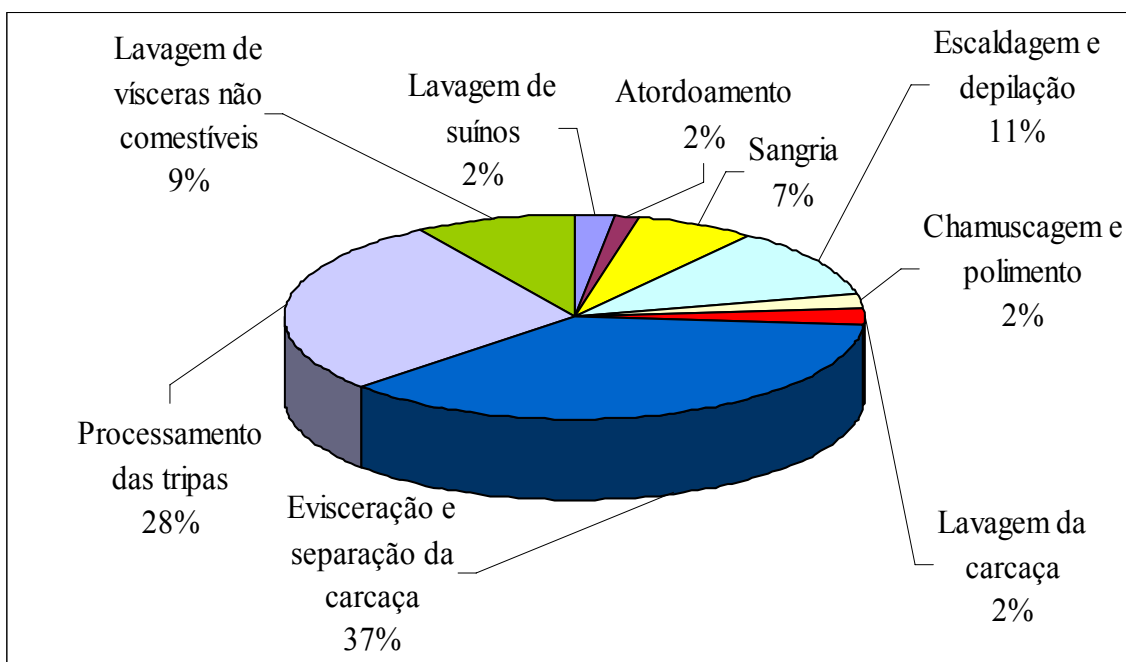
**Figura 15: Distribuição percentual do consumo de água no frigorífico, em 05.12.2005**

Na Tabela 16 é apresentado o consumo de água nas operações do processo de abate e a Figura 16 mostra sua distribuição percentual, concluindo-se que as etapas de evisceração e separação da carcaça são responsáveis pelo maior consumo de água (37%), seguido pelo processamento das tripas (28%). O consumo remanescente obedece ao seguinte percentual: escaldagem e depilação (11%), lavagem de vísceras não comestíveis (9%), sangria (7%), lavagem de suínos no pré-abate (2%), atordoamento (2%), chamuscagem e polimento (2%) e lavagem da carcaça (2%).

**Tabela 16: Consumo de água no processo de abate, em 05.12.2005**

Etapas do processo de abate	Consumo de água (m <sup>3</sup> /dia)
Lavagem de suínos (pré- abate)	7
Atordoamento	5
Sangria	23
Escaldagem e depilação	38
Chamuscagem e polimento	8
Lavagem da carcaça	8
Evisceração e separação da carcaça	126
Processamento das tripas	96
Lavagem de vísceras não comestíveis	30
<b>Total</b>	<b>341</b>





**Figura 16: Distribuição percentual do consumo de água no processo de abate, em 05.12.2005**

O balanço hídrico do frigorífico, contemplando o reúso da água na empresa, é apresentado na Figura 17, onde as linhas vermelhas representam os efluentes, as linhas azuis a água tratada, observando-se que a água da chuva captada corresponde a uma precipitação média mensal de 150 mm na região.

Na Tabela 17 são apresentados dados relativos ao consumo de água no frigorífico estudado. Comparando os percentuais de consumo com os percentuais apresentados na Tabela 07, pode-se observar que todos os processos apresentam resultados inferiores ou entre os limites esperados, com a exceção do consumo de água nas torres de resfriamento. O uso de 26% de água neste processo demonstra um consumo excessivo, comprometendo a análise percentual.

Assim, a análise do consumo de água foi avaliada em L/suíno, para os dados constantes nas Tabelas 07 e 17, utilizando-se os menores indicadores da Tabela 07.

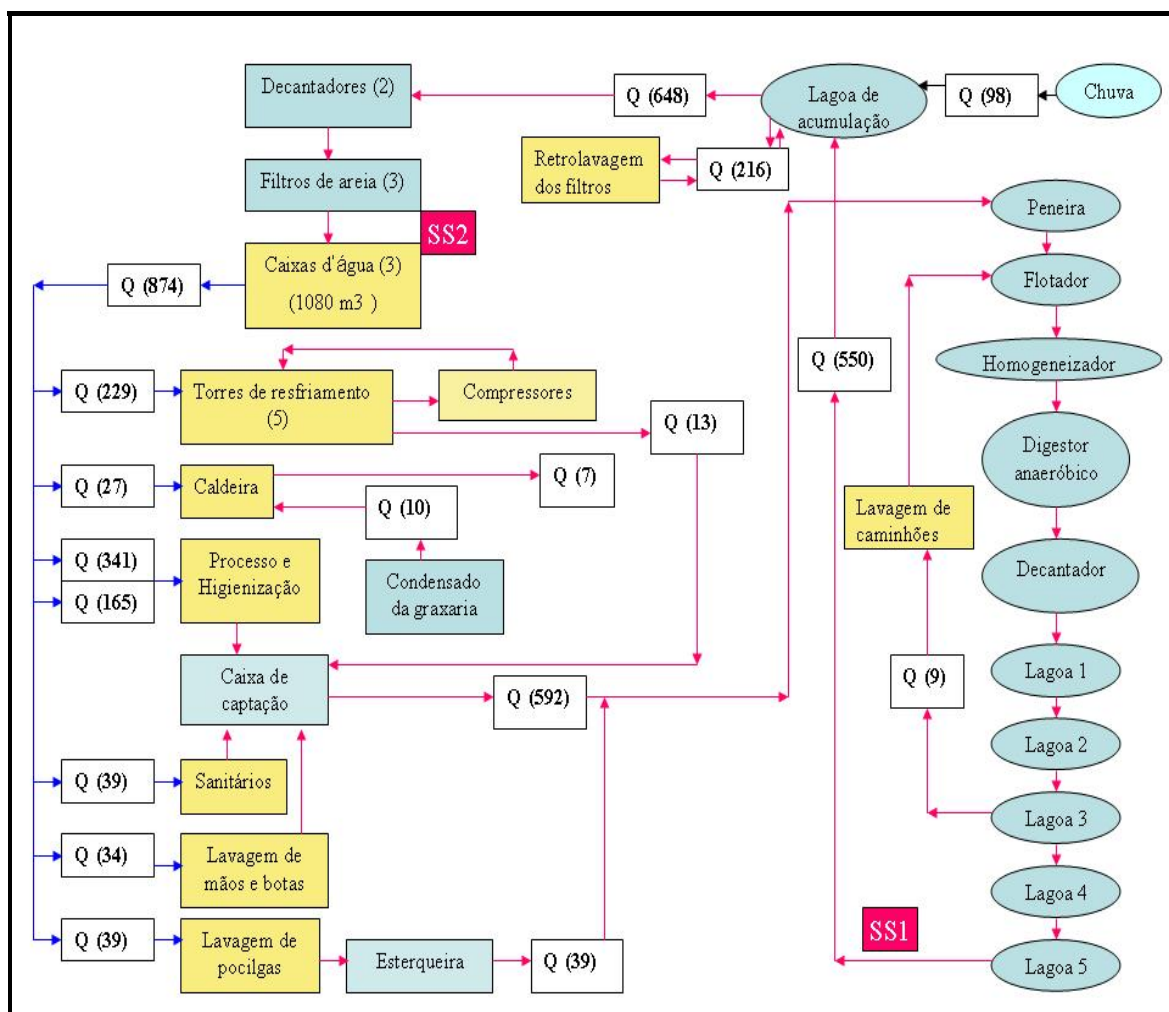


Figura 17: Balanço hídrico do frigorífico, exemplificado pelas medições de Q ( $m^3/dia$ ), em 05.12.2005

Tabela 17: Consumo de água no frigorífico estudado (L/suíno; % do consumo total)

Processos	Consumo de água	
	(L/suíno)	(%)
1.Limpeza, higienização e lavagem de mãos e botas	173	22
2.Lavagem de caminhões	7,8	1
3.Lavagem de pocilgas e dessedentação de suínos	34	4
4.Torres de resfriamento	-	26
5.Sanitários	-	4

Salienta-se que para os processos de lavagem de caminhões, lavagem de pocilgas e dessedentação de suínos, a comparação foi feita pelo índice apresentado pela UNEP (UNEP, 2000) que engloba os dois processos. Conclui-se que se tecnologias de produção mais limpa (P + L) e melhores práticas ambientais forem empregadas na empresa, será possível reduzir o consumo de água, de acordo com os seguintes percentuais: nos processos de limpeza e sanitização (81%), na lavagem de pocilgas, dessedentação de suínos e lavagem de caminhões (64%).

Na Tabela 18 são apresentados dados relativos ao consumo de água nas etapas do processo de abate do frigorífico estudado. A distribuição do consumo, se comparada com os dados da Tabela 07, revela que o elevado percentual de água usado nas torres de resfriamento, compromete a análise percentual. Assim, para as etapas do processo de abate, a análise do consumo de água também será avaliada em L por suíno, para os dados constantes nas Tabelas 07 e 18, utilizando os menores indicadores da Tabela 07.

**Tabela 18: Consumo de água nas etapas do processo de abate no frigorífico estudado (L.suíno<sup>-1</sup>; % do consumo total)**

Etapas do processo de abate	Consumo de água no frigorífico		
	(L.suíno <sup>-1</sup> )	(% do consumo total)	
1. Atordoamento	4,5	0,6	
2. Sangria	20	2,6	
3. Tratamento da pele	<i>i.</i> Escaldagem e depilação	33	4,3
	<i>ii.</i> Chamuscagem e polimento	7	0,9
	<i>iii.</i> Lavagem da carcaça	7	0,9
4. Evisceração e divisão	110	14,5	
5. Processamento das tripas	83	11	
6. Lavagem de vísceras não comestíveis	26	3,4	

Salienta-se que para as etapas de atordoamento e sangria, a comparação foi feita pelo índice apresentado pela UNEP (UNEP, 2000) que engloba os dois processos, mas deve ser enfatizado que a etapa de sangria é a que consome maior volume de água (20 L/suíno). Para as etapas de escaldagem e depilação, chamuscagem e polimento e lavagem da carcaça, a

comparação foi feita pelo índice apresentado em um modelo teórico (STOOP, 1999) para a soma dos três, devido a sua significância.

Se tecnologias de produção mais limpa (P + L) e melhores práticas ambientais forem aplicadas para as principais etapas do processo de abate, é possível reduzir o consumo de água, de acordo com os seguintes percentuais: nas etapas de atordoamento e sangria (79%), na evisceração e divisão (55%), e no processamento das tripas (47%).

Se considerarmos o consumo total de água na etapa de tratamento da pele, o consumo é inferior ao índice obtido com o uso de tecnologias de produção mais limpa, mas se nos fixarmos somente nos processos de escaldagem e depilação, é possível obter um percentual de redução de 31% no consumo de água. Não foram encontrados dados para avaliar o consumo de água na lavagem de vísceras não comestíveis.

O consumo total de água na empresa é de 776 L por suíno. Se compararmos este valor com os dados apresentados na Tabela 06, pode-se concluir que o mesmo é compatível com o indicador de consumo de grandes abatedouros de suínos na Dinamarca, que utilizam média tecnologia em seu processo produtivo e pouca tecnologia de produção mais limpa. Também se verifica que está bastante distante do indicador para abatedouros que utilizam a melhor tecnologia disponível, que é de 300 L/suíno (UNEP, 2000).

Com a implantação das medidas de otimização propostas para o processo industrial, apresentadas no item 6.2 para as etapas do processo avaliadas, os percentuais de redução calculados anteriormente serão atingidos e o consumo de água na empresa pode ser reduzido para 480 L/suíno. Este valor está bem mais próximo daquele apresentado na Tabela 06, para dados da Dinamarca, mesmo considerando que todas as etapas do processo produtivo não foram avaliadas com vistas a redução do consumo. A otimização na operação das torres de resfriamento é uma das medidas fundamentais para a aproximação aos indicadores de consumo da Dinamarca.

A empresa já está utilizando alguns procedimentos para minimizar o uso da água, que são:

- a água utilizada para limpeza de caminhões é reciclada a partir da terceira lagoa de estabilização do sistema de tratamento de efluentes;
- o condensado da graxaria é reaproveitado na caldeira;
- equipamentos de controle automático da vazão de água nos pontos de lavagem de mãos e botas.

## 6.2. Medidas de otimização propostas para o processo industrial

Das técnicas para prevenção da poluição em matadouros apresentadas no item 3.2.1 por INTEC (1998), UNEP (2000), USEPA (2002), e ENVIRONMENT AGENCY (2005) e, considerando as observações das visitas técnicas realizadas na empresa e os percentuais de redução de consumo apresentados no item 6.1, as recomendações para otimização do processo do frigorífico estudado foram divididas em medidas gerais e específicas, para as diversas etapas do processo produtivo.

### 6.2.1. Medidas gerais

- implementar um programa de conscientização dos empregados relativo à necessidade de economizar água;
- implementar um programa de identificação e reparo de vazamentos em canalizações, tanques de armazenamento, flanges, bombas e válvulas (FATTA *et al.*, 2003);
- instalar medidores de vazão em pontos chave da empresa, tais como, pocilgas, triparia e na linha de produção, para monitorar o consumo em cada setor;
- estabelecer metas de uso de água na planta, visando com isso reduzir o consumo excessivo de água e estabelecer indicadores de consumo para cada etapa;
- programar a produção, para minimizar a necessidade de limpeza devido às paradas ou à mudança de fabricação de produtos;

- implementar um programa de inspeção na planta, visando assegurar que todas as chaves e mangueiras estejam desligadas durante as pausas e ao término do turno de trabalho;
- automatizar as operações para minimizar a dependência com a atenção dos empregados, colocando identificadores luminosos, alarmes, controladores de nível, para impedir vazamentos de materiais e problemas relativos à qualidade do produto.

### **6.2.2. Medidas específicas**

#### **a) Lavagem de caminhões**

- retirar o esterco com pás, raspadores ou escovas antes da lavagem;
- realizar um pré-enxágue dos veículos com mangueira, seguido da lavagem com água, detergente, balde e escova e finalmente, realizar um enxágue com mangueira de alta pressão e baixo volume;
- instalar um sistema automático, controlado por moedas, para determinar o tempo de lavagem de cada caminhão.

#### **b) Pocilgas**

- adotar um sistema de recebimento de animais *just in time* nas pocilgas, para minimizar o volume de resíduos gerados;
- usar mangueiras de alta pressão e baixo volume, adaptadas com pistolas de fechamento automático, e instruir os operadores sobre a maneira correta de utilizá-las;
- retirar o esterco com pás, raspadores ou escovas antes da lavagem;
- reposicionar as torneiras das mangueiras, de forma que possam ser fechadas rapidamente após o término da lavagem;
- usar mangueiras suficientemente compridas para que as pocilgas possam ser lavadas no mesmo sentido da inclinação do piso;
- instalar bebedouros automáticos, conforme pode ser visualizado na Figura 18;
- não lavar as pocilgas com animais no seu interior;
- separar os animais que chegarem muito sujos ao frigorífico e realizar uma lavagem preliminar, antes de encaminhá-los às pocilgas.

**c) Atordoamento e sangria**

- assegurar que o tempo em que o animal percorre a canaleta de sangria seja de 7 minutos;
- avaliar, rotineiramente, o rendimento da recuperação de sangue para verificar a efetividade do processo;
- remover o sangue coagulado na canaleta de sangria com um rodo, em intervalos regulares, e antes de iniciar as operações de limpeza com água.

**d) Escaldagem e depilação**

- promover o isolamento do tanque de escaldagem e cobri-lo com tampa, para impedir perda de calor e evaporação;
- dotar o fundo do tanque de escaldagem de uma inclinação em direção à saída, visando reduzir a água de limpeza, a qual deve ser conduzida a um tanque de sedimentação ou peneira para coleta dos pelos, que deve estar localizado nas proximidades do tanque de escaldagem;
- a pressão da água, número, localização e tamanho dos aspersores do tanque de escaldagem devem garantir a eficiência do processo;
- a água do processo de escaldagem deve ser reusada em contra corrente.

**e) Evisceração e divisão**

- realizar o transporte de vísceras a seco (transporte pneumático, rosca sem fio ou correias transportadoras), para evitar ou minimizar o uso de água;
- usar aspersores de água fria, com pressão inferior a 10 bar, para lavagem de carcaças, a fim de evitar a remoção da gordura da superfície das carcaças;
- ajustar os jatos dos aspersores, de forma atingir todas as partes do animal, com uma pressão adequada.

**f) Triparia**

- usar procedimentos a seco para esvaziamento do bucho;
- eliminar alguns fluxos de água sem função, conforme observado na Figura 19;
- coletar e usar a água do enxágue final das tripas para a limpeza dos intestinos grossos;

- instalar válvulas de pé ou de fechamento automático na operação de lavagem de tripas, para permitir ao operador fechar automaticamente o fluxo cada vez que não esteja sendo utilizado;
- utilizar a água da lavagem dos pisos, carcaças, mesas de vísceras e lavagem de mãos para lavagem de vísceras não comestíveis, após peneiramento.

**g) Limpeza e sanitização**

- realizar a limpeza a seco antes da lavagem com água, raspando e varrendo os materiais sólidos de todas as superfícies;
- limpar imediatamente os equipamentos, ao fim da operação, para evitar a acumulação e decomposição do material;
- implantar grades ou peneiras de malha fina em todos os pontos onde possa haver carreamento de resíduos para os drenos;
- levantar os ralos somente depois de ter concluído toda a limpeza;
- colocar carrinhos em todos os locais onde potencialmente possa haver pedaços de carne ou algum resíduo a ser coletado nas grades ou peneiras;
- realizar a limpeza de equipamentos, pisos e utensílios com sistemas de alta pressão e baixo volume (máquinas lava-jato), dotados de sistemas de controle (ponteiras redutoras de diâmetro) e corte de vazão (pistolas com gatilho e válvulas);
- evitar deixar as mangueiras com água correndo e eliminar gotejamento;
- monitorar o uso de soluções de limpeza (detergentes e desinfetantes), verificando se as mesmas estão sendo utilizados de forma racional, se estão sendo utilizados os produtos menos tóxicos e adequados disponíveis e em quantidades apropriadas;
- utilizar as águas do enxágue final no enxágue inicial do dia seguinte;
- aplicar sanitizante sob a forma de spray nas superfícies limpas, ao invés de um enxágue final com água quente;
- incorporar ao programa de manutenção o monitoramento regular dos aspersores;
- reusar a água recuperada da desinfecção para a limpeza (CASANI & KNOCHEL, 2002);
- implantar um sistema de controle automático, para operar o fluxo de água nos esterilizadores de facas.



**g) Torres de resfriamento**

- minimizar a purga das torres de resfriamento, reduzindo o teor de sais na água de reposição, através do uso de água da chuva e melhorar o controle operacional.

**h) Caldeira**

- reduzir o teor de sais na água de alimentação e melhorar o controle operacional.

**i) Câmaras frigoríficas**

- eliminar o uso de água corrente no descongelamento dos túneis e câmaras frigoríficas.



**Figura 18: Bebedouro automático para suínos**



**Figura 19: Fluxos de água sem função (desperdício)**

### 6.2.3. Aplicação prática das medidas de otimização nas pocilgas de espera

Os resultados da aplicação do procedimento de remoção prévia do esterco, na limpeza das pocilgas, descrito no item 5.1, constam da Tabela 19, onde pode ser observada uma redução do consumo de água de 45 L e de 0,94 kg de DQO por pocilga. Considerando que 18 pocilgas são limpas diariamente, a redução total da carga orgânica seria de 16,92 kg de DQO/dia, o que é equivalente à carga gerada por 313 pessoas. Com a implantação de bebedouros automáticos, deixariam de ser lançados 340 L de água, acumulados nos bebedouros existentes em cada pocilga e descartados, após a limpeza das mesmas, perfazendo 6,12 m<sup>3</sup>/dia. Totalizando as reduções, o consumo total de água no processo de lavagem das pocilgas e dessedentação de animais seria reduzido em 6,9 m<sup>3</sup>/dia. Atualmente a empresa usa 39 m<sup>3</sup>/dia nesta operação, salientando-se que uma redução adicional poderia ser obtida com a implementação dos demais procedimentos de produção mais limpa listados anteriormente, para a operação das pocilgas.

**Tabela 19: Consumo de água e carga orgânica na lavagem de pocilgas com diferentes procedimentos**

Lavagem das pocilgas	Consumo de água (L)	DQO (mg/L)
Sem remoção de esterco	195	10.127–11.695
Com remoção de esterco	150	7.579–8.167

Nas Figuras 20 e 21 visualiza-se, respectivamente, a pocilga suja e após limpeza.



**Figura 20: Aspecto da pocilga suja**



**Figura 21: Aspecto da pocilga limpa**

### **6.3. Estudo e avaliação do sistema de tratamento de efluentes líquidos com vistas ao reúso da água**

A partir de uma avaliação inicial, foram propostas e implantadas algumas medidas de otimização na ETE e avaliada a qualidade do efluente tratado com vistas ao reúso na empresa.

#### **6.3.1 Diagnóstico inicial**

Em 04 de junho de 2003, o frigorífico abatia 1.200 suínos/dia.

O efluente bruto da empresa era conduzido a um sistema de tratamento, cujo fluxograma é apresentado na Figura 10, excetuando-se as lagoas 4 e 5, que encontravam-se em implantação.

Em períodos de chuva intensa ocorria o lançamento do efluente da lagoa 3 no corpo receptor, devido à insuficiente capacidade da bomba que recalrava o efluente para a lagoa de acumulação e devido à reduzida capacidade de armazenamento das lagoas existentes.

A água utilizada no processo industrial era o efluente tratado no sistema de tratamento, acrescido de 100 m<sup>3</sup>/dia, captados de um poço artesiano.

A água de purga das caldeiras era lançada na rede pública.

O efluente da retrolavagem dos filtros de areia estava sendo lançado na lagoa de acumulação.

Os efluentes líquidos das pocilgas e a água de lavagem dos caminhões eram lançados na esterqueira, que se encontrava em precário estado de conservação, conforme pode ser visualizado na Figura 22, sendo após lançados na rede pública.

A Figura 23 mostra as obras de implantação da lagoa 4, observando-se que a lagoa 5 também encontrava-se em implantação, visando aumentar a captação de água da chuva e otimizar a eficiência da ETE.

Em 19 de novembro de 2003, as lagoas 4 e 5 entraram em operação, porém devido à falta de impermeabilização das mesmas, estava ocorrendo infiltração do efluente no solo.



**Figura 22: Esterqueira, em junho de 2003**



**Figura 23: Lagoa 4 em implantação**

### 6.3.2. Acompanhamento das etapas de tratamento

Em 27 e 28 de abril de 2004, objetivando avaliar a eficiência da ETE, foram realizadas determinações de DQO, pH, sólidos sedimentáveis e *E. coli*. nos pontos da ETE, que podem ser identificados na Figura 10: após flotorador, após homogeneizador, após reator anaeróbio e após o tanque de aeração.

Os resultados das análises estão apresentados na Tabela 20, concluindo-se que a remoção de 69% da carga orgânica (DQO) é adequada para estas etapas de tratamento, conforme constante em JORDÃO & PESSOA (2005). O pH é adequado para a operação de processo anaeróbio. A concentração de sólidos sedimentáveis foi reduzida a níveis que possibilitariam o lançamento no corpo receptor. O parâmetro *E. coli* foi minimizado, porém uma redução acentuada deste parâmetro é esperada nas lagoas subseqüentes.

**Tabela 20: Avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos da ETE, em 27.04.2004**

Parâmetros	Após flotorador	Após homogeneizador	Após reator anaeróbio	Após tanque de aeração
pH	6,3	6,7	6,7	7,2
DQO (mg/L)	2031	1202	645	629
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	2400	2400	1900	1500
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	11	0,8	0,05	0,03

Fonte: Laboratório da FEPAM

Para avaliar a eficiência do sistema de tratamento apresentado na Figura 10 quanto à remoção de sais, foram realizadas quatro amostragens e medidos os parâmetros condutividade, SDT e pH. Os resultados constam da Tabela 21.

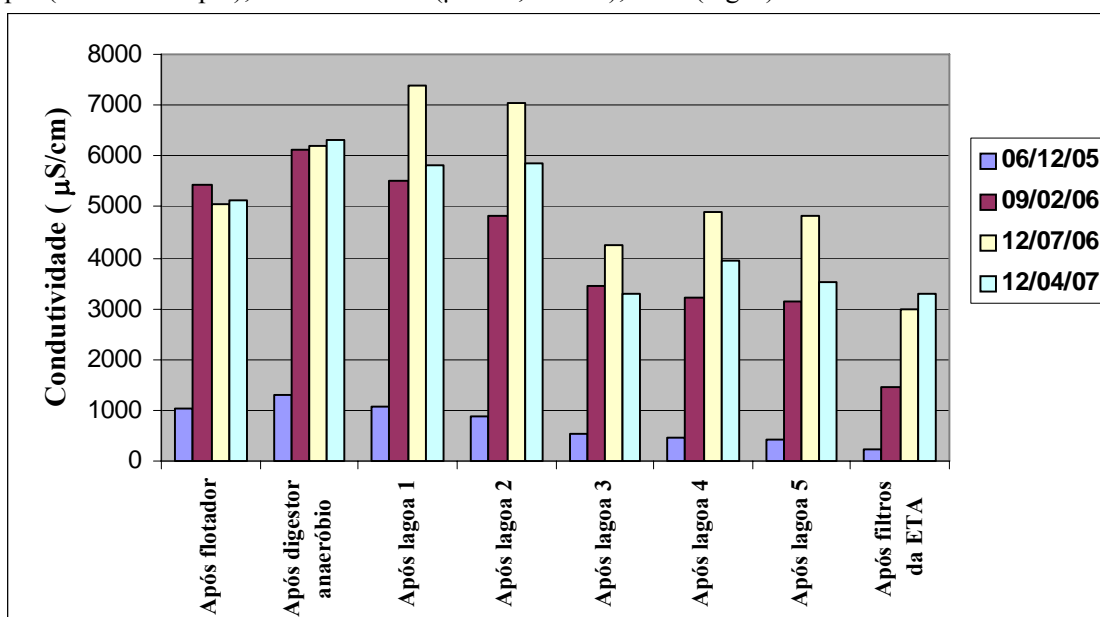
Conclui-se que o sistema de tratamento apresenta pouca eficiência com relação à remoção de sais, porém houve um acréscimo considerável dos mesmos no período amostrado, o que se deve ao contínuo reúso do efluente tratado no processo produtivo e ao fato do sistema de tratamento implantado objetivar a remoção de matéria orgânica. A Figura 24 ilustra a variação dos valores de condutividade nos diversos pontos da ETE, no período amostrado.



**Tabela 21: Valores de condutividade, SDT e pH dos efluentes líquidos em pontos da ETE**

Data	06.12.2005			09.02.2006			12.07.2006			12.04.2007		
Pontos da ETE	Condutividade	SDT	pH	Condutividade	SDT	pH	Condutividade	SDT	pH	Condutividade	SDT	pH
Efluente bruto	-	-		3960	1980	6,9	4400	-	7,0	3490	1750	6,4
Após flotorador	1041	463		5450	2720	6,4	5070	-	6,7	5130	2560	5,9
Após homogeneizador	-	-		5790	2910	7,6	-	-	-	5610	2800	5,9
Após reator anaeróbio	1288	584		6130	3070	6,7	6200	-	6,7	6300	3160	6,7
Após lagoa 1	1067	479		5520	2770	7,7	7400	-	6,7	5820	2930	7,7
Após lagoa 2	879	393		4810	2410	7,4	7030	-	6,7	5870	2930	8,0
Após lagoa 3	528	240		3440	1720	7,0	4240	-	6,7	3280	1640	7,5
Após lagoa 4	477	215		3230	1620	7,4	4900	-	6,7	3940	1970	7,7
Após lagoa 5	440	118		3130	1570	8,2	4820	-	6,7	3510	1770	7,9
Após decantadores	-	-		1740	890	6,8	-	-	-	3370	1690	4,8
Após filtros de areia	225	105		1450	730	7,2	2980	1499	6,8	3280	1640	4,0

pH (unidades de pH); Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a  $25^\circ\text{C}$ ); SDT (mg/L)

**Figura 24: Valores de condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  a  $25^\circ\text{C}$ )**

Durante o ano de 2005, a empresa não captou água do poço artesiano, limitando-se ao reúso do efluente tratado, acrescido de água da chuva.

O aspecto ruim do efluente nas lagoas 1 e 2, pode ser observado nas Figuras 25 e 26, respectivamente, datadas de fevereiro de 2006.



**Figura 25: Aspecto do efluente na lagoa 1 e detalhe, em fevereiro de 2006**



**Figura 26: Aspecto do efluente na lagoa 2, em fevereiro de 2006**

Em 13 de julho de 2006, a lagoa 5 estava com o nível bastante baixo, devido à escassez de chuvas na região e o efluente no ponto SS1 (Figura 10) apresentava coloração esverdeada,

conforme pode ser observado nas Figuras 27 e 28. A empresa voltou a captar água do poço artesiano, pois o alto teor de cloretos da água recirculada estava causando incrustação nos equipamentos. Foi constatado que os decantadores estavam subdimensionados e sua capacidade foi aumentada. A água da retrolavagem dos filtros, apresentando condutividade de 3729  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e concentração de TDS de 1877 mg/L, estava sendo lançada na lagoa de acumulação.

Em 12 de abril de 2007, o efluente no ponto SS1 (Figura 10), apresentava-se novamente clarificado e o nível da lagoa 5 estava bastante baixo, devido à escassez de chuvas na região. O efluente da retrolavagem dos filtros, com vazão de 120  $\text{m}^3/\text{dia}$ , estava sendo lançado na rede pública, devido ao incremento de sais na água reusada. A empresa não estava captando água do poço artesiano, limitando-se ao reúso do efluente tratado, acrescido de água da chuva.



**Figura 27: Baixo nível da lagoa 5**



**Figura 28: Efluente SS1 esverdeado**



### 6.3.3 Medidas de otimização propostas e implantadas

Na visita técnica realizada em abril de 2004, foram propostas as seguintes medidas de otimização no sistema de tratamento de efluentes:

- impermeabilizar as lagoas 4 e 5 com argila, com grau de compactação “k” na ordem de  $10^{-7}$  cm/s e geomembrana de PEAD com espessura de 1mm;
- substituir a bomba que recalca o efluente tratado da lagoa 5 para o tanque de acumulação por uma bomba de maior capacidade, a fim de possibilitar o bombeamento de todo o efluente tratado na ETE;
- encaminhar o percolado da esterqueira para o sistema de tratamento;
- encaminhar a água da purga das caldeiras para a ETE.

Em 26 de agosto de 2004, foi implantada uma peneira a montante da esterqueira, conforme pode ser observado na Figura 29.

Com referência às medidas propostas em abril de 2004, observou-se que:

- a bomba que recalca o efluente da lagoa 3 para o tanque de acumulação foi substituída, tendo capacidade para recalcar todo o efluente, não havendo lançamento no corpo receptor;
- o percolado da esterqueira estava sendo coletado em um tanque de captação e, após, conduzido para a ETE, conforme pode ser verificado na Figura 30.
- as lagoas 4 e 5 não estavam recebendo efluente e somente a lagoa 4 foi revestida com geomembrana, conforme pode ser observado na Figura 31, contendo água da chuva;
- a purga das caldeiras estava sendo encaminhada para à ETE.

Em outubro de 2004, a lagoa 5 foi impermeabilizada com geomembrana de 1 mm e em junho de 2005 as lagoas 4 e 5 entraram em operação.



**Figura 29: Peneira antes da esterqueira**



**Figura 30: Esterqueira e tanque de captação do percolado da esterqueira**



**Figura 31: Lagoa 4 impermeabilizada com geomembrana**

### 6.3.4 Qualidade e avaliação do efluente tratado

A Tabela 22 mostra a caracterização física, química e biológica do efluente bruto do frigorífico, coletado em 11.08.2006

**Tabela.22: Caracterização física, química e biológica do efluente bruto do frigorífico, em 11.08.2006**

Parâmetro	Resultado	Unidade
pH	7,06	unidades de pH
DBO <sub>5</sub>	1.040	mg/L
DQO	2.526	mg/L
Cloreto	1.405	mg/L
Sulfato	15,3	mg/L
Nitrato	37,0	mg/L
Nitrito	17,6	mg/L
N amoniacal	16,2	mg/L
N orgânico	170	mg/L
NTK	186	mg/L
Fósforo Total	20,2	mg/L
Dureza	135	mg/L CaCO <sub>3</sub>
Sólidos Sedimentáveis	<1	mL/L
Sólidos Suspensos	39	mg/L
Turbidez	176	NTU
Ferro	0,48	mg/L
Manganês	0,38	mg/L
Coliformes fecais	9,2 x 10 <sup>3</sup>	NMP/100 mL

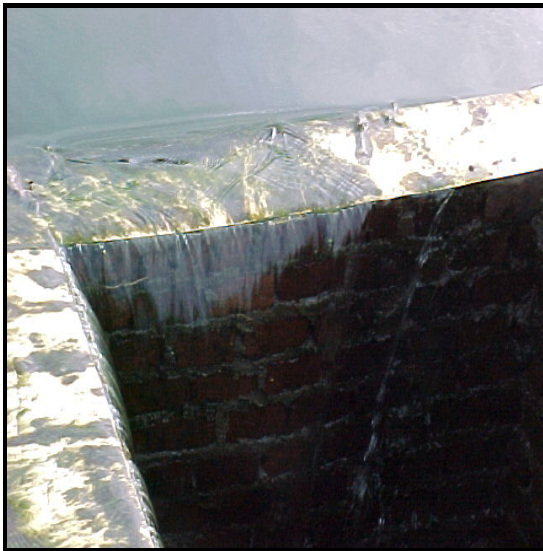
Fonte: Laudo de Análise N°. 1408/06, de Química Pura Análise e Consultoria Ltda.

Na Figura 32 pode-se visualizar o efluente bruto da empresa, coletado em 09.02.2006. Observa-se que mesmo com a coleta de sangue na etapa de sangria, o efluente apresenta forte coloração vermelha, decorrente do gotejamento na canaleta de sangria e nas etapas subseqüentes.

As Figuras 33 e 34 mostram o aspecto do efluente tratado após a lagoa 5 (SS1), em junho de 2005 e em 9 de fevereiro de 2006, no momento da coleta para análise, e a Figura 35 mostra o aspecto do efluente tratado após os filtros de areia (SS2), em 9 de fevereiro de 2006.



**Figura 32: Efluente bruto, fevereiro de 2006**



**Figura 33: junho de 2005**



**Figura 34: fevereiro de 2006**



**Figura 35: Efluente tratado após filtros de areia (SS2), fevereiro de 2006**

Os resultados das análises dos efluentes líquidos tratados, coletados nos pontos SS1 e SS2 da Figura 10, e realizadas no laboratório da FEPAM, são apresentados na Tabela 23.

**Tabela 23: Caracterização do efluente líquido tratado nos pontos SS1 e SS2 (mg/L)**

Parâmetros	Após a lagoa 5 (SS1)			Após filtros de areia (SS2)		
	09.02.06	13.07.06	11.04.07	09.02.06	13.07.06	11.04.07
pH	8,2	6,8	8,0	7,2	6,8	4,0
Temperatura	25,7	18,0	25,0	26,8	20,5	25,0
DBO <sub>5</sub>	21	-	28	< 1	< 1	2
DQO	78,5	139	92,9	21	18	33
Cloretos	766	1269	1071	327	748	852
Sulfato	36,2	57,0	60,0	71,4	105,0	137,0
Nitrato	21,6	18,0	2,3	5,7	8,3	0,5
Nitrito	1,45	< 0,01	0,05	< 0,01	-	< 0,01
N amoniacal	0,77	-	< 0,2	< 0,50	-	< 0,2
N orgânico	3,04	-	9,56	< 0,50	-	4,67
NTK	3,81	18,2	9,71	< 0,50	0,83	4,85
Fósforo Total	> 6,0	> 6,0	> 6,0	0,214	1,33	1,52
Dureza	88	131	145	46	84	101
SDT	1664	-	2117	766	1499	1741
Condutividade elétrica	3130	4840	3510	1450	2980	3280
Sólidos sedimentáveis	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
SST	26	28	25	< 10	< 10	15
Turbidez	-	94	59	-	4	12
Ferro	0,06	0,18	0,27	0,08	0,02	0,14
Manganês	0,06	0,57	0,23	< 0,007	0,10	0,19
<i>E. coli</i>	11	80	-	1	< 2.0	< 2.0

pH ( unidades de pH); Temperatura (°C); *E. coli* (NMP/100mL); Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25°C); Turbidez (NTU)

As Figuras 36 a 46 apresentam os resultados das análises físicas e químicas do efluente da empresa, nos pontos SS1 e SS2, nas três amostragens realizadas no período do estudo, sendo possível visualizar o aumento da concentração dos parâmetros avaliados no período.

Os resultados das análises de *E. coli* são mostrados na Figura 47 e indicam ausência nas amostras analisadas.

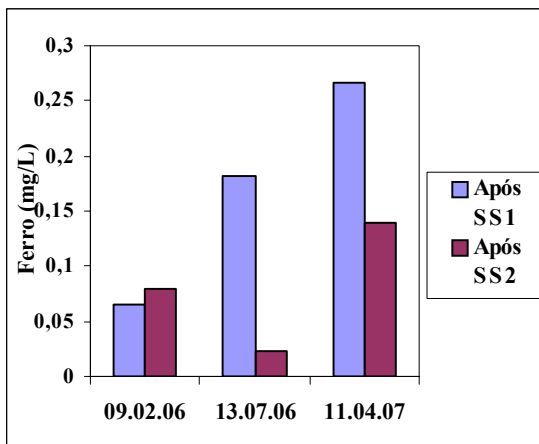


Figura 36: Valores de ferro (mg/L)

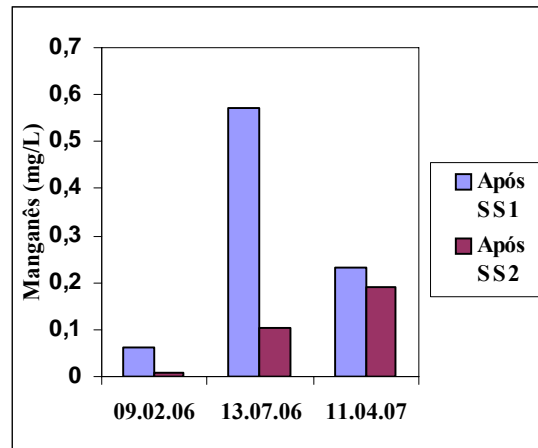


Figura 37: Valores de manganês (mg/L)

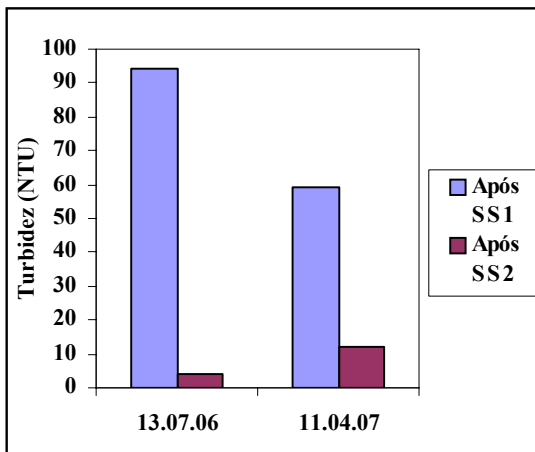


Figura 38: Valores de turbidez (mg/L)

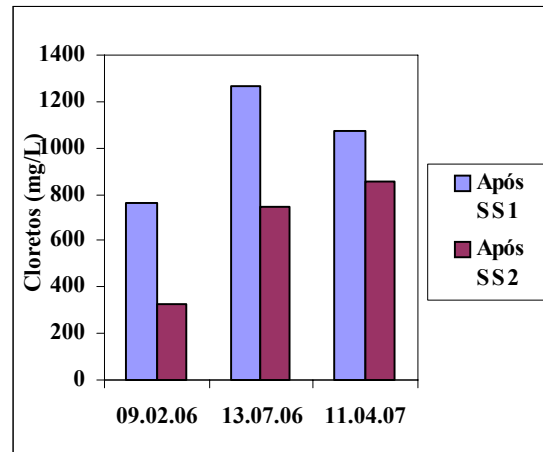


Figura 39: Valores de cloretos (mg/L)

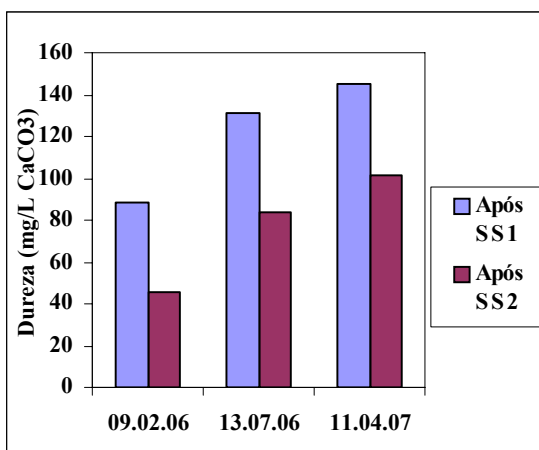


Figura 40: Valores de dureza (mg/L)

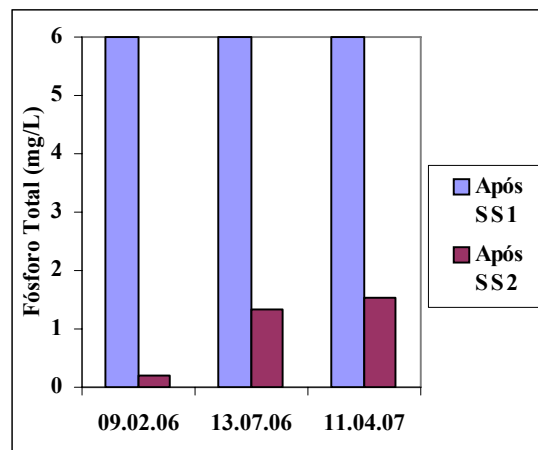


Figura 41: Valores de fósforo total (mg/L)



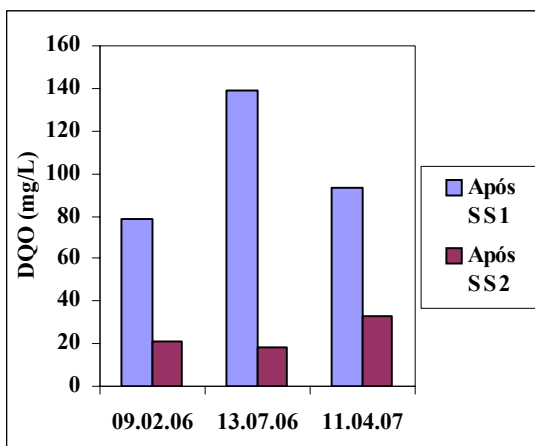


Figura 42: Valores de DQO (mg/L)

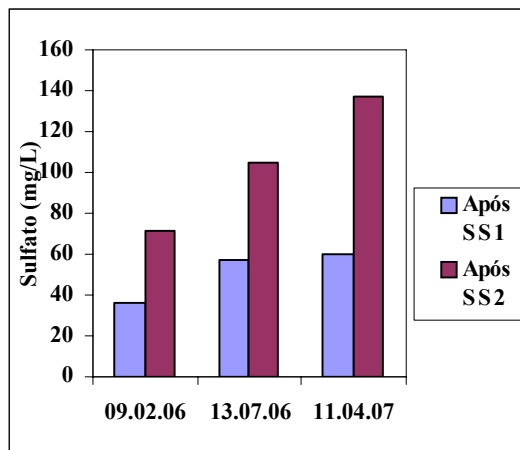


Figura 43 : Valores de sulfato (mg/L)

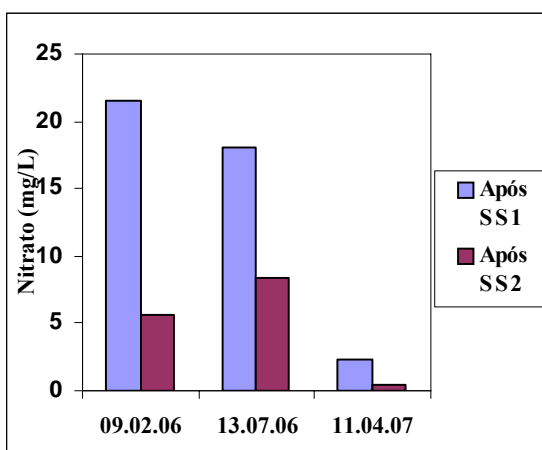


Figura 44: Valores de nitrito (mg/L)

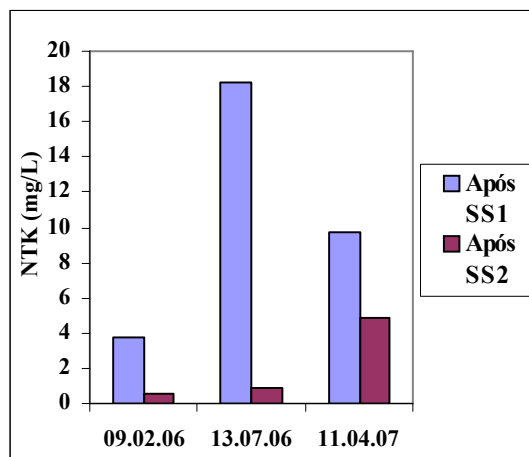


Figura 45: Valores de NTK (mg/L)

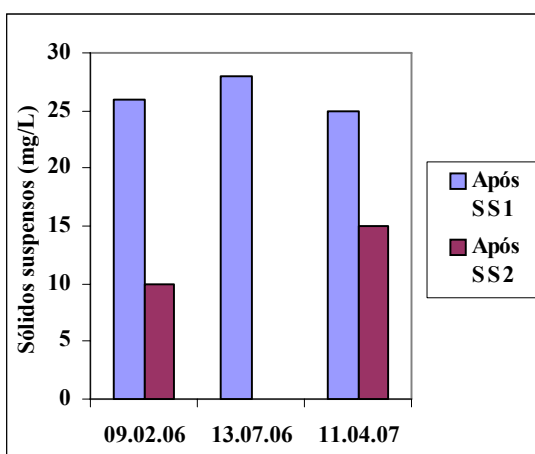


Figura 46: Valores de SS (mg/L)

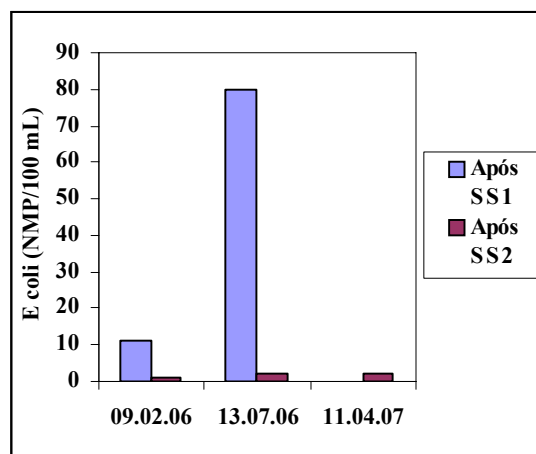


Figura 47: Valores de *E. coli* (NMP/100 mL)

A empresa realiza, periodicamente, a análise do efluente líquido tratado (SS1), através da determinação dos parâmetros representativos de sua tipologia industrial, em atendimento à Resolução N°. 01/1998 (SEMA, 1998), que dispõe sobre o Sistema de Automonitoramento de Atividades Poluidoras Industriais localizadas no estado do Rio Grande do Sul – SISAUTO.

Os resultados das análises realizadas neste estudo, constam da Tabela 23 e demonstram o atendimento dos padrões de emissão estabelecidos na Resolução N°. 128/2006 (SEMA, 2006a), que dispõe sobre o lançamento de efluentes em águas superficiais no estado do Rio Grande do Sul, o que também é comprovado pelos resultados das análises constantes da Tabela 24 para o ponto SS1, realizadas pela empresa.

**Tabela 24: Caracterização do efluente líquido tratado no ponto SS1, pela empresa (mg/L)**

Data	Parâmetros							
	pH	DQO	SST	DBO <sub>5</sub>	P Total	N Total	Cloreto	Coliformes Fecais
01.04.04	8,2	102	-	-	-	-	-	-
05.04.04	7,9	48	-	-	-	-	-	-
12.04.04	7,9	38	-	-	-	-	-	-
15.04.04	7,4	27	-	-	-	-	-	-
19.04.04	7,3	38	-	-	-	-	-	-
22.04.04	8,0	38	-	-	-	-	-	-
27.04.04	7,8	17	-	-	-	-	-	-
29.04.04	7,9	48	-	-	-	-	-	-
04.05.04	7,8	7	-	-	-	-	-	-
12.05.04	7,6	38	-	-	-	-	-	-
18.05.04	7,3	91	-	-	-	-	-	-
24.05.04	7,7	142	26	68	4,8	0,4	-	-
25.05.04	8,1	102	-	-	-	-	-	-
02.06.04	7,2	91	-	-	-	-	-	-
08.06.04	8,1	48	-	-	-	-	-	-
15.06.04	7,5	7	-	-	-	-	-	-
22.06.04	7,9	136	-	-	-	-	-	-
29.06.04	7,3	38	-	-	-	-	-	-
06.07.04	8,1	40	18	18	0,4	1,3	97	-
04.08.04	7,0	53	6	2	5,8	7,2	-	-
14.12.04	8,1	118	15	46	1,5	0,6	215	<1,1
31.03.05	8,2	35	10	12	< 5	0,4	76	100
28.06.05	7,9	140	12	96	4,1	3,5	347,9	<1,1



**Tabela 24: Caracterização do efluente líquido tratado (SS1) realizada pela empresa (mg/L) (continuação)**

Data	pH	DQO	SST	DBO <sub>5</sub>	P Total	N Total	Cloreto	Coliformes Fecais
17.08.05	7,7	30	36	9	2,8	3,5	302,6	<1,1
19.10.05	7,8	92	44	25	1,6	-	201,7	-
23.11.05	8,0	100	42	38	3,3	75	274	<1,1
21.01.06	8,0	66	29	23	3,6	2,8	762	310
08.03.06	7,6	56	298	19,3	7,2	4,1	860	340
12.04.06	7,7	63	625	22	5,8	3,4	910	530
08.06.06	6,7	55	54	14	7,1	14,3	1175	8
06.07.06	7.19	210	42	58	6.5	20.3	1365	2.6
15.09.06	7.42	78	-	18	17.9	40	1104	2
12.01.07	6.86	38	99	8	19.1	14.8	1010	7.9
08.03.07	7.2	357* <sup>2</sup>	25	10	20.6	5.8	926	0
12.04.07	7.49	86	29	29	22.9	5.8	1060	8
19.06.07	7.17	54	24	34	22.2	47.7	783	ausente
<b>Padrão de emissão*</b>	<b>6.0 a 9.0</b>	<b>≤ 300</b>	<b>100</b>	<b>≤ 80</b>	<b>≤ 3.0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>≤ 10<sup>4</sup></b>

pH (unidades de pH); Coliformes Fecais (NMP/100mL);

Fonte: LACE – Laboratório de Controle de Efluentes, CEPA - Centro de Pesquisa em Alimentos e Laboratório Química Pura

\* Resolução N°. 128 (SEMA, 2006); \*<sup>2</sup> entrada de chorume da compostagem na ETE

Os resultados do efluente tratado (SS2) constantes da Tabela 23 serão avaliados de acordo com os padrões de qualidade estipulados para os diferentes usos a que forem destinados. Salienta-se que há um deficiente controle do pH deste efluente, observando-se o resultado da amostra coletada em 11.04.2007.

Para avaliação do seu uso como água de alimentação da caldeira serão adotados os dados apresentados por METCALF & EDDY (1991) na Tabela 11, concluindo-se:

- para caldeiras de baixa pressão (< 10 bar), que representa a caldeira atualmente existente na empresa, o efluente apresenta restrições ao uso, devido às concentrações de DQO, SDT e SST, cujos valores são superiores aos padrões de qualidade requeridos;

- para caldeiras de média pressão (10 a 50 bar), o efluente apresenta restrições ao uso, devido às concentrações de DQO, dureza, SST e SDT, cujos valores são superiores aos padrões de qualidade requeridos.

- para caldeiras de alta pressão (> 50 bar), o efluente apresenta restrições ao uso, devido às concentrações elevadas de todos os parâmetros avaliados.

Salienta-se que o parâmetro SDT encontra-se em condições críticas para o reúso, tendo em vista apresentar concentrações que ultrapassam 3,5 vezes a concentração admissível para caldeiras de baixa pressão. Para o parâmetro nitrogênio amoniacal, os resultados das análises realizadas foram inferiores ao limite de detecção de 0,5 mg/L do método utilizado, não podendo ser avaliados, tendo em vista que o limite estabelecido para uso em caldeiras é de 0,1 mg/L.

Para avaliação do uso como água de reposição nas torres de resfriamento serão adotados os dados apresentados na Tabela 12, concluindo-se que as concentrações de cloretos, SDT e condutividade ultrapassam demasiadamente os padrões de qualidade estabelecidos, revelando um elevado teor de sais e resultando em uma água não adequada para reposição em torres de resfriamento.

Para avaliação do uso do efluente no processo produtivo do frigorífico serão adotados os dados apresentados na Tabela 10.

A principal barreira para reúso de água na indústria alimentar é o risco de contaminação microbiológica do alimento e da área de produção, por isso a qualidade da água reusada deve atender aos padrões de potabilidade (BRASIL, 2004) e ser monitorada continuamente (CASANI & KNOCHEL, 2002). O parâmetro de qualidade mais importante é a *E. coli*, que atendeu aos padrões de potabilidade nas análises realizadas, caracterizando uma água isenta de contaminantes microbiológicos.

As concentrações de cloretos e SDT não atendem aos padrões de potabilidade. A dureza e a concentração de sulfato ultrapassam os padrões de emissão estabelecidos no Regulamento

da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1952), porém atendem os padrões de potabilidade (BRASIL, 2004).

O sistema de tratamento em operação na empresa foi projetado para a remoção da matéria orgânica e atinge a eficiência esperada para este objetivo, bem como para desinfecção da água reutilizada. Porém, o reciclo constante do efluente causa o incremento da concentração de sais, o que é revelado no comportamento dos parâmetros condutividade elétrica e SDT, que tiveram um acréscimo no período do estudo, resultando em uma água não adequada para uso no processo produtivo.

## 7. SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA EMPRESA

### 7.1 Redução do impacto ambiental hídrico no município

A Tabela 25 apresenta a relação entre os problemas associados ao gerenciamento hídrico, com as grandezas Demanda Específica de Água - DEA, que se refere à disponibilidade anual de água por habitante e o Índice de Comprometimento de Recursos Hídricos - ICRH, que está associado à tendência do surgimento de conflitos potenciais e outros problemas ambientais em determinada região.

**Tabela 25: Relação do ICRH e DEA com os problemas associados ao gerenciamento hídrico**

ICRH	DEA (m <sup>3</sup> /ano/habitante)	Problemas Associados ao Gerenciamento Hídrico
1	DEA ≥ 10.000	Sem problemas ou problemas limitados
2	10.000 > DEA ≥ 2.000	Problemas gerais de gerenciamento
3	2.000 > DEA ≥ 1.000	Grande pressão sobre os recursos hídricos
4	1.000 > DEA ≥ 500	Escassez crônica da água
5	DEA < 500	Além do limite de disponibilidade de água

Fonte: Adaptado de MIERZWA (2002)

No município de Frederico Westphalen, a Disponibilidade Específica de Água - DEA é de 19.582 m<sup>3</sup>/ano/habitante, o que nos permite concluir, de acordo com a Tabela 25, que não há problemas quanto ao gerenciamento hídrico. Porém, quando se trata de água para consumo humano e animal, a qualidade é um fator limitante importante e a quantidade potencialmente disponível é pequena (MISSIO, 2003), tendo em vista a elevada carga orgânica de origem doméstica e de atividades ligadas a suinocultura e indústrias, lançada nos corpos receptores do município.

Na Figura 17, onde é apresentado o balanço hídrico da empresa, pode ser observado que são gerados 631 m<sup>3</sup>/dia de efluente líquido. Considerando a caracterização dos efluentes bruto e tratado constantes, respectivamente, das Tabelas 22 e 23, pode-se concluir que o sistema de tratamento de efluentes da empresa reduz 95,8% da carga de DBO<sub>5</sub>/dia e 98% da carga de DQO/dia. A Tabela 26 mostra os valores da carga orgânica bruta e tratada geradas

no frigorífico. Uma redução adicional da carga tratada pode ser atingida com a implantação das medidas sugeridas no item 6.2.

**Tabela 26: Carga orgânica bruta e tratada do efluente líquido da empresa**

<b>Parâmetro</b>	<b>Carga Bruta (kg/dia)</b>	<b>Carga Tratada (kg/dia)</b>
DQO	1616	68
DBO <sub>5</sub>	665	13

Considerando a carga orgânica de 54 gramas de DBO e o volume de 100 L de efluente gerados diariamente por uma pessoa (JORDÃO, 2005), podemos concluir que com o reúso do efluente tratado, a empresa está deixando de captar da Bacia Hidrográfica do rio da Várzea um volume equivalente ao consumo de 6.310 habitantes e, da mesma forma evitando o lançamento de uma carga orgânica equivalente a 240 pessoas, contribuindo para a minimização da degradação ambiental no município de Frederico Westphalen apontada por MISSIO (2003), com a redução do impacto ambiental da atividade industrial na referida Bacia e aumentando a disponibilidade de água para outras finalidades.

A Resolução N°. 128 SEMA (2006a) estabelece que a vazão dos efluentes líquidos deve ter uma relação com a vazão de referência do corpo hídrico receptor, de modo que o seu lançamento não implique em qualidade do corpo hídrico inferior àquela estabelecida para a classe na qual ele está enquadrado. Considerando que a empresa gera 631 m<sup>3</sup>/dia de efluentes líquidos, o lançamento no Lajeado Perau não é possível devido à sua reduzida vazão e a alternativa de reúso é indicada, visando a sustentabilidade do corpo receptor.

Diariamente, a empresa realiza a medição da vazão dos efluentes líquidos reciclados à lagoa de acumulação da ETE a partir da lagoa 5 e da vazão lançada no corpo receptor. Estes lançamentos ocorreram por excesso de chuvas, superando a capacidade de acumulação de água nas lagoas, ou por problemas elétricos no sistema de bombeamento.

A Tabela 27 mostra as médias mensais destas vazões no período compreendido entre julho de 2005 e setembro de 2006 e entre janeiro e junho de 2007.

**Tabela 27: Médias mensais das vazões recicladas à lagoa de acumulação e lançadas no corpo receptor (julho de 2005 a junho de 2007)**

<b>Mês / Ano</b>	<b>Vazão Reciclada à lagoa de acumulação (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Vazão Lançada no corpo receptor (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Dias</b>
Julho /05	384	0	19
Agosto /05	365	0	23
Setembro / 05	351	28	20
Outubro / 05	360	243	20
Novembro /05	526	5	29
Dezembro /05	552	0	28
Janeiro /06	565	70	27
Fevereiro /06	612	12	27
Março /06	654	41	25
Abril /06	656	153	26
Mai /06	710	0	30
Junho /06	878	0	26
Julho /06	989	0	28
Agosto /06	763	0	30
Setembro /06	795	20	28
Janeiro /07	787	0	31
Fevereiro /07	918	0	25
Março /07	897	0	28
Abril /07	986	0	28
Mai /07	1027	467	28
Junho /07	999	0	23

O lançamento esporádico de efluentes acarreta o descumprimento da Resolução N°. 128 SEMA (2006a), devido à reduzida vazão do Lageado Perau, enfatizado-se mais uma vez que a implementação dos procedimentos de otimização do processo produtivo e reúso, sugeridos no presente estudo, são de fundamental importância para a sustentabilidade do Lageado Perau e da Bacia Hidrográfica do rio da Várzea.

## **7.2. Programas de educação ambiental**

Para a manutenção da sustentabilidade da região, a empresa implantou no ano de 2003, um programa de educação ambiental. Trata-se do projeto “A Terra Pede Água”, como uma forma de relembrar a comunidade, através dos alunos de ensino médio de Frederico Westphalen, que todos somos responsáveis pela vida do planeta e que isto só é possível se a água potável estiver disponível. O projeto visa demonstrar que a água pode ser tratada e reutilizada e que é responsabilidade de todos o seu correto uso, estando inserido neste

contexto, o papel das empresas e organizações. O projeto “A Terra Pede Água” está direcionado aos alunos do município de Frederico Westphalen e acontece através de parcerias com as escolas do ensino médio, compreendendo uma palestra teórica e uma visita prática, com duração média de 3 h.. Na palestra, os participantes recebem informações gerais sobre a empresa, a importância da água para os seres vivos e sobre o funcionamento do sistema de tratamento de efluentes líquidos da empresa, o qual é visitado posteriormente. Na ocasião, também é possibilitada a troca de idéias e esclarecimentos de dúvidas sobre o assunto. Após a visita, os alunos são convidados a participar do concurso de redações sobre o tema.

O projeto “A Terra Pede Água” é coordenado e desenvolvido por profissionais de diversas áreas da empresa, com funções ligadas à biologia, administração, psicologia e técnicas agrícolas. A primeira edição do projeto ocorreu entre abril e novembro de 2003 e contou com a participação de 515 representantes, entre alunos e professores, de cinco escolas do município. No dia 4 de dezembro de 2003 ocorreu a cerimônia de encerramento com a escolha e premiação da melhor redação elaborada. O programa foi repetido em 2004 e 2005.

As Figuras 48, 49 e 50 mostram os alunos que participaram do Projeto “A Terra pede Água”, nos anos de 2003, 2004 e 2005, respectivamente, conforme publicado em informativo da empresa.

O Frigorífico também possui projetos de jardinagem na área da empresa, com plantio de várias espécies de árvores e flores em todo o pátio, utilizando o húmus formado em sua área de compostagem.

O Projeto de Coleta Seletiva de Lixo tem como um de seus objetivos conscientizar os funcionários que todos são responsáveis pelos resíduos que geram. A separação dos resíduos sólidos é realizada com auxílio de lixeiras, devidamente identificadas, e os materiais separados são vendidos para usina de reciclagem.



**Figura 48: Projeto “A Terra Pede Água”, em 2003**



**Figura 49: Projeto “A Terra Pede Água”, em 2004**



**Figura 50: Projeto “A Terra Pede Água”, em 2005**

O programa de educação ambiental contribui na formação de jovens alunos da cidade e contribui para a sensibilização dos funcionários quanto às questões ambientais.



## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A água é um bem limitado, que está se tornando escasso em muitas regiões, devido ao intenso uso por diferentes setores da sociedade. Os frigoríficos consomem uma grande quantidade de água em seu processo produtivo, principalmente, devido às exigências de ordem sanitária, que objetivam a proteção da saúde da população.

### **a) em relação ao processo produtivo**

- o consumo total de água de um frigorífico que abate 1.150 suínos por dia foi medido, perfazendo 776 L/suíno;

- as etapas de processo onde o consumo de água foi mais crítico foram identificadas e apresentados procedimentos e tecnologias de produção mais limpa para a minimização do consumo;

- os seguintes percentuais de redução podem ser atingidos: nas operações de limpeza e sanitização (81%), na lavagem de pocilgas, dessedentação de animais e lavagem de caminhões (64%), no atordoamento e sangria (70%), na evisceração e divisão (55%), no processamento das tripas (47%) e na escaldagem e depilação (31%). Com estas reduções, o consumo de água da empresa poderá ser reduzido para 480 L/suíno.

### **b) em relação ao reúso da água**

- os resultados das análises do efluente tratado (SS2) demonstraram um grande potencial para reúso da água, tendo em vista que atendem as condições microbiológicas estabelecidas na legislação sanitária, que é a principal preocupação da indústria alimentar;

- o teor de sais é muito elevado, devido ao constante reciclo do efluente ao processo produtivo, não atendendo aos padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria N°. 518 do

Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) e a legislação nacional tem, como princípio geral, que somente água potável deve ser utilizada na manipulação de alimentos;

- o elevado teor de sais no efluente tratado prejudica seu uso na caldeira e a utilização como água de reposição das torres de resfriamento, pois acarreta a purga contínua e um elevado volume de água de reposição;

Uma opção para otimizar a operação das torres de resfriamento é utilizar, diretamente, a água da chuva captada nos telhados da empresa e nas lagoas de acumulação existentes para água de reposição, realizando um tratamento para remoção de sólidos, caso seja necessário. Esse procedimento minimizaria as purgas contínuas, que ocorrem atualmente e ofertaria uma água de qualidade muito superior à atualmente utilizada, que além de não atender aos padrões de qualidade requeridos, está causando corrosão nas torres de resfriamento e comprometendo sua eficiência, já tendo ocasionado a perda total de uma torre da empresa;

- é necessário complementar o sistema de tratamento existente, com processos de tecnologias avançadas, como separação por membranas (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa), troca iônica ou osmose reversa.

O procedimento mais adequado para a empresa seria, inicialmente, segregar os efluentes facilmente tratáveis e reciclá-los, de preferência no próprio processo ou através do reúso em cascata em outra operação. Com este procedimento ocorreria a redução do consumo de água, bem como a minimização dos volumes lançados no sistema de tratamento de efluentes.

Como exemplo de efluentes a serem segregados e suas aplicações, citamos:

- a água do processo de escaldagem, para uso em contra corrente no próprio processo;
- a água do enxágue final, para o enxágue inicial do dia seguinte;
- a água da lavagem dos pisos, carcaças, mesas de vísceras e lavagem de mãos, para lavagem de vísceras não comestíveis, após peneiramento;

- a água recuperada do processo de desinfecção, para as operações de limpeza;
- a água de retrolavagem dos filtros de areia, após filtração por membranas, para reúso no próprio processo.

Esgotadas as possibilidades descritas anteriormente, deve-se pensar em segregar os efluentes com cargas poluidoras mais elevadas e tratá-los individualmente, antes de encaminhá-los ao sistema centralizado de tratamento.

Os objetivos desse estudo foram alcançados, no que tange à proposição de medidas para redução do consumo de água, buscando um processo industrial econômico e sustentável ambientalmente.

O sistema de tratamento do efluente tratado deve ser aprimorado, observando o atendimento da legislação pertinente para os diferentes usos. Segundo CARR (2000), a aplicação de técnicas de análise de risco microbiológico, a implementação de programas de APPCC e a seleção de tecnologias de tratamento adequadas, podem ser mecanismos efetivos para reduzir os riscos associados ao reúso da água na indústria alimentar.

Com o reúso do efluente tratado, a empresa está deixando de captar da Bacia Hidrográfica do rio da Várzea um volume equivalente ao consumo de 6.310 habitantes e evitando o lançamento de uma carga orgânica equivalente a 240 pessoas, contribuindo para a minimização da degradação ambiental no município de Frederico Westphalen, apontada por MISSIO (2003), com a redução do impacto ambiental da atividade industrial na referida Bacia e o aumento da disponibilidade de água para outras finalidades.

Os resultados deste trabalho buscam um processo industrial econômico e sustentável ambientalmente e uma avaliação de todo o processo é recomendada, após implementação de todas as medidas sugeridas.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPECS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Relatório Anual 2006**. Disponível em <<http://www.abipecs.org.br>>. Acesso em: 13 Out 2007.

ACSURS - ASSOCIAÇÃO DE CRIADORES DE SUÍNOS DO RIO GRANDE DO SUL. Abate de suínos/SIF nos três estados do Sul – 2007. Disponível em <<http://www.acsurs.com.br>>. Acesso em: 11 Out 2007.

AMORIM, A.K.B., NARDI, I.R., NERY, V. Water conservation and effluent minimization: Case study of a poultry slaughterhouse. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 51: pp. 93-100, 2007.

ANDERSON, J. International guidelines for water recycling. In: **Water recycling and resource recovery in industry: Analysis, technologies and implementation**. IWA Publishing, 2002.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, Washington. DC. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Water Works Association, Water Environment Federation. 21<sup>th</sup> ed., 2005.

BALARINE, O. **Projeto Rio Santa Maria: a cobrança como instrumento de gestão**. Porto Alegre, EDIPUCRS, 2000.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DIPOA. Decreto Lei Nº 30.691, de 29 de março de 1952, alterado pelo Decreto Lei Nº. 21255, de 25 Jun 1962 **Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências**.

\_\_\_\_\_. Decreto Nº 99.274, de 06 de junho de 1990. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e dá outras providências**.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. Lei Nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997a. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Decreto Federal Nº. 368, de 04 de setembro de 1997b. **Aprova o Regulamento Técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos elaboradores/industrializadores de alimentos**.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria Nº. 46, de 19 de fevereiro de 1998. **Institui o Sistema de Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle – APPCC.**

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. Programa de Estruturação Institucional para Consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos – BRA/OEA/01/002. Relatório Único. **Caderno Regional da Região Hidrográfica do Uruguai.** 2006.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005a. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.**

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução Nº 54, de 28 de novembro de 2005b. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.**

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.**

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria Nº 1428, de 26 de novembro de 1993. **Aprova o Regulamento Técnico para inspeção sanitária de alimentos, as Diretrizes para o estabelecimento de boas práticas de produção e de prestação de serviços na área de alimentos e o Regulamento Técnico para o estabelecimento de padrão de identidade e qualidade para serviços e produtos na área de alimentos.**

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA SAÚDE - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria Nº SVS/MS Nº 326, de 30 de julho de 1997c. **Aprova o Regulamento Técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos.**

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA SAÚDE - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC Nº. 275, de 21 de outubro de 2002. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico de procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos e a lista de verificação das boas práticas de fabricação em estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos.**

CARR, R. Public Health Implications of Water Reuse in the Food and Beverage Industry. **In: ILSI Seminar: Reuse of Process Water in the Food and Beverage Industries.** Pretoria, South Africa, 2000.

CASANI, S., KNOCHER, S.. Application of HACCP to water reuse in food industry. **Food Control**, v. 13: pp. 315-327, 2002.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION (FAO/WHO). Codex Committee on Food Hygiene. **Proposed Draft Guidelines for the Hygienic Reuse of Processing Water in Food Plants**. Thirty fourth Session, Bangkok, Thailand, 2001.

CHILE. CONAMA - COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. **Guia para el control y prevención de la contaminación industrial** – Indústria processadora de la carne, 1998.

COOGERVA - COOPERATIVA CENTRAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA RIO DA VÁRZEA LTDA. **Relatório Ambiental Simplificado para Licenciamento Prévio de PCH dos empreendimentos: PCH Linha Jacinto e PCH Linha Aparecida, no Rio da Várzea** Volumes 1 e 2, apresentado à Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM/RS, 2002.

CROOK, J. Critérios de qualidade da água para uso. Tradução Hilton F. dos Santos. **Revista DAE – SABESP**, São Paulo, nº 174: p.10-15, 1993.

DEUL, A. Systematic approach to water resource management in industry. In: **Water recycling and resource recovery in industry: Analysis, technologies and implementation**. IWA Publishing, 2002.

ENVIRONMENT AGENCY, Bristol. **Guidance for the slaughtering of animals (cattle, sheep and pigs) sector**. Integrated Pollution Prevention and Control IPPC S6.12 Issue 1 Modified on 05 January, 2005. Disponível em: <<http://publications.environment-agency.gov.uk/pdf/GEHO1205BJZI-e-e.pdf>>. Acesso em: 07 Set 2006.

ENVIROWISE, United Kingdom. **Environmental Good Practice Guide: Cost-Effective Water Saving Devices and Practices - GG67**. 1997. Disponível em <[www.envirowise.gov.uk](http://www.envirowise.gov.uk)> Acesso em: 02 Jul 2006.

\_\_\_\_\_. United Kingdom **Environmental Good Practice Guide: Reducing Water and Effluent Costs in Red Meat Abattoirs - GG234**. 2000. Disponível em <[www.envirowise.gov.uk](http://www.envirowise.gov.uk)> Acesso em: 01 Jun 2006.

FATTA, D., MARNERI, M., PAPADOPOULOS, A., MOUSTAKAS, K., HARALAMBOUS, K.J., LOIZIDOU, M. Development of guidelines on best practices for the slaughter of animals in Cyprus. **Waste Management**, v. 23: pp. 157-165, 2003.

FEPAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Região Hidrográfica do Uruguai**. Disponível em <[www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br)> Acesso em: 12 mai 2007.

FIESP / CIESP. FEDERAÇÃO DAS ÍNDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO / CENTRO DAS ÍNDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, São Paulo. **Conservação e Reúso de Água - Manual de Orientações para o Setor Industrial**, v.1, 2004.

INTEC - CORPORACIÓN DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA. Chile **Documento de Difusión Opciones de Gestión Ambiental - Sector Mataderos**. 1998.

JORDÃO, E.P., PESSOA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 2005. 932p

LAZAROVA, V. Potentials of biotechnology in water and resource cycle management. In: **Water recycling and resource recovery in industry: Analysis, technologies and implementation**. IWA Publishing, 2002.

LENS, P.N.L.; VALLERO, M.; GONZALES, G.L. *et al.* Environmental protection in industry for sustainable development. In: **Water recycling and resource recovery in industry: Analysis, technologies and implementation**. IWA Publishing, 2002.

LEVINE, D.A. & ASANO, Water reclamation, recycling and reuse in industry. In: **Water recycling and resource recovery in industry: Analysis, technologies and implementation**. IWA Publishing, 2002.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reúso de água**. Barueri, São Paulo: Editora Manole, 2003. 579p.

MERCOSUR - GRUPO MERCADO COMUM. Resolução N°. 80, de 11 Out 1996. **Aproba el Reglamento Tecnico Mercosur sobre las condiciones higienico sanitarias y de buenas practicas de elaboración para establecimientos elaboradores/ industrializadores de alimentos**. 1996.

METCALF & EDDY, INC. Wastewater Reclamation and Reuse. In: **Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse**. New York, McGraw Hill, Inc. , Third Edition , pp.1137-1191, 1991.

MIERZWA, J.C. **O uso racional e o reúso como ferramenta para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria - estudo de caso da Kodak Brasileira**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2002. 367p. (Tese de doutorado).

MIERZWA, J.C., HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo, Oficina de Textos, 2005. 143p.

MISSIO, E. **Proposta conceitual de zoneamento ecológico-econômico para o município de Frederico Westphalen/RS**. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, 2003. 181 p (Tese de doutorado).

PINJING, H., PHAN, L., HERVOUET, G. Reclaimed municipal wastewater - a potencial water resource in China. **Water Science and Technology**, v. 43 (10): pp. 51-58, 2001.

SEMA - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONSEMA Nº. 01, de 20 Mar 1998. **Dispõe sobre o Sistema de Automonitoramento Fixa condições e exigências para o Sistema de Automonitoramento de Efluentes Líquidos das Atividades Poluidoras Industriais localizadas no estado do Rio Grande do Sul - SISAUTO**. 1998.

SEMA - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONSEMA Nº. 128, de 24 Nov 2006a. **Dispõe sobre a fixação de critérios e padrões de emissão para fontes de emissão que lancem seus efluentes líquidos em águas superficiais do estado do Rio Grande do Sul**. 2006a.

SEMA - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONSEMA Nº. 129, de 24 Nov 2006b. **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** 2006b.

SEMA/DRH - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE / DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório Anual sobre a Situação dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul**, 2002.

SENAI – SERVIÇO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Porto Alegre. **Princípios Básicos de Produção Mais Limpa em Matadouros Frigoríficos**. Série Manuais de Produção Mais Limpa, 59p. 2003.

STOOP, M.L.M. Application of a mathematical calculation model to reduce slaughterhouse (water) pollution in developing countries. **Technovation**, v. 19: pp. 323-331, 1999.

TALAMINI, D. J. D. **Evolução recente e perspectivas da suinocultura brasileira para 2005**. Disponível em <<http://www.cnpsa.embrapa.br>>. Acesso em: 13 Out 2007.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME & DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Danish Ministry of Environment and Energy. **Cleaner Production Assessment in Meat Processing**. Dinamarca, 83p., 2000.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Title 22-California Code of Regulations. Berkeley: Environmental Health, Department of Health Services**, 2001.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Development document for the proposed effluent limitations guidelines and standards for the meat and poultry products industry point source category (40 CFR 432)**. EPA-821-B-01-007. Washington, DC, USA, 2002.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse**. EPA/625/R-04/108. Washington, DC, USA, 2004.



WHO & FAO - WORLD HEALTH ORGANIZATION & FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Roma. **Understanding the Codex Alimentarius**, 2005a.

\_\_\_\_\_. WORLD HEALTH ORGANIZATION & FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Roma. **Higiene de los Alimentos. Textos Básicos**, 2005b.

WORLD BANK. Meat processing and rendering **In: Pollution Prevention and Abatement Handbook**. Washington. pp. 337-340, 1998.

**ANEXO 1**

## Evaluation of water use and wastewater reuse and a proposal for water consumption optimization: A case study at a pig slaughterhouse in Southern Brazil

E. I. F. Krieger<sup>a,b\*</sup>, M. T. R. Rodriguez<sup>b</sup>, E. M. P. N. Canizares<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Fundação Estadual de Proteção Ambiental, Rua Carlos Chagas, 55, CEP 90.030-020, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

<sup>b</sup>Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Setor 4, Prédio 43422, CP 15007, CEP 91.540-000, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

\* Corresponding author. Tel.: +55-51-32251588; fax: +55-51-32122734  
E-mail address: [elisabethifk@fepam.rs.gov.br](mailto:elisabethifk@fepam.rs.gov.br) (E.I.F. Krieger)

### Abstract

The water consumption in the food industry is intense due to strict sanitary regulations, but usually excessive. In a world where the water is becoming a rare commodity it is necessary to implement procedures that allow a better use of this resource without causing sanitary concerns. This study was performed in a pig slaughterhouse located in Southern Brazil, with a slaughter capacity of 1150 pigs per day. Its major focus was the determination of the specific and global water consumption, the major needs of improvements toward water use minimization and the suitability of the treated wastewater to fulfill water uses in the plant. The water consumption in the facility of 776 L/pig was determined and the observations in the process showed that with the implementation of the cleaner production recommendations (BAT), it would be possible to reduce it to 480 L/pig. According to the proposals here presented the reductions in the water consumption could reach: cleaning and sanitizing (81%), holding pens washing, pigs watering and trucks washing (64%), stunning and bleeding (79%), evisceration and splitting (55%), casing processing (47%) and scalding and dehairing (31%). A study to minimize the water use and pollution charge generated in the holding pens was done, and showed a daily reduction of 16.92 Kg COD and 84% of water. When compared to literature data, the operation of the cooling towers should be improved due to the great water consumption (26% of total). The physical, chemical and biological parameters of the treated wastewater were analyzed following procedures described by APHA, and, when compared to requirements for different water uses, its quality showed that, in order to be reused in the facility, additional treatment is needed, mainly for the reduction of the salt content and towards drinking water standards.

*Keywords: Wastewater; Pig slaughterhouse; Water reuse; Cleaner production; Water consumption.*

### 1. Introduction

#### 1.1. General

Many landscapes that used to show abundance of water resources recently begun to demonstrate signs of drought. This phenomenon may be associated with a myriad of factors, among them we may cite: excessive exploitation, pollution of the water sources, lavishness in the water use and the extenuation of the rivers. As a counter point, the concept of rational use or reuse of water resources is being considered as a proper alternative to face the problems caused by the scarcity and pollution of the water bodies (Mierzwa and Hesperhol, 2005).

In the pig slaughterhouses water is used for many purposes, among them: washing holding pens, trucks, offal and carcasses; scalding; washing and sterilizing equipment, knives and floor; in the transportation of products and residues; to feed boilers and for cooling compressors and condensers. Cleaning operations are the major consumers of water in these facilities, since equipment, walls and floors of process areas must be washed and sanitized at least once a day. Cleaning and carcass washing operations typically account for more than 80% of a slaughterhouse total water use. Almost all the water that enters a slaughterhouse turns effluent (80 to 95%). This effluent is marked by the presence of organic matter, due to the presence of manure, blood, grease; also contains high concentrations of sodium, nitrate and phosphorus; and high densities of total coliform, fecal coliform and fecal streptococcus groups of bacteria (UNEP, 2000).

A benchmark is a number that acts as a guide to the level of best practice that is achievable in a specific area and demonstrates an environmental performance. Often, suitable benchmarks are difficult to obtain and to use for the meat processing industry. The amount of water expended by animal slaughtered, generate a benchmark, which may varies among the plants, according to a sum of factors: dimensions of the operation; the variety of process; the layout of the plant; the kind or size of the animals; the procedures used and how much of the process is automatic (Envirowise, 2000; UNEP, 2000). Moreover the existent benchmarks are not necessarily related to the kind of process one is dealing, due to differences in the age or weight of the animal, or the type and efficiency of the processing facility, causing a flaw in the comparison. Another common difficulty is that there are discrepancies among the throughput units, making it even harder

to compare different plants. So, it is strongly recommended that an industry first determine its own environmental goals, and after they are reached, compare theirs to others, from other plants, or other countries.

In Table 1, we enumerate benchmarks in three countries that relate to the level of technology used. The traditional technology is generally used in medium to large abattoirs with low utilization of installed capacity and no cleaner production, it is typically used in developing countries. The average technology is used in large slaughterhouses with minimal cleaner production methods and is common in many Western countries. The Best Available Technology (BAT) approach is used in industrial slaughterhouses with good utilization of the installed capacity, high throughput and good practices in all segments. In the late 80's, for each slaughtered pig, an average European slaughterhouse needed 140 L of cooling water, 310 L of process water and 10 L of process water for steam production, resulting in a total 460 L/pig. In the meantime the process water use has been halved (230 L/pig) due to good housekeeping and the high level of reuse of cooling water (Stoop, 1999).

In order to harmonize the environment with the economical requirements and to achieve a sustainable development national and local policies must be established. In Brazil, through the Federal Law n° 9433 (Brazil, 1997a) the National Policy of the Water Resources was sanctioned, and water was recognized as a limited and valuable natural resource, which must be managed by economic instruments as taxation and conveyance. The amount of water taken out from a river or the wastewater to be put in it, results in more taxation, this aspect favors the conservation and the reuse of the water. Recently, the National Council of Water Resources issued the first national regulation concerning the thematic of reuse of non-potable water, the Resolution n° 54 (Brazil, 2005), establishing modes, criteria and directions to its use. It must also be emphasized that the environmental regulations/legislation concerning the discharge of effluents are becoming increasingly stringent, and often implicating in elevated investments from the industries to achieve the established standards. In order to minimize costs, impacts and wastefulness of this scarce resource, the reutilization of water supply became mandatory, in all sectors of our society.

The water consumption in the food industry is intense due to strict sanitary regulations and usually excessive, mainly because the personnel do not take care on how much water they are using and the cost of it, as for environmental impacts generated (Codex Alimentarius, 2001). In Brazil, the law that deals with sanitary requirements to animal products is the n° 30691 (Brazil, 1952) and in its paragraph 62 establishes standards to the water used in meat processing plants. In recent years the "Technical guidelines to the sanitary and hygienic conditions and to the good practices to food preparation industry" was approved through the Statute n° 368 (Brazil, 1997c) and Statute n° 326 (Brazil, 1997b). These regulations main purpose was to establish the use of drinking water in most of the procedures, drinking water defined as described in Regulation n° 518 (Brazil, 2004). The "Technical guidelines to the sanitary and hygienic conditions and to the good practices to food preparation industry" incorporate the requirements of the "Proposed draft guidelines for the hygienic reuse of processing water in food plants" (Codex Alimentarius, 2001). This guideline establishes that reclaimed and reused wastewater may replace potable water, under carefully considered circumstances where public health will not be compromised. Also it anticipates that water reuse practices should include, but would not necessarily be limited to: the washing of product; the movement of product; the cleaning of equipment and food processing facilities (including floors, walls and ceilings); and the generation of steam for multiple purposes including indirect contact with product. According to these guidelines the water quality to be reused in food processing must be in accordance with the proposed objectives and the major concern is the uncertainty about the control of pathogenic microorganisms and their potential health effects (Levine and Asano, 2002). Application of a hazard analysis critical control point (HACCP) to water reuse in food industry is indicated (Casani and Knochel, 2002; Casani, et al., 2005; Casani et al., 2006).

This work was developed in a pig slaughterhouse, which process 1150 animals/day and also undertakes the further processing of meat products and by-products. Its initial goal was to evaluate its water consumption, by identifying the main pathways and quantifying the volume of water used in each one and estimates an index (benchmark) for that specific process. After that, by comparison with data obtained from Cleaner Practices and BAT reference documents, as well as data from similar industries, we try to demonstrate the possibility of water consumption minimization. As an initial target of optimization, a study of the implementation of a simple procedure to minimize the water use and pollution charge generated in the holding pens was done. In order to evaluate the quality and adequacy of the treated effluent for reuse at the industrial process, its main physical, chemical and biological parameters were analyzed.

This paper may contribute in the reduction of water consumption, towards cleaner production and in the pathway to sustainable development in the industry process, as endorsed by Agenda 21, observing the legal and sanitary requirements for an industry in operation.

### *1.2. Site and process overview*

The industry is situated at the municipality of Frederico Westphalen, in the northwest part of Rio Grande do Sul State, Southern Brazil (Latitude S 27°21'06.3" e Longitude W 53°23'42.2"), as shown in Fig. 1.

The basic process for slaughtering and processing pigs is shown in Fig. 2, following these steps:

1. Pre-handling of pigs – Pigs are delivered to the abattoir in trucks and held for some hours in holding yards where they are fasted to reduce the amount of intestinal contents.
2. Stunning and bleeding – Pigs are stunned using an electric shock, after which they are bled. Bleeding is carried out using a knife, which directs the blood to a collection trough, from where it is pumped to a tank for further processing.

3. Dehairing and finishing – Hair is removed from the pig carcasses, by scalding in hot water followed by scraping. Carcasses are then singed to remove the remaining hair.
4. Evisceration and splitting – In the evisceration area, the stomachs are opened and the viscera removed. The breastbone is split and the plucks (heart, liver and lungs) are loosened and removed. The carcasses are then beheaded and split along the backbone.
5. Chilling, cutting and boning – the carcasses are chilled rapidly overnight before subsequent processes of cutting and boning can take place.
6. By-product processing – Edible offal components and casings (intestinal tract) are separated from the viscera and sent on for cleaning and further processing.
7. Rendering – At various stages in the process, inedible by-products such as bone, fat, heads, hair and condemned offal are generated. These materials are sent to the rendering section for rendering into feed materials and tallow.
8. Further processing of meat products – production of ham and sausages.

All water used in the production process, for cleaning and sanitizing the facility, hands and boots washing, holding pens washing, trucks cleaning and the blowdown of the cooling towers goes to the on site wastewater treatment system (WTS). This system is described in Fig. 3. Previously, the WTS ended after the fifth facultative pond, but as the water reuse became an option, the last three steps were added in order to achieve drinking water standards.

## 2. Materials and methods

This work was achieved through the following activities in the time period from December 2005 to July 2006. The initial approach was to determine the water flux in the whole industry process, as well as do the measurements of the water consumption in every step of it. With the results obtained, the benchmark for this facility was calculated. This benchmark was compared with data from reference literature, for the whole process, which are presented in Table 1. With the results obtained of every step it was possible to find a water consumption index in L/pig, and these were also compared with data from reference literature and from similar industries, as presented in Tables 2 and 3. In order to make the comparison sounder, among the reference values, the choice followed the criteria below:

- Similarity of the process;
- Characterization of the use of the Best Practices and/or BAT, when obtaining the value;
- Adequacy of the value (sometimes some steps are added, and one must check if its proper to use it in our case or no);
- When all the others criteria are fulfilled, the smallest number is chosen, so the optimization achieved may be maximized.

After that, the major points of lavishness were identified and a cleaner production assessment, including a list of suggestions to improve the water use was done.

To demonstrate how any improvement may result in better water use efficiency, an experiment in the holding pens was designed and tested, and is described in item 2.2.

An evaluation of the suitability of the reclaimed wastewater for reuse through the assessment of physical, chemical and biological parameter was done as described in item 2.3.

### 2.1. Survey of water use

Having the previous knowledge of slaughterhouse schematics as shown in Fig. 2, the water consumption was measured in each step of the process by readings from water meters in the sectors where it was available and by filling a container of known volume.

### 2.2. Introduction of BAT through a water conservation practice

A water conservation practice was introduced by carrying out a study in the holding pens. The facility has 18 holding pens for pigs, and each one has a drinking water reservoir of 340 L of capacity, that is discharged after releasing the animals. This study evaluated the amount of water used in the cleaning as well as the quality of the wastewater generated in this process, by analyzing its COD (APHA, 2005), as this effluent has a high organic load content. The first step was to measure all the water used in the process and collect two samples, where the COD was analyzed. After that, another procedure for cleaning the holding pens was tested: first, the manure and others impurities were scraped out the pen, only after that it was washed. The water used was measured again, as the COD in two samples. The reduction in water consumption and in the COD load were calculated and extrapolated to the total of holding pens, and the results are presented in Table 5.

### 2.3. Analysis of the wastewater

The following representative parameters of meat processing wastewaters and with significance in water reuse systems were analyzed: pH, organic content (BOD and COD), suspended solid (SS), turbidity, E. coli, ammonia, nitrogen, nitrite,

nitrate, total dissolved solids (TDS), chloride (USEPA, 2002; USEPA, 2004), iron, manganese, conductivity (EC), alkalinity, hardness and sulfate.

In order to evaluate the effectiveness of the wastewater treatment system (WTS), as well as the quality of the reclaimed water for reuse, two points of sample collection were chosen and two campaigns of single sampling procedures were done. The sampling stations were the exit of the fifth pond (SS1) and the exit after the chlorination (SS2). The SS1 samples were evaluated according to the Resolution 128/2006 (Rio Grande do Sul, 2006) and the SS2 samples considering the water requirements for boiler feedwater, recycle cooling water makeup and drinking water required for the production process.

All the sampling procedures, sample preservation and analyses were performed by the State of Rio Grande do Sul Environmental Protection Agency "Henrique Luiz Roessler"– FEPAM staff, and followed the procedures established in the Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

### 3. Results and discussion

#### 3.1 Water use in the industrial plant

The data in Fig. 4 indicate the water consumption at the facility. It must be considered that the water consumption for further processing of meat products and rendering is computed in cleaning, sanitizing and boiler consumption. The slaughtering process is responsible for the major consumption (39%), followed by the cooling towers (26%) and the cleaning and sanitizing process (18%). The remaining consumption is distributed as follows: boiler (4%), hands and boots washing (4%), holding pens washing and pigs watering (4%), trucks cleaning (1%) and toilets (4%). The total amount of water used in the facility is 893 m<sup>3</sup> per day for the total production capacity.

To facilitate the understanding of optimization of the water use, we will separate the analysis of the consumption, setting aside the slaughtering for now, and focusing on the remaining processes first. A comparison between the water consumption at the facility with benchmark consumptions using cleaner production assessment (CPA) and figures of similar industries is shown in Table 2. Considering the percent consumption in our case compared to the ones of similar industries, all the process show results below or within the expected range, with the exception of the cooling towers. The use of 26% of water in this process shows that it is excessive and is covering up the water use of the other processes compromising the percentage analysis. Therefore, for the remaining processes, we will emphasize our analysis in the water consume in L/pig, as presented in the first and last columns of Table 2. The cooling, the cleaning and sanitizing processes are the major water consumers, and we must focus our efforts in these. The following theoretical reductions were obtained, by comparison of our data and the least consumption found. For the case of 2 and 3, the comparison was done by the index presented by UNEP (UNEP, 2000), for the sum of the two process, due to its significance. If, best available techniques and best environmental practices were applied to this facility and considering the selected benchmark, it would be possible to reduce the water consumption as follows: cleaning and sanitizing (81%), holding pens washing, pigs watering and trucks washing (64%).

The details of the water consumption focusing only in the slaughtering process are shown in Fig. 5. The evisceration-splitting step is responsible for the major consumption (37%), followed by the casings processing (28%). The remaining consumption is distributed as follows: scalding and dehairing (11%), washing of inedible offal (9%), bleeding (7%), pig washing (2%), stunning (2%), singeing-polishing (2%) and carcass flushing (2%). A comparison between the water consumption at the slaughtering process with benchmarks consumptions using cleaner production assessment (CPA) and figures of similar industries is shown in Table 3. Considering the percent consumption it shows again that the large percentage of water use in the cooling towers is covering up the water use of the other processes compromising the percentage analysis. Therefore, we will emphasize our analysis in the water consumption in L/pig, as presented in the first and last columns of Table 3.

The major water consumers in the slaughtering process are: the evisceration and splitting; casing processing; and the bleeding. So we must focus our efforts in these, mostly in the process that presents larger disparity between the data measured and the reference ones. The following theoretical reductions were obtained, by comparison of our data and the least consumption found. For the case of 1 and 2, the comparison was done by the index presented by UNEP (UNEP, 2000), considering the sum of the two processes, due to its significance, but it must be stressed that the bleeding process is the one that uses more water (19.7 L/pig). For the case 3i, 3ii and 3iii the comparison was done by the index presented in a model case (Stoop, 1999), for the sum of the three processes, due to its significance. If, best available techniques and best environmental practices were applied to the major water consumers of the slaughtering process, it would be possible to reduce the water consumption as follows: stunning and bleeding (79%), evisceration and splitting (55%), casing processing (47%). If we consider the overall hide treatment, the water consumption is lower than the index obtained with the use of cleaner production, but if we look at the scalding and dehairing step it shows that still some reduction is possible, because it can be reduced by 31%. Washing of inedible offal has no comparable reference.

#### 3.2. Cleaner production assessment - water conservation

The global water consumption in the facility is of 776 liters per pig. When we compare this consumption with the figures presented in Table 1, we may see that it is comparable with the benchmark of large pig slaughterhouses in Denmark of average technology using minimal cleaner production methods. It also shows that it is far from the benchmark for slaughterhouses using BAT, which is 300 liters per pig (UNEP, 2000).

If the process under study, after applying the suggestions presented in Table 4, undergoes all the percentage reductions calculated in the previous paragraphs, the water consumption could reach 480 L/pig which is a figure much closer of the one presented by Denmark at Table 1, even considering that all steps of the slaughtering process were not evaluated.

The facility evaluated is already using some cleaner procedures, e.g., the water used for cleaning trucks is the one recycled from the third lagoon of the treatment system. The condensate of the rendering plant is conducted to the boiler and automatic control systems operate the flow of water in hand-wash and boots stations. Beside process emission reductions, attention should be given to sources of water lavish which have to be eliminated such as: spills, storage tank leaks, pipe leaks, and leakage from flanges, pumps, seals and valve glands (Fatta et al., 2003). Water consumption can also be optimized monitoring usage rates on a regular basis installing water meters for separate departments and even for individual processes or pieces of equipment. It's also important to observe the following aspects:

- production should be scheduled to diminish the number of breaks, and hence the number of cleanings required during each shift (Envirowise, 2000);
- the equipment should be cleaned immediately after finishing each operation to avoid accumulation and decomposition of materials;
- automate operations to avoid dependence of employers attention, putting luminous identifiers, alarms, level controls in order to avoid leakages of materials and problems related to product quality;
- fitting drains with screens and/or taps to prevent solid materials from entering the effluent system.

The cleaner production technique, carried out at the holding pens described in the item 2.2, has the results for one unit presented in Table 5 showing a reduction of 45 L of water use and 0.94 Kg of COD. Considering that 18 holding pens are cleaned daily at the facility, the overall organic load reduction would be of 16.92 Kg COD, which is equivalent to the organic load generated by 313 people. The water consumption for holding pens washing and pigs watering could be reduced to 6.1 m<sup>3</sup>, which is very low when compared to the volume used now at the facility (39 m<sup>3</sup>). We conclude that the recommendations presented in Table 4 for this process should be accomplished.

### 3.3. Evaluation of the reclaimed wastewater

The results for SS1 and SS2 for the time period of this study are presented in Table 6. SS1 has to fulfill the emission standards established by the FEPAM if discharged, meanwhile SS2 has to fulfill standards for water reuse, these may vary according its final use, as described in Table 7. It must be emphasized that the behavior of EC and TDS, was critical in the quality control of the reclaimed water since the main purpose of the wastewater treatment system is to remove organic pollution.

Considering the data presented for SS1, in Table 6, all the results were in accordance with the Resolution 128/2006 (Rio Grande do Sul, 2006), and could be discharged in nearby stream waters.

In Table 7, different references show a pH range of 6.0–10 for almost all purposes. In order to simplify the comprehension of the analysis, three major references will be adopted. 1) For the analysis of the boiler feedwater Metcalf and Eddy (1991) present values for most of the parameters, and these will be the ones adopted in this paper to evaluate the results for SS2 showed in Table 6. For this case the parameters of concern, according to the boiler type are:

- Low Pressure (< 10 bar) – for this use, the reclaimed water presents restrictions due to the COD, TDS and NH<sub>3</sub>-N, whose parameters are many times over the required quality.
- Intermediate Pressure (10 to 50 bar) – for this use, the reclaimed water presents restrictions due to the COD, hardness, TDS and NH<sub>3</sub>-N, whose parameters are many times over the required quality. For the parameter SS, we have it lower than the detection limit that was of 10 mg/L in that sample.
- High Pressure (>50 bar) – for this use, the reclaimed water presents restrictions for all the parameters, except pH.

2) For the analysis of the recirculation cooling water make up the Water Reuse Regulations and Guidelines in the USEPA (EPA, 2004) present values for some of the parameters and these will be the ones adopted in this paper to evaluate the results for SS2 showed in Table 6. It must be emphasized that these values are very case specific and have different requirements for the use of reclaimed water as cooling water, based on whether or not a mist is created. If a mist is created, a total coliform limit of 2.2/100 ml median must be achieved. We decided to use this standard here due to the sanitary needs of the industry under study. For this case the parameters of concern attend the requirements. But, EPA does not have values to TDS and chloride and for these we shall use the values from Pinjing et al.(2001) For this case the parameters of concern are:

- Chloride and TDS – the results for these parameters are not adequate for cooling water make up and show that the reclaimed water has a considerable amount of salt content.

3) For the analysis of the drinking water standards the Brazilian legislation (Brazil, 2004) will be adopted in this paper to evaluate the results for SS2 showed in Table 6. For this case the parameters of concern are:

- E. coli – for this use, the reclaimed water does not attend the required quality to be used in the process.
- Chloride and TDS – the results for these parameters are not adequate for drinking water standards and shows that the reclaimed water has a considerable amount of salt content.

The chief barrier for reuse of water in the food industry is the risk of microbiological contamination of food and the production area. The microbiological quality of the water to be reused must be guaranteed and monitored at all times (Casani and Knochel, 2002) and the results obtained for E coli are indicative that there is no contamination in the reused wastewater.

#### 4. Conclusion

The overall water consumption of a big slaughterhouse in Southern Brazil was measured and evaluated. The major points of concern were identified, and suggestions of procedures to reduce the water consumption were presented. The results showed a water consumption of 776 L/pig and that, with the implementation of the cleaner production recommendations (BAT), it would be possible to reduce it to 480 L/pig as follows: cleaning and sanitizing (81%), holding pens washing, pigs watering and trucks washing (64%), stunning and bleeding (79%), evisceration and splitting (55%), casing processing (47%) and scalding and dehairing (31%).

A study done at the holding pens showed that the daily organic matter load of the effluent could be drastically reduced on 16.92 Kg COD by a simple procedure of scrapping the manure before cleaning them. Additionally, this procedure would diminish the COD of the treated effluent after the chlorination (SS2), minimizing the restrictions of its use in the boilers.

The operation control of the cooling towers should also be improved due to the great water consumption (26% of total).

The results demonstrated a great potential to water reuse, but the quality of the treated wastewater revealed that, in order to be reused in the facility, additional treatment is needed, mainly in the direction of the reduction of the salt content and towards drinking water standards. In order to achieve this goal new stages in the water treatment plant are needed, and it must also be considered the segregation of high strength streams, which must be treated separately in order to improve the efficiency of the treatment system.

All the results of this work look at a better economic and sustainable approach to the production process and an evaluation of the overall process is recommended after carrying out the proposed measures.

#### 5. Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the State Environmental Foundation of Rio Grande do Sul and the Federal University of Rio Grande do Sul for financial and operational support and to the Frigorífico Mabella Ltda., for providing access to its facilities.

#### References

1. Amorim, A.K.B., Nardi, I.R., Nery, V., 2006. Water conservation and effluent minimization: Case study of a poultry slaughterhouse. *Resources, Conservation and Recycling*, doi:10.1016/j.resconrec.2006.08.005.
2. APHA, 2005. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, DC: Published jointly by: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 21<sup>th</sup> ed..
3. Asano T., Mujeriego, R., Parker, J.D., 1988. Evaluation of industrial cooling systems using reclaimed municipal wastewater. *Wat. Sci. Tech.*, 20(10):163-174.
4. Brazil. Law N°. 30.691, dated March, 29, 1952, published in the Official Gazette of July 7, 1952, section 1.
5. Brazil. Law N°. 9.433, dated January 8, 1997a, published in the Official Gazette of January 9, 1997, section 1.
6. Brazil. Statute N°. 326, dated July 30, 1997b, published in the Official Gazette of August 1, 1997, section 1.
7. Brazil. Statute N°. 368, dated September 4, 1997c, published in the Official Gazette of September 8, 1997, section 1, p. 19.697.
8. Brazil. Regulation N°. 518, dated March 2, 2004, published in the Official Gazette of March 26, 2004, section 1.
9. Brazil. Resolution N°. 54, dated November 28, 2005, published in the Official Gazette of March 9, 2006, section 1.
10. Casani, S., Knochel, S., 2002. Application of HACCP to water reuse in food industry. *Food Control*, 13: 315-327.
11. Casani, S., Rouhany, M., Knochel, S., 2005. A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry. *Water Reserch*, 39: 1134-1146.
12. Casani, S., Leth, T., Knochel, S., 2006. Water reuse in a shrimp processing line: Safety considerations using a HACCP approach. *Food Control*, 17: 540-550.



13. Codex Alimentarius, 2001. Codex Alimentarius Commission: Codex Committee on Food Hygiene. Proposed Draft Guidelines for the Hygienic Reuse of Processing Water in Food Plants. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 34<sup>th</sup> Session, Bangkok, Thailand, 8-13 October 2001.
14. Council Directive 98/83/EC, 1998. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 relating to the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Communities, L 330, 05.12.1998, pp.32-54.
15. Envirowise, 2000. Environmental Good Practice Guide: Reducing Water and Effluent Costs in Red Meat Abattoirs. GG234 Crown Copyright.
16. Fatta, D., Marneri, M., Papadopoulos, A., Moustakas, K., Haralambous, K.J., Loizidou, M., 2003. Development of guidelines on best practices for the slaughter of animals in Cyprus. Waste Management, 23: 157-165.
17. Levine, D.A., Asano T., 2002. Water reclamation, recycling and reuse in industry. In: Water recycling and resource recovery in industry: analysis, technologies and implementation. IWA Publishing. Edited by P. Lens et al.
18. Metcalf and Eddy Inc., 1991. Wastewater engineering treatment, disposal and reuse. 3<sup>rd</sup> ed. McGraw-Hill Publishing Company, New York (DCN 00213);
19. Mierzwa, J.C., Hespanhol, I., 2005. Água na indústria: uso racional e reuso. Oficina de Textos, São Paulo, Brazil.
20. Pinjing, H., Phan, L., Hervouet, G., 2001. Reclaimed municipal wastewater - a potencial water resource in China. Wat. Sci. Tech., 43(10):51-58.
21. Rio Grande do Sul. Resolution N<sup>o</sup>. 128, dated November 24, 2006. Published in: <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/pdf/Resolucao128Efluentes.pdf>, accessed in 06/20/2007)
22. Stoop, M.L.M., 1999. Application of a mathematical calculation model to reduce slaughterhouse (water) pollution in developing countries. Technovation, 19: 323-331.
23. UNEP - United Nations Environment Programme & Danish Environmental Protection Agency. Danish Ministry of Environment and Energy, 2000. Cleaner production assessment in meat processing. Denmark, 83p.
24. UK Environment Agency, 2005. Guidance for the slaughtering of animals (cattle, sheep and pigs) sector. Integrated Pollution Prevention and Control IPPC S6.12 Issue 1 Modified on 05 January, 2005. Bristol. ISBN 0;
25. USEPA United States Environmental Protection Agency, 2002. Development document for the proposed effluent limitations guidelines and standards for the meat and poultry products industry point source category (40 CFR 432). EPA-821-B-01-007. Washington, DC, USA.
26. USEPA United States Environmental Protection Agency and U. S. Agency for International Development, 2004. Guidelines for water reuse. EPA/625/R-04/108, September. Washington, DC, USA.
27. Wijesinghe, B., Kaye, R.B., Fell, C.J.D. 1996. Reuse of treated sewage effluent for cooling water make up: a feasibility study and a pilot plant study. Wat. Sci. Tech., 33 (10-11): 363-369.

Table 1

Benchmarks for water use in pig slaughterhouse (L/pig)

Country	Traditional Technology	Average Technology	Best Available Technology (BAT)
Denmark <sup>a</sup>	1400	700	300
Canada <sup>a</sup>	-	-	180-230
United Kingdom <sup>b</sup>	-	-	160-230

<sup>a</sup>UNEP (2000); <sup>b</sup> UK (2005)

Table 4

Recommendations related to pollution prevention, cleaner production and recycling techniques

Process	Recommendations to be implemented at the facility
Cleaning and sanitizing	<ul style="list-style-type: none"> <li>• undertake dry cleaning before washing with water scrapping and sweeping solid materials from all surfaces (UNEP, 2000)</li> <li>• hoses end should be fitted with trigger hand operated spray nozzles with an advisable pressure of 25-30 bar (Fatta et al., 2003)</li> <li>• flat-jet nozzles should be used to provide maximum impact and velocity and spray angles of up to 60° provide wide coverage and a good sweeping (UNEP, 2000)</li> <li>• the wastewater from the final rinse should be used for the initial rinse on the following day</li> <li>• the consumption of detergents and disinfectants should be monitored (UNEP, 2000)</li> <li>• sanitizing should be applied as a fine spray to cleaned surfaces, rather than as a final rinse with hot water (UNEP, 2000)</li> <li>• regular monitoring of spray nozzle wear should be incorporate into maintenance programs</li> <li>• recovered water from disinfections may be reused for cleaning purposes (Casani, 2002)</li> <li>• use automatic control systems to operate the flow of water in knife sterilizers (UNEP, 2000)</li> </ul>

Cooling towers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• due a better control in order to improve the number of recycling cycles(UNEP, 2000)</li> </ul>
Boiler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• steam condensate may be recycled or reused directly elsewhere in the food processing plant (Casani, 2002)</li> </ul>
Hands and boots washing	<ul style="list-style-type: none"> <li>• educational program about water consumption reductions to improve the employees' awareness (UNEP, 2000)</li> </ul>
Trucks cleaning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• undertake dry cleaning of trucks prior to washing with water scraping bedding and manure into a solid waste storage container (UNEP, 2000)</li> <li>• establish a monitoring program to document the water usage(UNEP, 2000)</li> <li>• install a metered water dispenser (UK, 2005)</li> </ul>
Holding pens washing and pigs watering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hoses must be equipped with trigger-controlled spry guns with pressure of 18 bar and drivers have to be instruct in the proper use of them (UNEP, 2000)</li> <li>• use recycle water from cooling systems and vacuum pumps(UNEP, 2000)</li> <li>• dirty pigs should be segregated on arrival and given a preliminary wash before joining the rest of the animals(UNEP, 2000)</li> <li>• water troughs of drinking water should be designed and located to avoid overflowing and protected from damage by pigs (UNEP, 2000)</li> <li>• use of automatic watering equipment(UNEP, 2000)</li> </ul>
Stunning and bleeding	<ul style="list-style-type: none"> <li>• animals should not be bleed until they are located over the blood collection facility and they should be allowed to bleed in this location for a minimum period of seven minutes(UNEP, 2000)</li> <li>• routinely blood recovery yields assessing to check the effectiveness of the blood collection system(UNEP, 2000)</li> <li>• coagulated blood collected in the trough under the bleeding area need to be scraped away at regular intervals (UNEP, 2000)</li> </ul>
Hide treatment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• insulate the scalding tanks and cover them by a lid to avoid heat and evaporation losses</li> <li>• the scalding tank bottom should have a steep gradient towards the outlets to reduce water consumption for cleaning it and the wastewater should pass through a sedimentation tank, interceptor trap or sand trap before discharge (UNEP, 2000)</li> <li>• ensuring that water pressure and the number, placement and size of water nozzles are optimal; (UNEP, 2000)</li> <li>• the use of automatically operated scalding chambers can reduce the water consumption by 50-70% (UNEP, 2000)</li> <li>• hair should be collected by strainer at the dehairing area (UNEP, 2000)</li> <li>• cooling water can be reused as water sprays in the dehairing machines; (UNEP, 2000)</li> <li>• boiler condensate can be used as make-up water for the scalding tank (UNEP, 2000)</li> <li>• Scalding water may be reused directly, in counterflow pattern (Casani, 2002).</li> <li>• chiller water as makeup water for the scalding (USEPA, 2002)</li> </ul>
Evisceration and splitting	<ul style="list-style-type: none"> <li>• use offal transport systems that avoid or minimize the use of water (UNEP, 2000)</li> <li>• use water sprays of cool water with a pressure of less than 10 bar for carcass washing to avoid removing fat from the surface of the carcass (UNEP, 2000)</li> </ul>
Casing processing	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fasten of animals for a period of 12 to 24 hours prior to slaughter reduces the quantity of undigested materials in the intestinal tract making the evisceration process easier (UNEP, 2000)</li> <li>• use dry dumping techniques for the processing of pig stomach instead of wet dumping techniques (UNEP, 2000)</li> <li>• water from the final rinse of the casings should be collected and recycled or used for cleaning the large intestines and bungs (UNEP, 2000)</li> <li>• elimination of some unnecessary taps (UNEP, 2000)</li> </ul>
Washing of inedible offal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• recycled water from the slaughter floor, carcass washing, viscera tables and hand wash basins after screening should be used for washing of inedible offal for rendering (UNEP, 2000)</li> </ul>

Table 5  
Water consumption and organic load in holding pen washing with different procedures

Holding pen washing	Water consumption (L)	COD (mg/L)
Without manure removal	195	10,127–11,695
With manure removal	150	7,579–8,167

Table 6  
Characterization of the treated wastewater

Parameters <sup>a</sup>	After fifth pond (SS1)		After chlorination (SS2)	
	February 9, 2006	July 13, 2006	February 9, 2006	July 13, 2006
pH	8.2	6.8	7.2	6.8
Iron	0.06	0.18	0.08	0.02
Manganese	0.06	0.57	< 0.007	0.10
Alkalinity	127	166	63.2	38.2
Chloride	766	1269	327	748
EC	3130	4820	1450	3000
TDS	1570	NA	730	1499
Hardness	88	131	46	84
NH <sub>3</sub> -N	0.77	NA	< 0.50	NA
Nitrate	21.6	18.0	5.7	8.33
Nitrite	1.45	< 0.01	< 0.01	NA
Sulfate	36.2	57.0	71.4	105
E coli	11	80	1	< 2
BOD <sub>5</sub>	21	NA	<1	< 1
COD	78.5	139	21	18
SS	26	28	< 10	< 10
Turbidity	NA	94	NA	4

<sup>a</sup>All units in mg/L unless otherwise specified; E coli (NMP in 100ml); EC ( $\mu$ S/cm a 25°C); Turbidity (NTU) pH (pH units)  
NA= not available

Table 7  
Water quality requirements for boiler feedwater, recirculation cooling water makeup and drinking water

Parameter <sup>a</sup>	Water quality requirements									
	Industrial boiler feedwater (1) <sup>b</sup>			Recirculation cooling water makeup				Drinking water		
	Low pressure <10 bar	Intermediate pressure 10 to 50 bar	High pressure >50 bar	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
pH	7.0-10.0	8.2-10.0	8.2-9.0	<sup>c</sup>	6.8-7.2	6.0-9.0	6.5-9.0	6.5-9.5	6.0-9.5	NA
Iron	1	0.3	0.05	0.5	0.06	NA	NA	0.2	0.3	NA
Manganese	0.3	0.1	0.01	0.5	0.06	NA	0.2	0.05	0.1	NA
Alkalinity	350	100	4.0	350	NA	NA	350	NA	NA	NA
Chloride	<sup>c</sup>	<sup>c</sup>	<sup>c</sup>	500	90	NA	300	250	250	NA
Hardness	350	1.0	0.07	650	NA	NA	450	NA	500	20
NH <sub>3</sub> -N	0.1	0.1	0.1	<sup>c</sup>	1.3	NA	10-20	0.5	1.5	5
Sulfate	<sup>c</sup>	<sup>c</sup>	<sup>c</sup>	200	1150	NA	NA	250	250	10
TDS	700	500	200	500	NA	NA	1000	NA	1000	NA
COD	5	5	1.0	75	50	NA	75	NA	NA	NA
SS	10	5	0.5	100	13	25	10	NA	NA	NA
BOD	NA-	NA	NA	NA	10	30	10	NA	NA	NA
E. coli	NA	NA	NA	NA	NA	22 <sup>d</sup>	NA	0	0	NA
EC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2500	NA	NA
Nitrite	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.5	1	2
Turbidity	NA	NA	NA	NA	NA	10	5	NA	5	NA
Nitrate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	50	10	NA

<sup>a</sup> All units in mg/l unless otherwise specified; E coli (CFU in 100ml); EC ( $\mu$ S/cm, 25°C); Turbidity (NTU);

pH (pH units); <sup>b</sup> Quality of water prior to addition of chemicals used for internal conditioning

<sup>c</sup> Accepted as received (if meeting other limiting values); <sup>d</sup> 7-day median

(1) Metcalf and Eddy (1991); (2) Asano et al. (1998); (3) Adapted from USEPA (2004); (4) Pinjing et al. (2001); (5) Directive 98/83/EC (1998); (6) Brazil (2004); (7) Brazil (1952); NA=not available

Table 2.  
Comparison between water consumption at the facility, with CPA and in similar industries

Process	Water consumption at the facility (L/pig)	Water consumption at the facility (%)	Water consumption with CPA <sup>b</sup> (L/pig)	Water consumption in similar industries	
				(% of total consumption)	(L/pig)
1. Cleaning, sanitizing, hand and boots washing	173	22	NA	33 <sup>a</sup> ; 25 <sup>b</sup>	101 <sup>c</sup> ; 32.5 <sup>a</sup>
2. Trucks cleaning	7.8	1	15 <sup>(for 2+3)</sup>	5 <sup>a</sup>	7.8-29 <sup>a</sup> ; 15 <sup>c</sup>
3. Holding pens washing and pigs watering	34	4		7-22 <sup>b</sup> ; 3 <sup>a</sup>	13-30 <sup>a</sup>
4. Cooling towers	NS	26	NS	8 <sup>d</sup> ; 6 <sup>a</sup>	NS
5. Toilets	NS	4	NS	2-5 <sup>b</sup> ; 10 <sup>a</sup>	NS

<sup>a</sup> UK (2005); <sup>b</sup> UNEP (2000); <sup>c</sup> Stoop (1999); <sup>d</sup> Amorim et al. (2006)  
NS=not suitable; NA=not available

Table 3  
Comparison between water consumption in the slaughtering process, with CPA and in similar industries

Slaughtering process	Water consumption at the facility (L/pig)	Water consumption at the facility (%)	Water consumption with CPA <sup>b</sup> (L/pig)	Water consumption in similar industries	
				(% of total consumption)	(L/pig)
1. Stunning	4.5	0.6		NA	1-5 <sup>a</sup>
2. Bleeding	20	2.6	5 <sup>(for 1+2)</sup>	NA	3-4 <sup>a</sup>
3. Hide treatment	<i>i.</i> Scalding and dehairing	33	4.3	11 <sup>b</sup> ; 7 <sup>a</sup>	22.8-27 <sup>a</sup>
	<i>ii.</i> Singeing and polishing	7	0.9	60 <sup>(for i+ii+iii)</sup>	16-20 <sup>a</sup>
	<i>iii.</i> Carcass flushing	7	0.9	NA	NA
4. Evisceration and splitting	110	14.5	40	31 <sup>a</sup>	50 <sup>c</sup>
5. Casing processing	83	11	NA	9-24 <sup>b</sup>	44-68 <sup>a</sup>
6. Washing of inedible offal	26	3.4	NA	7-38 <sup>b</sup>	NA

<sup>a</sup>(UK, 2005); <sup>b</sup>(UNEP, 2000); <sup>c</sup>(Stoop, 1999); NA=not available

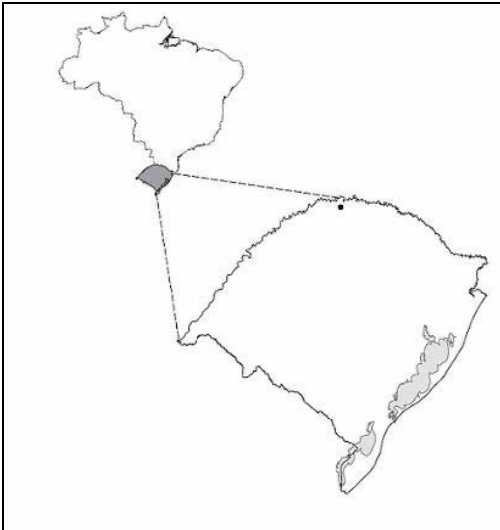


Fig. 1 Industry location

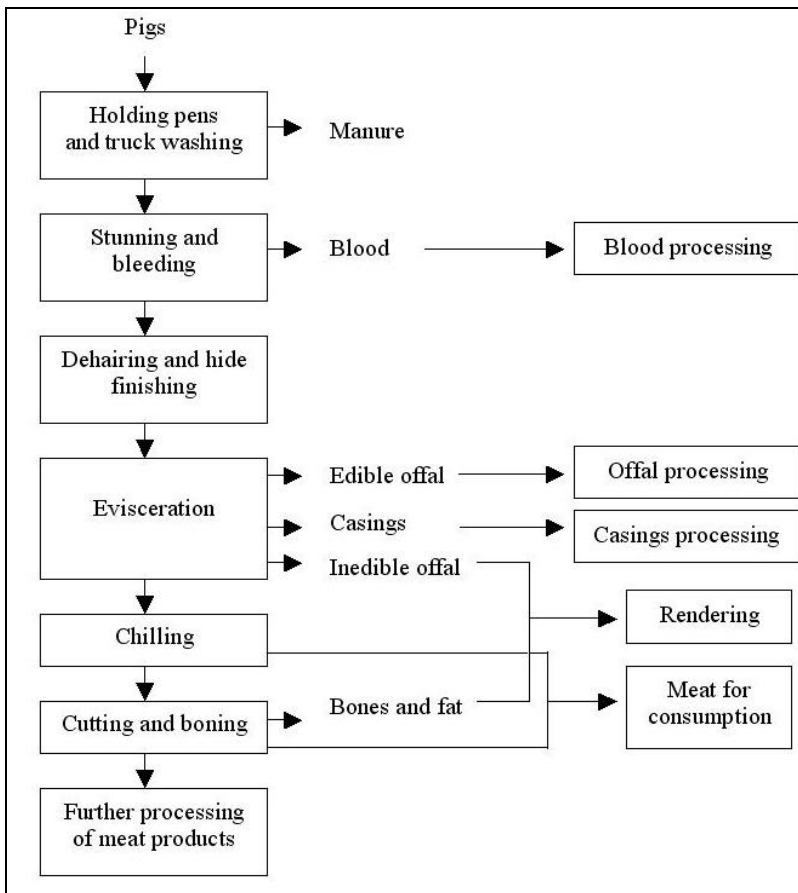


Fig. 2. Flow diagram for slaughtering of pigs

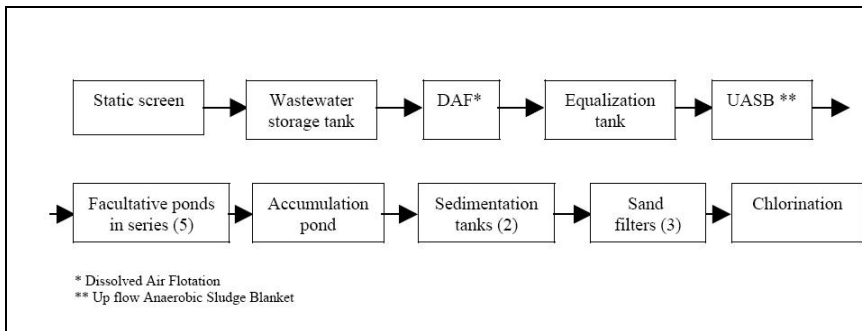


Fig. 3. Flow diagram of wastewater treatment

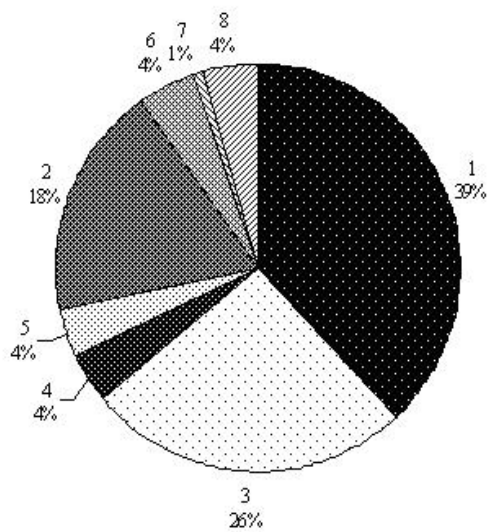


Fig. 4. Percent distribution of water consumption at the facility. (1) Skughtering process (2) leaning and sanitizing (3) cooling towers (4) boiler (5) hands and boots washing (6) holding pens washing (7) trucks cleaning (8) toilets

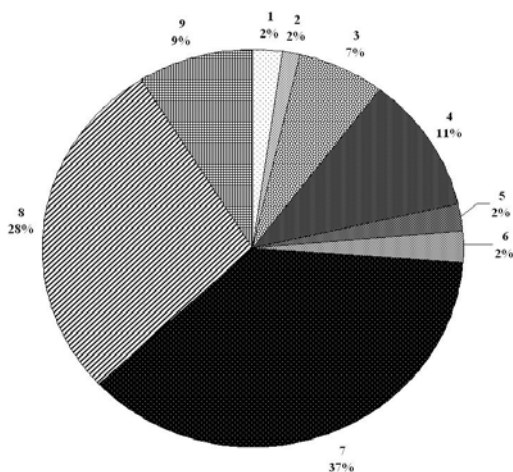


Fig. 5. Percent distribution of water consumption in the slaughtering process (1) Pig washing (2) stunning (3) bleeding (4) scalding-dehairing (5) singeing-polishing (6) carcass flushing (7) evisceration-splitting (8) casings processing (9) washing of inedible offal

**ANEXO 2**

**Questionário para levantamento de informações**

a) As instalações estão providas de:

- piso impermeável                       piso liso                       piso sem rachaduras

b) Qual a fonte de água?

- tratada na ETE                       captada de poços                       da rede pública

c) Há mangueiras com controle de vazão?

d) A limpeza é feita com água quente ou fria?

e) A água utilizada é clorada?

f) Qual o volume de água utilizado na empresa?

g) Qual o destino dos efluentes líquidos?

**Para todos os setores listados a seguir responder as perguntas abaixo e as específicas quando solicitadas.**

- Origem do efluente?

- Vazão (m<sup>3</sup>/dia)?

- Há sistemas de lavagem (mangueiras ou outros) com controle de vazão?

- Destino do efluente?

**1. Lavagem de caminhões**

Esterco é retirado a seco previamente?

**2. Pocilgas**

Esterco é retirado a seco previamente?

**3. Processo de abate****3.1. Atordoamento e sangria**

Sangue é recolhido em canaleta de sangria?

Destino do sangue?

**3.2 Pendura, pré-escaldagem e escaldagem**

Tipo de escaldagem?

**3.3 Lavagem em chuveiro (separação da zona suja e limpa)****3.4 Desossa**



**4. Setor de refinaria de banha****5. Setor de embutidos****5.1 Setor de carrinhos****5.2 Setor de tripas****6. Setor de defumados****6.1 Setor de preparação do salame e mortadela****6.1.1 Lavagem do salame****6.1.2 Secagem do salame****6.1.3 Sala de encolhimento do salame****6.1.4 Salas de encolhimento da mortadela****6.1.5 Sala de embalagem primária de lombo e presunto****6.1.6 Injeção de salmoura no bacon (barriga, paleta e pernil)****6.1.7 Fumaça líquida para lingüiça****6.1.8 Estufa para lingüiça defumada****6.1.9 Cozimento do presunto e mortadela****6.1.10 Sala de resfriamento com chuveiro****6.1.11 Sala de injeção de salgados (barriga, pernil e lombo)****7. Sala de lavagem de aventais, varas, ganchos e luvas****8. Sala de lavagem de bandejas****9. Túneis de resfriamento e câmaras frias****10. Salas anexas****10.1 Preparação da papada****10.2 Sala de miúdos externos (coração, rim)****10.3 Sala de separação de fígado****11. Setor de beneficiamento de tripas****12. Lavanderia**

Quantidade de roupa lavada (Kg/dia)?

**13. Vestiários**

Tipos de vasos sanitários?