

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO “STRICTO SENSU” EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

VIVIANI MARTINS BORSATO BOTELHO

AVALIAÇÃO DO USO RACIONAL E DO POTENCIAL DE REUSO DE ÁGUA:
ESTUDO DE CASO EM UM FRIGORÍFICO DE FRANGOS

PONTA GROSSA

2011

VIVIANI MARTINS BORSATO BOTELHO

AVALIAÇÃO DO USO RACIONAL E DO POTENCIAL DE REUSO DE ÁGUA:
ESTUDO DE CASO EM UM FRIGORÍFICO DE FRANGOS

Dissertação apresentada para a
obtenção do título de Mestre em Ciência
e Tecnologia de Alimentos, na
Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Área de Ciência e Tecnologia de
Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dra. Ana Cláudia
Barana

Co-Orientadora: Prof^a. Dra. Giovana
Kátie Wiecheteck

PONTA GROSSA

2011

B748a

Botelho, Viviani Martins Borsato

Avaliação do uso racional e do potencial de reuso de água: estudo de caso em um frigorífico de frangos / Viviani Martins Borsato Botelho. Ponta Grossa, 2011.
78f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos),
Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cláudia Barana.

Co-Orientador: Profa. Dra. Giovana Kátie Wiecheteck.

1. Gerenciamento hídrico. 2. Recursos hídricos - preservação. 3. Redução consumo – água. 4. Reutilização – água. I. Barana, Ana Cláudia. II. Wiecheteck, Giovana Kátie. III T.

CDD : 628.13

TERMO DE APROVAÇÃO

VIVIANI MARTINS BORSATO BOTELHO

AVALIAÇÃO DO USO RACIONAL E DO POTENCIAL DE REUSO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO EM UM FRIGORÍFICO DE FRANGOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador


Profa. Dra. Ana Claudia Barana - UEPG


Profa.Dra. – Deise Rosana Silva Simões - UEPG


Prof. Dr. Ciro Mauricio Zimmermann – UTFPR – Ponta Grossa

Ponta Grossa, 12 de julho de 2011.

Dedico este trabalho a toda minha família, em especial ao meu esposo Tioce, e aos amigos que me apoiaram e incentivaram durante todo o mestrado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me orientar nesta jornada, e me dar forças para continuar.

À Professora Doutora Ana Cláudia Barana, por me orientar neste trabalho e à Professora Doutora Giovana Kátie Wiecheteck, pela co-orientação.

Aos membros das bancas que avaliaram todas as fases do meu trabalho.

A todos os professores do Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aos meus colegas que ingressaram no mestrado junto comigo e àqueles que cursaram algumas disciplinas juntos.

À empresa onde foi realizado o trabalho, especialmente aos setores de Manutenção do setor de Frangos e ao Setor de Projetos, e também à minha equipe de trabalho e colegas de outros setores.

Aos amigos que me ajudaram de uma maneira ou outra.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desta pesquisa.

Resumo

A água é um recurso natural que possui valores econômicos e ambientais incalculáveis. Devido ao mau uso e à falta de consciência ambiental, são freqüentes os problemas relacionados à sua poluição e escassez. As agroindústrias são grandes consumidoras de água, porém, para se adaptarem às tendências ambientais e serem competitivas no mercado, elas têm buscado a utilização racional da água através do gerenciamento hídrico nas suas atividades. Algumas delas já têm se preocupado em utilizar tecnologias de produção mais limpa e de reutilização da água em seus processos. O presente estudo de caso foi realizado em um frigorífico de frangos e teve como objetivo identificar pontos de consumo excessivo de água e propor alternativas para o gerenciamento de recursos hídricos, por meio de redução de consumo e reuso. Foram apontados dados do consumo nas etapas do processo destacando-se alternativas para o uso racional de água, como por exemplo, fechamento dos registros durante paradas de produção e a reutilização de água proveniente do resfriamento de carcaças nas torres de resfriamento. Com o emprego das medidas sugeridas foi possível obter uma redução de, aproximadamente, $23.893 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ do volume total de água consumida na área de frangos. A partir deste trabalho percebeu-se que a empresa pesquisada pode desenvolver diversas ações de melhorias e ter uma importante contribuição para a preservação dos recursos hídricos.

Abstract

Water is a natural resource that has economic and environmental values incalculable. Due to misuse and lack of environmental awareness are frequent problems related to its scarcity and pollution. The agro-industries are large consumers of water, however, to adapt to environmental trends and remain competitive in the market, they have sought the rational use of water through the water management in their activities. Some of them have bothered to use cleaner production technologies and reuse of water in its processes. This case study was conducted in a refrigerated chicken and aimed to identify points of excessive water consumption and propose alternatives for managing water resources through reduced consumption and reuse. Consumption data are pointed out in the stages of the process with emphasis on alternatives to the rational use of water, for example, closing of records during downtime and reuse of water from the cooling of carcasses in the cooling towers. With the use of the suggested measures could get a reduction of approximately $23.893 \text{ m}^3.\text{month}^{-1}$ of the total volume of water consumed in the area of chickens. From this work it was noticed that the researched company can develop various improvement actions and have an important contribution to the preservation of water resources.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Riscos e objetivos para o reuso sustentável de água	27
Figura 2 - Vista aérea da empresa (Fábrica de Lácteos e Carnes, Frigorífico de Frangos, Tanques de abastecimento, ETE e ETA e Rio São João).....	39
Figura 3 - Localização da região hidrográfica onde está localizada a empresa (Mapa do Paraná, Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi, rios próximos à empresa)	40
Figura 4 - Adaptação do Diagrama do Plano de Conservação e Reuso de Água...	41
Figura 5 - Torre de resfriamento onde foi realizado o teste para reuso de água.....	45
Figura 6 - Foto dos filtros utilizados no teste piloto	45
Figura 7 - Fluxograma do processo e pontos de consumo de água potável	49
Figura 8 - Processo e quantificação do consumo de água potável dos setores.....	51
Figura 9 - Gráfico da distribuição do consumo mensal de água.....	52
Figura 10 - Gráfico de distribuição do consumo de água nos setores durante a higienização	57
Figura 11 - Bicos das mangueiras utilizadas durante o processo de higienização e mangueiras com ponteiros propostas para a redução do consumo de água	59
Figura 12 - Fotos das torneiras sem e com o redutor de vazão	61
Figura 13 - Fotos das válvulas sem redutor de vazão e com redutor	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Categorias de água estabelecidas pela ANEEL de acordo com sua qualidade	16
Tabela 2 - Características quantitativas e qualitativas de alguns efluentes	21
Tabela 3 - Parâmetros de lançamento para efluentes líquidos estabelecidos pelo IAP	22
Tabela 4 - Categorias de reuso de água e as principais restrições para o reuso....	33
Tabela 5 - Parâmetros de qualidade da água apresentada pela EPA, de acordo com a significância nos sistemas de reuso de água.....	35
Tabela 6 - Parâmetros e limites recomendados para reuso de água industrial.....	36
Tabela 7 - Comparação entre os volumes de água consumidos usualmente e os consumidos racionalmente durante o processo em cada setor.....	60
Tabela 8 - Volume de água economizado mensalmente após implantação de iniciativas que visam o consumo racional.....	63
Tabela 9 - Parâmetros de qualidade dos efluentes para uso em torres de resfriamento e qualidade das amostras em estudo	65
Tabela 10 - Análises de pH, DQO e DBO do afluente e efluente	66
Tabela 11 - Economia x investimento x tempo para pagar investimento	67

LISTA DE SIGLAS

ABEF	Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Frangos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
BPF	Boas Práticas de Fabricação
CNRH	Conselho Nacional dos Recursos Hídricos
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DIPOA	Departamento de inspeção de Produtos de Origem Animal
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPA	Environmental Protection Agency - Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos
ETE	Estação de Tratamento de efluentes
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Points
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
ISO	International Organization for Standardization
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
PCC	Ponto Crítico de Controle
PPHO	Procedimento Padrão de Higiene Operacional
P+L	Produção mais limpa
SDT	Sólidos dissolvidos totais
SST	Sólidos suspensos totais
SVS	Serviço de Vigilância Sanitária
VPM	Valores máximos permitidos

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	OBJETIVOS	13
2.1.	OBJETIVO GERAL	13
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3.	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1.	ASPECTOS GERAIS SOBRE A ÁGUA.....	14
3.1.1.	Classificação da água	15
3.2.	ÁGUA NA INDÚSTRIA	17
3.2.1.	Efluentes agroindustriais.....	20
3.3.	ASPECTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E JURÍDICOS SOBRE O REUSO DE ÁGUA.....	22
3.4.	CONSERVAÇÃO E MINIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA	24
3.4.1.	Uso racional da água	24
3.4.2.	Tecnologias de Produção Mais Limpa	25
3.4.3.	Reuso de água.....	26
3.4.3.1.	Técnicas para tratamento de água para o reuso.....	31
3.4.3.2.	Desafios e limitações para o reuso da água.....	32
3.4.3.3.	Requisitos de qualidade de água de reuso	34
3.4.4.	Exemplos práticos de conservação e reuso da água.....	36
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
4.1.	DESCRIÇÃO DO FRIGORÍFICO SEGUNDO SUA LOCALIZAÇÃO.....	38
4.2.	METODOLOGIA UTILIZADA	41
4.2.1	Análise de documentos.....	42
4.2.2	Medida do consumo de água e coleta de dados.....	42
4.2.2.1	Determinação das vazões	43
4.2.2.2	Identificação dos pontos de maior consumo	43
4.2.2.3	Verificação e aplicação das possibilidades de minimização de consumo ..	43

4.2.2.4	Verificação e aplicação das possibilidades de reuso/ reciclo	43
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1.	OPERAÇÃO DO FRIGORÍFICO	46
5.2.	IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE CONSUMO DE ÁGUA NO PROCESSO	48
5.3.	DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DE HIGIENE E SANITIZAÇÃO.....	50
5.4.	CONSUMO DE ÁGUA DE PROCESSO E ÁGUA DE HIGIENIZAÇÃO.....	50
5.4.1.	Detalhamento do consumo de água nos setores estudados e sugestões para sua redução.....	53
5.4.2.	Detalhamento do consumo de água no processo de higienização	57
5.5.	OTIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA	59
5.5.1.	Redução do consumo de água	59
5.6.	REUSO DE ÁGUA.....	63
5.7.	CUSTOS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES DO SETOR.....	66
5.8.	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS AÇÕES DE GERENCIAMENTO DE ÁGUA APLICADAS	66
6.	CONCLUSÕES	67
7.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXO A - Potabilidade de água, segundo a Portaria nº 518 de 25 de 2004 (Ministério da Saúde)	76

1. INTRODUÇÃO

A água é considerada um recurso natural precioso, que possui valores sócio-econômicos e ambientais incalculáveis. É de fundamental importância para as atividades de consumo, industrial, transporte, entre outras.

Devido ao mau uso, o mundo tem enfrentado problemas de poluição descontrolada dos corpos hídricos e escassez da água, levando a sociedade a realizar ações para reverter este problema. Ações como conscientização ambiental da população, estudos sobre o nível de poluição dos corpos de água, incentivos para economia e uso racional da água no ambiente doméstico, gerenciamento dos recursos hídricos nas indústrias, reaproveitamento de água e minimização dos impactos ambientais são estratégias para uma mudança de comportamento da sociedade.

Para as indústrias o foco estratégico que resulta em ganhos ambientais tende ao uso racional, reuso da água e produção mais limpa.

O Brasil já vem identificando esta problemática ambiental de escassez hídrica, devido ao desenvolvimento das regiões, que está ligada principalmente ao rápido crescimento urbano associado ao setor industrial.

Devido à competitividade no mercado, as indústrias têm buscado se adequar às exigências ambientais legais relacionadas à gestão dos recursos hídricos. Certificações ambientais, como ISO 14000, o consumo sustentável, maior valor agregado ao produto, são as novas realidades para as indústrias que pretendem continuar no mercado.

A indústria de alimentos no Brasil sofre interferências desta pressão e é responsável por indicadores de aspectos e impactos ambientais de grande relevância como alto consumo de água, geração de efluentes líquidos com elevada carga poluidora, principalmente orgânica, e elevado consumo de energia. Devido a problemas como escassez, poluição e desperdício de água faz-se necessário a realização de estudos sobre utilização deste recurso nas indústrias, buscando o uso consciente e racional de água. As indústrias de alimentos, principalmente frigoríficos, possuem grande representatividade na utilização e consumo de água. Os dados de consumo de água em frigoríficos de frango variam bastante. Segundo Matsumura e Mierzwa (2008), esses frigoríficos consomem em torno de 8 a 15 litros de água por

ave abatida. Já Bassoi e Guazelli (2004) citam valores que variam de 17 a 20 litros de água por ave. Kist, El Moutaqi e Machado (2009) afirmam ser esse consumo superior a 10 litros por ave.

Segundo a Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Frangos, em 2007 o Brasil foi responsável pela produção de 9700 mil toneladas e exportação de 3.203 toneladas de carne de frango (ABEF, 2007). O frigorífico em estudo abateu em 2010 aproximadamente 81 milhões de cabeças de frango e produziu, aproximadamente, 95 mil toneladas de produto acabado.

Diante desta situação este trabalho, um estudo de caso desenvolvido em um frigorífico de frangos localizado no estado do Paraná, teve por objetivo avaliar a interação entre os processos de utilização e consumo de água na indústria, buscando propor ações de uso racional e possibilidades para o reuso da água, reduzir os volumes captados, minimizar custos com captação e tratamento e diminuir a demanda para a estação de tratamento de efluentes (ETE).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar os processos de consumo de água em um frigorífico de frangos localizado no estado do Paraná, identificar pontos de consumo excessivo e propor alternativas para a redução do consumo e para o reuso da água.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A partir do fluxograma do processo produtivo;

- Identificar os locais de maior consumo de água na indústria;
- Avaliar a real necessidade da demanda de água nos locais de maior consumo;
- Analisar a qualidade da água em pontos específicos;
- Otimizar e propor técnicas de redução de consumo e reuso de água com qualidade que atenda à legislação;
- Avaliar controles de processo, legislações e procedimentos internos disponíveis na empresa;
- Avaliar a economia de custos com água com a implantação das técnicas de redução de consumo e reuso.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. ASPECTOS GERAIS SOBRE A ÁGUA

A água é elemento fundamental para a vida. Porém, devido a sua utilização indiscriminada, os recursos hídricos estão se degradando, ocorrendo assim uma crescente deterioração da qualidade de vida (BUSTUS, 2003). Hespanhol (2008), em seu relato sobre a Conferência Mundial das Nações Unidas sobre a Água e Meio Ambiente, comenta que a água, um recurso finito e vulnerável, essencial para a manutenção da vida, do meio ambiente e do desenvolvimento, deve ser considerada como um bem econômico.

A água é amplamente utilizada para o consumo humano, industrial e agrícola, geração de energia, transporte, lazer e assimilação e transporte de efluentes. Este último representa a forma de uso menos nobre e é o que gera um dos mais graves problemas de contaminação e poluição dos recursos hídricos. Seus efeitos adversos podem comprometer todo o ambiente, causando a morte de várias formas de vida (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

No Brasil se consome, em média, 246m^3 de água/habitante/ano, considerando todos os usos, incluindo os da agricultura e indústria. É o país com maior disponibilidade hídrica mundial, com cerca de 13,8% do deflúvio médio ($5.744\text{ km}^3/\text{ano}$). Deflúvio é o escoamento superficial da água (aproximadamente 1/6 da precipitação numa determinada área escoar como deflúvio, o restante evapora ou penetra no solo). Porém, as fontes de água são mal distribuídas, correspondendo a 68,5% na região Norte (habitada por 7% da população brasileira), 6% na região Sudeste (com quase 43% da população brasileira) e pouco mais de 3% na região Nordeste (com 29% da população brasileira). Estas informações relacionam as regiões Norte, Sudeste e Nordeste, comparando região pouco habitada, região bastante habitada e industrializada e região seca, respectivamente. O reflexo desta situação é a falta de água no Nordeste e a racionalização do consumo no Sudeste, onde os recursos de água já estão limitados, por ser a região mais populosa e industrializada do país (BASSOI; GUAZELLI, 2004).

Para se diminuir a possibilidade de escassez de água tem-se desenvolvido políticas governamentais que forcem a redução do volume de água captado e

geração de resíduos líquidos, otimizando o uso deste recurso (MATSUMURA; MIERZWA, 2008).

Estudos conduzidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) em 2002 mostram que a maior demanda de água era da agricultura, de 62,7%, seguida pelo abastecimento humano, 17,9%, e industrial, 14%. Este estudo previa que em 2010 a distribuição do consumo de água por atividade no estado de São Paulo, seria de 51% para a irrigação, 26% para consumo industrial e 23% para o uso doméstico (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). Bassoi e Guazelli (2004) citam que no Brasil a agricultura consome cerca de 69% da água captada, a indústria 23% e os 8% restantes são destinados ao consumo doméstico. Estes dados indicam que o consumo de água pelas indústrias aumentou junto ao crescimento industrial.

Segundo Hespanhol (2008) a prática de conservação e reuso da água que vem se disseminando por todo o Brasil, consiste basicamente na gestão da utilização das fontes alternativas de água e na redução dos volumes de água captados por meio da otimização do uso.

Em outros países estas práticas também têm tido grande importância. Na Grécia, que enfrenta problemas de escassez de água em determinadas épocas do ano, principalmente nas Ilhas do Mar Egeu, foram propostos sistemas de otimização de distribuição de água, através de um modelo matemático onde a água é distribuída segundo a demanda e a disponibilidade das fontes. Os valores de uso e custos de abastecimento são diferenciados, de acordo com a sazonalidade da disposição de fontes de água (KONDILI; KALDELLIS; PAPAPOSTOULOU, 2010).

3.1.1. Classificação da água

A água pode ser classificada de diversas maneiras em função do seu uso preponderante, sua qualidade e origem.

Segundo Grull e Santos (2003), em função de sua qualidade e origem a água pode ser classificada em:

Água potável: água de qualidade adequada para ser bebida, para cozinhar e para lavar utensílios. Seu grau de purificação deve atender aos requisitos de qualidade dos órgãos de controle estaduais e federal.

Água reciclada: efluente captado e redirecionado ao mesmo circuito utilizador de água. A reciclagem é praticada predominantemente em indústrias e usualmente diz respeito a uma única instalação industrial

Água recuperada: efluente de um sistema de tratamento de esgotos, adequadamente tratado para reuso útil ou controlado (o qual não ocorreria se não fosse o tratamento aplicado) cujas características impedem que seja classificado como esgoto.

Água residuária: é o despejo líquido descarregado nos coletores de esgotos e que tem como origem as residências, os estabelecimentos comerciais e as indústrias.

Água ultra pura: é a que possui condutividade $\leq 0,1 \mu\text{S}/\text{cm}$. Serve tipicamente como água de make-up para aquecedores e para água de processo utilizada na fabricação de tubos de televisores, vidros de automóveis, chips eletrônicos e fármacos.

Água de Reuso industrial: que passa por uma Estação de Condicionamento para reuso antes do seu aproveitamento. Difere do “Reuso para fins industriais”, pois o efluente em questão é originado em uma (ou mais) indústrias.

De acordo com sua qualidade a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) categorizou a água e estabeleceu os parâmetros para cada uma delas (Tabela 1).

Tabela 1 - Categorias de água estabelecidas pela ANEEL de acordo com sua qualidade.

Grau de qualidade	Parâmetros			
	SDT (sólidos dissolvidos totais) (mg L^{-1}) (a)	DQO (demanda química de oxigênio) (mg L^{-1})	SST (sólidos suspensos totais) (mg L^{-1})	Dureza (mg L^{-1}) (b)
Tipo I: água ultra pura	<10	<1	0	0
Tipo II: água de processo de alta qualidade	10-60	0-10	0	<30
Tipo III: água tratada	20-60	0-10	0-10	30-75
Tipo IV: água bruta ou reciclada	60-800	10-150	10-100	-

(a): Valores baseados nos dados fornecidos pela ANEEL

(b): Valores baseados nos dados fornecidos pela ANEEL e pela classificação da água em função da dureza

Fonte: Mierzwa e Hespanhol (2005)

3.2. ÁGUA NA INDÚSTRIA

A água é um elemento fundamental para manter as atividades na maioria das indústrias. Segundo Faria; Souza e Souza (2009), as indústrias são responsáveis pelo alto consumo e pela deterioração das principais fontes de água. Por isso, minimizar o consumo e diminuir a deterioração permite que este elemento fundamental esteja sempre disponível.

A quantidade de água utilizada está relacionada aos processos de fabricação, atividades humanas e outros usos. Os processos de fabricação incluem, por exemplo, água para o funcionamento/lubrificação de equipamentos, água para os próprios processos de fabricação, incorporadas em produtos, água para limpeza das instalações industriais, formação do vapor em caldeiras, resfriamento. As atividades humanas incluem toaletes, vestiários, bebedouros, preparação de refeições. Outros usos incluem limpeza geral, lavagem de veículos, lavagem de pátios e áreas verdes.

O consumo de água nas indústrias varia em função do ramo de atividade, da disponibilidade de água para utilização, do local e idade das instalações. A qualidade da água exigida pelas indústrias também é função do seu uso preponderante. Uma água que será utilizada na lavagem de pisos e caminhões não precisa ter a mesma qualidade que a água que entrará em contato direto com o alimento (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

As características físicas, químicas e microbiológicas de potabilidade de água, segundo a Portaria nº518, de 25 de março de 2004, sobre a Norma de Qualidade da água para consumo humano, são apresentadas no Anexo A (BRASIL, 2004).

A utilização de água na indústria de alimentos está associada a padrões de qualidade exigidos pelo mercado e, principalmente, pelos órgãos reguladores. O princípio geral para a manipulação de alimentos, segundo a Portaria SVS/MS nº326 de 1997, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, prevê somente a utilização de água potável, para garantia da saúde pública. Caso se opte pela utilização de água recirculada, deve-se estar seguro de que essa água não represente risco para a saúde (BRASIL, 1997).

Algumas normas sobre utilização de água aplicadas para as indústrias de alimentos tem como resultado o aumento o consumo de água, devido a maiores

controles do processo. Alguns estabelecimentos no Brasil utilizam a norma de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), que avalia os riscos de contaminação física, química e microbiológica dos alimentos, identifica os perigos e propõe ações para evitá-los. Com relação à água, são necessários tratamentos para eliminar todos os riscos de contaminação.

Segundo Diaz; Law e Birt (2002), todas as plantas de processamento de carne nos Estados Unidos, operam segundo a norma APPCC, ou do inglês, *Hazard Analysis Critical Control Points* (HACCP). O uso dessa norma tem resultado em uso de maior volume de água e, conseqüentemente, maior quantidade de águas residuárias geradas, um aumento, em média, de 7,8L de água por ave. Após o momento de transição para as operações de APPCC, fatores como tolerância zero para contaminações fecais foram responsáveis pelo consumo de 15-20L de água por ave. Northcutt (2007) identificou a mesma situação de aumento de consumo de água após implantação do APPCC em indústrias de processamento de perus nos Estados Unidos. Um aumento em torno de 22,68 L/ave (de 90,72 L/ave para 113,4L/ave) em 88% das 93 empresas estudadas, e apenas 31% destas empresas reciclam água, mas apenas 5% da quantidade de água consumida diariamente.

Nota-se que a manutenção da qualidade e da segurança alimentar provoca um aumento do consumo de água, o que comprova a necessidade de equilibrar o uso e conservação de água. Este equilíbrio entre uso e conservação faz-se necessário também em outros tipos de indústrias, como nos exemplos a seguir, em que são reutilizadas águas residuárias de fábrica de amido, oleoquímica e fábrica de processamento de soja.

Segundo Li *et al* (2010), uma indústria de produção de amido na China estava enfrentando graves problemas ambientais devido a águas residuárias com alta carga orgânica que resultavam do seu processo e que comprometia a fonte de água. Depois de detectado o problema, foram investigadas alternativas de produção mais limpa. Através de processos físico-químicos, o amido presente na água residual foi recuperado e aproveitado para produzir álcool e com isso diminuiu a concentração de matéria orgânica no efluente. Comparando-se com o processo convencional reduziu-se cerca de 32-35% de volume de água residual gerada.

Em uma indústria oleoquímica na Malásia, as águas residuárias foram utilizadas para a alimentação de caldeira após tratamento por membrana de ultrafiltração e osmose reversa. Este projeto é capaz de recuperar,

aproximadamente, 75% de água. Para maximizar a eficiência do processo de tratamento deve-se ainda analisar a formação e eliminação de incrustações, que são prejudiciais para o bom funcionamento de caldeiras (KOO; MOHAMMAD; SUJA, 2011).

Uma indústria de processamento de soja e produção de óleo comestível adotou medidas de reaproveitamento de resíduos sólidos e resíduos líquidos. Por exemplo, os resíduos do tanque de separação de sabão foram reutilizados no processo de fabricação. A água do resfriamento foi reutilizada no clareamento e desodorização do óleo (RAJKUMAR; MUTHUKUMAR; SIVAKUMAR, 2010).

Segundo Evangelista (2003) as operações de limpeza e a manutenção de equipamentos limpos e lubrificados são os principais responsáveis pelo alto consumo de água em frigorífico. Nos frigoríficos de aves a água é usada na lavagem de caminhões e gaiolas, escaldagem, lavagem de carcaças e vísceras, transporte de produtos e resíduos (condenas), limpeza e esterilização de facas, higienização de equipamentos e pisos, em resfriadores de carcaça, formação de gelo, alimentação de caldeiras e resfriamento de compressores e condensadores. A maioria da água consumida em frigoríficos torna-se efluente, já que pouca água é absorvida pelo produto processado.

De acordo com Avula; Nelson e Sigh (2009), os principais poluentes das águas residuárias de frigoríficos de ave são gorduras e proteínas provenientes de carcaça e também o sangue, os quais têm alto valor nutritivo e podem ser recuperados por sistemas de tratamento. Esta água residual possui alta carga orgânica devido à presença de esterco, gordura, sangue, pele, pena e carne.

De acordo com as características higiênico-sanitárias dos setores, dos resíduos gerados e do grau de exposição do alimento/produto ao ambiente externo, o processo produtivo do frigorífico de frangos é dividido em área suja e área limpa. Esta divisão permite definir critérios de avaliação diferentes para cada área. São consideradas áreas sujas a recepção, sangria, escaldagem e depenadeira, e áreas limpas o transpasse, evisceração, miúdos, resfriamento (*chillers*), embalagem primária e secundária e cortes. Na área suja, o frango fica em contato direto ou indireto com sujidades como fezes, poeira, sangue, penas. Na área limpa, os controles higiênico sanitários tornam-se bem mais rígidos.

Para estarem regularizados perante aos órgãos federais de fiscalização, os frigoríficos devem seguir a Portaria nº 210/1998 do Ministério da Agricultura e do

Abastecimento, o qual descreve o Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne e Aves, as instalações e equipamentos relacionados com o processo. Na Portaria nº 210/1998 está prevista a utilização de quantidades mínimas de água em alguns pontos do processo, conforme segue (BRASIL, 1998):

- o tanque de escaldagem deve possuir renovação do volume total de água a cada turno de trabalho ou a cada 8 horas;
- as calhas da evisceração devem dispor de água corrente para constante limpeza e contínua remoção dos resíduos para os coletores;
- a lavagem interna da carcaça deve consumir no mínimo 1,5L por carcaça, quando a carcaça passar por pré-resfriamento por imersão;
- o consumo mínimo de água no pré *chiller* de carcaça deve ser de 1,5L por carcaça;
- o consumo mínimo de água no *chiller* de carcaça deve ser de 1L por carcaça;
- o consumo mínimo de água nos *chillers* de miúdos deve ser de 1L por quilograma de miúdo.

Segundo Brasil (1998), o consumo médio de água em um matadouro avícola, incluindo todas as seções, poderá ser calculado tomando-se por base 30 litros por ave abatida. Será permitido volume inferior, quando preservados os requisitos higiênico sanitários e tecnológicos previstos nesta Portaria, por aprovação do Departamento de inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA).

Todas estas exigências devem ser cumpridas para que o frigorífico esteja regular junto aos órgãos de fiscalização, mesmo que possam ocasionar alto consumo de água.

3.2.1. Efluentes agroindustriais

Relacionado ao consumo de água está também a quantidade de efluentes gerados, pois toda água que é captada e não transformada em matéria prima ou vapor transforma-se em efluente.

A qualidade e volume de efluentes gerados depende dos tipos de matérias primas e dos processos utilizados nas indústrias. Dependendo da atividade, os efluentes podem conter sólidos em suspensão, elevadas concentrações de matéria

orgânica, metais pesados, microrganismos patogênicos, compostos tóxicos, entre outros (BASSOI e GUAZELLI, 2004).

A maioria das agroindústrias geram efluentes com potencial poluidor bem maior que o esgoto doméstico (Tabela 2). O que significa que, caso esses efluentes não sejam adequadamente tratados e destinados, podem causar graves danos ambientais se despejados em corpos d'água

Tabela 2 - Características quantitativas e qualitativas de alguns efluentes

Fonte de despejos	Vazão específica	Equivalente populacional de cargas orgânicas
Esgoto doméstico	120 a 160L/hab.dia	-
Abatedouro bovino	1500 a 2000L/boi	55 hab/boi
Abatedouro avícola	17 a 20L / ave	200 hab/ 1000 aves
Fabricação de cerveja	8L/L de cerveja	175 hab/m ³ de cerveja
Fabricação de refrigerante	2 a 4L/L de refrigerante	50-100 hab/m ³ de refrigerante
Fabricação de queijos	20L/kg de queijo	2 hab/kg de queijo
Fabricação de leites	1L/L de leite	20 hab/1000L de leite

Fonte: Bassoi e Guazelli, 2004, adaptado.

O conhecimento dos parâmetros e indicadores de qualidade da água é importante para poder se definir as técnicas de tratamento que possibilitarão seu consumo e despejo. Operações e processos de tratamento que não ofereçam resultados estabelecidos pela legislação vigente, podem trazer prejuízo à empresa, na forma de multas e perda de produto, e à sociedade.

O Instituto Ambiental do Paraná (IAP) estabeleceu os seguintes parâmetros para lançamento de efluentes de abatedouros e frigoríficos. Os valores estabelecidos de cada parâmetro para lançamento de efluentes líquidos estão na tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros de lançamento para efluentes líquidos estabelecidos pelo IAP

Parâmetros	Valores permitidos
pH	Entre 5 a 9
Temperatura	Inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C
Materiais sedimentáveis	Até 1 mL L ⁻¹ em teste de 1 hora em cone Imhoff para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes
Regime de lançamento	Vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do empreendimento
Óleos e graxas	óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg L ⁻¹ ;
Materiais flutuantes	Ausência
DBO(Demanda Bioquímica de Oxigênio)	até 50 mg L ⁻¹ ;
DQO (Demanda Química de Oxigênio)	até 150 mg L ⁻¹ ;
Cobre	1,0 mg L ⁻¹ de Cu;
Zinco	5,0 mg L ⁻¹ de Zn;
Nitrogênio amoniacal total	20 mg L ⁻¹ N

Fonte: IAP (2011)

3.3. ASPECTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E JURÍDICOS SOBRE O REUSO DE ÁGUA

Devido à vulnerabilidade crescente da utilização de água, algumas resoluções, recomendações e normas foram formuladas por órgãos gestores.

Dentre esses documentos pode-se citar a Agenda 21, que é um documento resultante da segunda Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, que ocorreu em 1992 com o objetivo de definir estratégias para o desenvolvimento sustentável através de parcerias do governo com a sociedade. Nessa conferência foi recomendado aos governos a prática do desenvolvimento sustentável, mantendo a segurança alimentar, o incentivo à pesquisa de sistemas de tratamento de resíduos líquidos e o estudo para o desenvolvimento de novas alternativas de abastecimento de água (CNUMAD, 1997).

A série ISO 14000, da ISO (*Internacional Organization for Standardization*), representada no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é uma norma que visa a padronização de procedimentos de Gestão Ambiental,

assegura a qualidade ambiental dos produtos industriais e processos produtivos pelo uso de manejo sustentável de insumos ambientais e de estímulos à prevenção de processos de contaminação ambiental (DANTAS, SALES, 2009).

A Resolução CNRH nº 54/2005 estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água. O reuso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades (BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos, 2005).:

- reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais;
- reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357 de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Os padrões de qualidade para o enquadramento do corpo d'água consideram o uso preponderante da água, sendo possível atender às necessidades da comunidade, proporcionando equilíbrio ecológico, saúde e bem estar humano, integrados ao desenvolvimento sustentável, fundamentado nos princípios da prevenção, precaução, poluidor-pagador, usuário-pagador (BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005).:

A Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 define a cobrança pelo uso da água como um instrumento de gestão, tendo como objetivo estimular o uso racional de água, gerando recursos financeiros que serão investidos na preservação e recuperação dos mananciais das bacias e também a melhoria das condições das águas da bacia. Iniciou-se a cobrança em março de 2003 na bacia do Rio Paraíba do Sul, a última a ter a cobrança foi a Bacia do Rio São Francisco. A cobrança fortalece o processo de construção de uma Política Nacional de Recursos Hídricos.

Mecanismos e valores da cobrança do uso da água são propostos pelos Conselhos Nacionais ou Estaduais de Recursos Hídricos. Esta Lei ainda não abrange a região em estudo, mas logo pode vir a abranger.

Dantas e Sales (2009) consideram que a Resolução nº54/2005 do CNRH, as recomendações da Agenda 21 e as demais normas referentes ao uso e reuso de água ainda são insuficientes para a adoção de práticas de reuso. A Resolução CNRH nº54/2005 dispôs apenas sobre o reuso direto não potável da água e não fez abordagem sobre as demais formas de reuso. Os mesmos autores consideram também que as Resoluções do CONAMA são muito abrangentes, que as empresas que adotam o reuso ainda o fazem por se tratar de contenção de despesas ou cobrança pelo uso e também sobre imposição de certificações ISO 14000 que funcionam como estímulo a adoção desta prática.

3.4. CONSERVAÇÃO E MINIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

3.4.1. Uso racional da água

Racionalizar o uso da água é uma das principais alternativas de um programa de gerenciamento de recursos hídricos. Racionalizar o uso significa utilizar apenas o necessário e não desperdiçar. Para isso é necessário o conhecimento das atividades em que a água é utilizada, de forma que possibilite a determinação da quantidade necessária em cada aplicação e o grau de qualidade exigido para o uso. (FIRJAN, 2006).

Para iniciar um trabalho de utilização racional da água nas indústrias é fundamental identificar os principais pontos de consumo, a quantidade e qualidade necessária para cada aplicação e os pontos de geração de efluentes. Também é importante fazer a medição confiável do consumo de água da empresa. Assim que estas medidas sejam implementadas, deve-se definir e calcular os indicadores (quantidade de água/quantidade de produto final).

Mierzwa e Hespanhol (2005) sugerem que é possível promover uma redução de consumo de água, utilizando ou alterando procedimentos operacionais, os quais são escritos após uma avaliação do consumo de água na rotina da

empresa, distribuída pelo tipo de uso. Estas ações proporcionarão significativos benefícios para os frigoríficos.

Em estudo realizado em um frigorífico de aves, Matsumura e Mierzwa (2008), buscando a redução no consumo de água com menores esforço e custos de investimentos, iniciaram os trabalhos norteados para o uso racional de água, as perdas físicas, operações inadequadas e melhorias operacionais do processo. As perdas físicas foram identificadas em vazamentos de água nos reservatórios e no processo. Operações inadequadas foram identificadas na falta de controle nos processos de controle de purga da água de resfriamento e falta de controle do consumo em algumas etapas do processo. Com relação às melhorias operacionais foram identificados: banho de água gelada no descanso de aves sem controle, alguns hidrômetros que não eram utilizados, consumo não quantificado na evisceração e *chiller*, procedimentos de lavagem de equipamentos e pisos da área de produção sem uma efetiva recolha a seco dos resíduos.

Outro ponto que não deve ser esquecido na escolha de alternativas que prevêm o uso racional da água é a substituição de equipamentos antigos, que costumam consumir quantidades elevadas de água, por outros mais eficientes (FIRJAN, 2006).

Evitar o desperdício é o primeiro passo para otimizar o uso da água e minimizar a geração de efluentes. A mudança dos procedimentos operacionais, o treinamento dos operadores, substituição de dispositivos e equipamentos que consomem grandes quantidades de água e alteração do método de produção, são alternativas para se chegar aos objetivos propostos (PACHECO, 2006).

5.4.1. Tecnologias de produção mais limpa

Segundo Silva e Medeiros (2006), produção mais limpa (P+L) é uma medida preventiva que visa a melhoria na eficiência dos processos industriais com o objetivo de reduzir a geração de resíduos. Envolve uma série de ações pró ativas que buscam uma produção mais eficiente, econômica e de menor impacto ambiental. Está ganhando forças no setor industrial devido ao impacto econômico e ambiental

que tem causado, pois apresenta como resultados a economia no consumo de água e energia e a melhoria no tratamento de efluentes.

O oposto das tecnologias de produção mais limpa são as de “fim de tubo”, onde se procura resolver prejuízos ambientais pelo controle da poluição no fim do processo produtivo, sem combater a raiz do problema. Ou seja, se espera que os resíduos sejam gerados para, posteriormente, tratá-los. Quando uma organização adota os princípios da P + L, está tentando buscar tecnologias que substituam os tratamentos convencionais de “fim-de-tubo” por modificações no processo produtivo focadas na prevenção e controle de poluição na fonte (SILVA; MEDEIROS, 2006; KUPUSOVIC *et al*, 2007).

No caso dos frigoríficos o uso da P+L visa a segregação e aproveitamento de todo resíduo sólido gerado no processo, redução no consumo de água e insumos (PACHECO, 2006).

3.4.3. Reuso de água

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), O conceito de reuso de água já vem sendo estudado há algum tempo, abordando as possíveis categorias de reuso e os elementos essenciais ao planejamento e implementação. Os fatores que motivam a recuperação e o reuso de água são a redução da poluição dos cursos de água, a disponibilidade de efluentes tratados com elevado grau de qualidade, a promoção, a longo prazo, de uma fonte confiável de abastecimento de água, o gerenciamento da demanda de água em períodos de seca, no planejamento global dos recursos hídricos e o encorajamento da população para conservar a água e adotar práticas de reuso.

Reuso de água pode ser descrito como “uso de efluentes tratados ou não para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis” (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). Na indústria, o custo da água de abastecimento já tem sido fator de implantação de iniciativas de controle de perdas e reuso (NASCIMENTO; HELLER, 2005).

Estudos realizados na Holanda mostraram que existe um potencial para a reciclagem e o reuso da água existente na indústria de alimentos e, dependendo do

setor alimentício, pode se chegar a uma redução no consumo de 20 a 50% (CASANI; ROUHANY; KNOCH, 2005).

Mierzwa e Hespanhol (2005) listaram as principais aplicações do reuso de água na indústria: refrigeração, alimentação de caldeiras, água de processo, construção pesada, lavador de gases, lavagem de pisos e peças e irrigação de áreas verdes.

Apesar do reuso de águas recicladas já ter sido implantado em muitos países da Europa, o reuso na irrigação ainda é o principal, sendo necessário explorar este potencial em outras áreas. Baseado nisso, Urkiaga *et al* (2008), descreveram a metodologia de estudo de viabilidade para a execução de projetos de reuso, considerando fatores regulatórios, econômicos, sociais e ambientais, tecnológicos e considera como fator limitante a qualidade da água disponível, os perigos potenciais para utilizadores secundários e os processos de tratamento das águas residuárias. Os autores consideram que para ter um aumento no percentual de reuso de água deveria haver incentivos eficazes de natureza econômica ou regulamentar. Citam também os riscos e objetivos para o reuso de água sustentável de acordo com o apresentado na Figura 1.

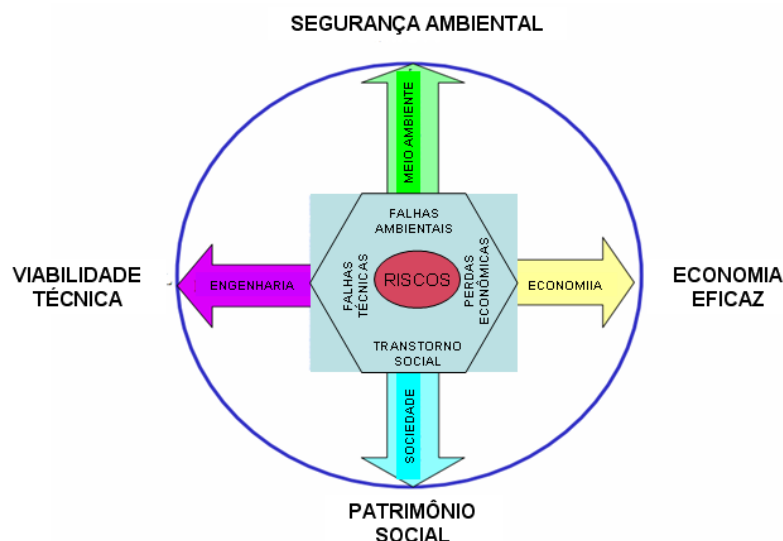


Figura 1 - Riscos e objetivos para o reuso sustentável de água.
Fonte: Ganoulis (2003) apud Urkiaga *et al* (2008)

Faria; Souza e Souza (2009) propuseram a otimização de redes de água em processos industriais através de um modelo matemático de programação não linear baseado nas equações de conservação massa (água) e de espécies químicas

(contaminantes) e sugeriram reutilização de água e minimização de custos sem e com processos de regeneração como: adsorção, membranas, separadores de óleo, coagulação, sedimentação e unidades de filtração. No estudo de caso, foram reutilizadas água no processo de refinaria de petróleo, fazendo uma mistura de água regenerada com a água para o processo, respeitando as restrições para o reuso quanto aos contaminantes.

Deste modo, pode-se verificar que otimização do consumo e reutilização de água são práticas que já estão acontecendo em todo o mundo e que o uso de ferramentas que maximizem os resultados dos trabalhos é essencial.

Amorin; Nardi e Del Nery (2007) conseguiram reduções de cerca de 12% na quantidade total de água extraída de poços através da reciclagem de efluentes do tanque de insensibilização, das torres de resfriamento e descongelamento dos túneis e câmaras de resfriamento e cerca de 10% de redução dos efluentes no frigorífico de aves. Matsumura e Mierzwa (2008) conseguiram uma redução de aproximadamente 15% da demanda total de água do frigorífico de aves estudado através do uso racional, reduzindo o consumo de água durante o processo no local de armazenamento das aves, evisceração, sala de refrigeração, equipamentos para lavagem de piso entre outros e também com o reuso de água do resfriamento de carcaça (pré-*chillers* e *chillers*), da água da máquina de moelas, recuperação de água de lavagem dos filtros e descarga de lamas da estação de tratamento de efluentes, água do processo de resfriamento.

Mohsen e Jaber (2002) consideram que as indústrias são grandes fontes de efluentes possíveis de serem reutilizados e que incentivos do governo deveriam existir para incentivar a implantação de ações para um uso eficiente da água e uma melhoria na gestão do uso. As águas residuárias são fontes de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, seu uso para irrigação de culturas pode reduzir a necessidade de fertilizantes artificiais (SINGLETON, J., 2010).

Relacionados ao reuso em irrigação de culturas, Al-Nakshabandi *et al* (1997) que já estudaram a influência da utilização de águas residuárias domésticas para a irrigação de cultura de berinjela e constataram que o rendimento da cultura foi o dobro quando comparado à irrigação com água doce adicionada de fertilizantes (processo anterior). Os nutrientes e a concentração de metais pesados nos tecidos da berinjela foram normais. Os autores indicam a necessidade de filtragem da água

residual antes de realizar a irrigação, para que não ocorra entupimento dos dosadores.

Em outro trabalho, Manios *et al* (2003) utilizaram água residual proveniente de um frigorífico de suínos que, após tratamento físico-químico e desinfetado com cloro, foi utilizado para irrigar árvores, grama e outras plantas ornamentais, o que proporcionou o crescimento da área verde e minimização do problema de odor.

Para que seja possível o reuso, a qualidade deve ser compatível ao exigido pela demanda. Segundo Matsumura (2007), a qualidade da fonte geradora, um processo de tratamento confiável, o tratamento da água residuária, a operação e o projeto dos sistemas de distribuição, são os fatores que afetam a qualidade da água e são relacionadas aos seguintes aspectos:

- Segurança física química e microbiológica, evitando a contaminação humana;
- Requisitos para o uso;
- Aspectos estéticos da água (cor, odor);
- Percepção da população referente ao reuso;
- Realidades políticas referentes a regulamentações de reuso existentes.

Relacionado ao reuso a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1997), através da NBR-13.969/97, propõe o reuso de água de esgoto de origem essencialmente doméstica. O efluente deve ser tratado para ser reutilizado em casos onde possam ser utilizados água não potável, desde que seja sanitariamente segura, como lavagem de pisos e veículos, irrigação de jardins, descargas de vasos sanitários, irrigação de campos agrícolas, manutenção paisagísticas dos lagos e canais, pastagens.

A prática do reuso pode ser implantada de duas maneiras: o reuso em cascata e o reuso de efluentes tratados (FIRJAN, 2006).

No reuso em cascata, o efluente gerado em um determinado processo industrial (sem tratamento) é diretamente utilizado, em outro processo subsequente, pois o efluente gerado atende aos requisitos de qualidade exigidos pelo mesmo. Uma variação do reuso em cascata é a utilização parcial do efluente gerado. Este processo é indicado quando ocorre a variação da concentração dos contaminantes do efluente com o tempo.

A outra forma de reuso é a de efluentes tratados, a qual é a mais utilizada na indústria. Consiste na utilização de efluentes gerados localmente, após tratamento

adequado para a obtenção da qualidade necessária aos usos pré-estabelecidos. Na avaliação do potencial de reuso de efluentes tratados, deve ser considerada a concentração de contaminantes que não são eliminados pelas técnicas de tratamento empregadas (FIRJAN, 2006).

Dominguez-Chicas e Scrimshaw (2010) fizeram uma avaliação dos riscos relacionados ao reuso potável indireto com o intuito de caracterizar os riscos deste tipo de reuso. O reuso potável indireto é definido como uma água potável, tratada e distribuída em uma fonte de água natural que é alimentada por partes de efluentes tratados. Há mais de 20 anos nenhum problema de saúde pública ou ambiental foi detectado com o uso deste procedimento. O trabalho propôs uma avaliação dos riscos através de um mapa que indicava os locais onde havia probabilidade de ocorrer perigo e o que este perigo representava, e assim foi mapeada a bacia de abastecimento do local de estudo.

Este tipo de reuso já é praticado em muitos complexos industriais que despejam seus efluentes nos rios em pontos a montante da captação de água para os processos das próprias indústrias.

Para aplicar o reuso, primeiramente deve ser identificada a qualidade mínima da água necessária para um determinado processo ou operação industrial (FIRJAN, 2006).

Matsumura e Mierzwa (2008) em seu trabalho realizado em um frigorífico de aves identificaram as fontes de descarga de água e suas temperaturas (quente, fria e ambiente). Relacionando a demanda de água em condições de reuso, foi excluída a água com temperatura alta, pois este é um fator indesejável, o qual iria necessitar de uma complexa tecnologia de tratamento. Portanto, a demanda de água a temperatura ambiente e a baixas temperaturas pode ser atendida com reuso.

Para que o reuso ou reciclagem de água possam ser realizados, um investimento inicial é necessário para adaptação ou construção de locais para segregação, coleta, armazenagem, eventual tratamento e distribuição da água. A utilização deste recurso define a necessidade de tratamento prévio para adequação às exigências estabelecidas (MIERZWA; HESPANHOL, 2005; PACHECO, 2006). Outro fator que deve ser monitorado durante o processo de reuso é a concentração de compostos contaminantes que, caso não sejam retirados, tendem a aumentar (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Uma possibilidade de reuso que não requer águas com elevado grau de pureza são nas torres de resfriamento, que são equipamentos responsáveis por remover a carga térmica dos sistemas, usando a água como fluido de resfriamento. De acordo com Hespanhol (2002), é necessário apenas que a água utilizada evite a formação de depósitos, corrosão e crescimento de microrganismos.

3.4.3.1. Técnicas para tratamento de água para o reuso

Segundo Richter e Azevedo Netto (1991), o tratamento de água é feito para atender finalidades higiênicas (remoção de microrganismos, compostos orgânicos), estéticas (cor e odor) e econômicas (redução de corrosividade, dureza, cor, turbidez).

A escolha da(s) técnica(s) de tratamento da água para o reuso deve se basear nos contaminantes que se deseja remover, que será função do seu uso preponderante. As técnicas mais utilizadas para o tratamento de efluentes, e que também podem ser empregadas no tratamento de água para reuso são a neutralização, filtração e centrifugação, precipitação química, coagulação/floculação e sedimentação ou flotação, tratamento biológico, adsorção em carvão ativado, processo de separação por membranas, troca iônica, processos de separação térmica, extração (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Diaz, Law e Birt (2002) estudaram o tratamento de água residuária proveniente da etapa de resfriamento de frangos para melhorar a segurança microbiológica e turbidez e possibilitar seu reuso. Foi constatado que a utilização tanto de ozônio, quanto de radiação ultravioleta foram eficientes.

Nardi *et al* (2011) avaliaram o tratamento de água residuária de matadouro de aves em um reator seqüencial em batelada seguido de flotador por ar dissolvido e sistema de ultravioleta. Conseguiram obter um efluente final com características que possibilitam seu reuso e a redução de 46% no consumo de água proveniente de poços e de 76% de descarga de efluentes tratados no rio.

Bellona e Drewes (2007) utilizaram membranas de nanofiltração a baixa pressão e osmose reversa para tratamento de águas de superfície, que sofrem impactos dos efluentes, com o intuito de recuperá-las para uso indireto na recarga

de aquíferos. Destacaram em seus resultados a capacidade seletiva das membranas de nanofiltração para a remoção de solutos orgânicos presentes no efluente, no nível de partes por trilhão. O tratamento do efluente apresentou bons resultados em escala de laboratório e as limitações (nitratos) podem ser eliminadas associando-se tratamentos biológicos, possibilitando a reutilização do efluente tratado.

Kang; Mancl e Tuovinen (2007), propuseram o tratamento de águas residuárias por filtração em areia, em que os filtros possuíam camada de cascalho (5 cm) no fundo para apoiar as camadas de areia fina (46 cm) e areia grossa (15 cm) a uma altura de 66 cm. As águas residuárias eram provenientes do processamento de perus, semelhante ao efluente de frangos do presente trabalho. A filtração por areia mostrou ser um tratamento viável para este tipo de efluente e a vida útil e a eficiência do processo são associadas com a extensão da carga hidráulica dos filtros de areia, sendo possível a reutilização deste efluente.

3.4.3.2. Desafios e limitações para o reuso da água

De acordo com Mierzwa e Hespanhol (2005), a implantação de qualquer prática de reuso de água ou efluente deve considerar limitações técnicas, operacionais e econômicas. Em termos de limitações técnicas, a principal é a qualidade da água que cada aplicação requer, já as limitações operacionais são relativas aos tratamentos do efluente, se necessários ou não e onde serão reutilizados, como operacionalizar o processo, e as limitações econômicas são relativas aos custos da prática do reuso.

Na tabela 4 estão descritas as categorias de reuso de água e as principais restrições de uso.

Existem restrições importantes para o reuso potável da água, relacionadas ao risco epidemiológico e sanitário, restrições culturais e custos de tratamento que raramente justificam a iniciativa. Devido a esses fatores, o reuso não potável de água é mais utilizado (NASCIMENTO; HELLER, 2005).

Tabela 4 – Categorias de reuso de água e as principais restrições para o reuso

Categorias de reuso de água residual		Potenciais restrições
Irrigação de culturas agrícolas	- Irrigação da cultura	- Poluição de águas superficiais e subterrâneas se não gerenciar adequadamente
	- Viveiros comerciais	- Mercabilidade de culturas e aceitação pública - Efeitos da qualidade da água, principalmente, sais, terra e culturas
Irrigação de paisagens	- Parques, jardins de escolas, canteiros de rodovias, campos de golf, cemitérios, áreas verdes, usos residenciais	- Preocupação com a saúde pública relacionada a patógenos(bactérias vírus e parasitas) - Usar área controlada com zona de proteção
Reciclagem e reuso industrial	- Resfriamento, alimentação de caldeiras	- Recuperação de constituintes da água residuais relacionados com corrosão, crescimento biológico, <i>fouling</i>
	- Água de processo, construção pesada	- Preocupação com a saúde pública, particularmente transmissão de patógenos pelo ar e água gelada
Recarga de aquíferos	- Reabastecimento de poços	- Recuperação de químicos orgânicos nas águas residuárias e seus efeitos toxicológicos
	- Controle relacionados à água salgada	- Recuperação da água residual de sólidos totais dissolvidos, nitratos e patógenos.
Usos ambientais e recreacionais	- Lagos naturais e artificiais e pântanos	- Preocupação com a saúde devido aos vírus e bactérias
	- Fluxo de riachos, pesca	- Eutrofização devido a nitrogênio e fósforo da água recebida
	- Gelo	- Toxicidade para a vida aquática
Usos urbanos não potáveis	- Proteção ao fogo	Preocupação com a saúde pública devido a transmissão de patógenos pelo ar
	- Ar condicionado	- Efeitos na qualidade relacionados com corrosão, crescimento biológico, <i>fouling</i>
	- Descarga de vasos	- Conexões cruzadas
Reuso potável	- Mistura em reservatório de abastecimento de água	- Recuperação de constituintes da água residuais, principalmente traços de orgânicos químicos e seus efeitos toxicológicos.
	- Abastecimento de água canalizada	- Aceitação estética e pública - Preocupação com a saúde, sobre a transmissão de patógenos, particularmente vírus.

Fonte: Asano (1998), *apud* Urkiaga et al (2008).

No Brasil a qualidade de água de contato com o alimento precisa ser potável e a reciclagem da água é permitida desde que não traga riscos à saúde. O reuso, em contato com o alimento não é permitido, pois ainda não há regulamentos específicos para isso (MATSUMURA; MIERZWA, 2008).

3.4.3.3. Requisitos de qualidade de água de reuso

A *Environmental Protection Agency* (EPA) Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos, criou um manual de reuso da água que propõe algumas diretrizes baseadas em experiências de alguns estados norte americanos relacionadas a reuso. Na indústria, a EPA sugere o reuso de água nas operações de resfriamento, tanto em torres de resfriamento quanto em resfriamento de passagem. Nos dois casos são propostos tratamentos secundário e desinfecção da água antes do reuso, porém, no caso das torres de resfriamento, pode ser necessário um tratamento com coagulação química e filtração. A água recuperada deve ser monitorada com medidas semanais de pH e (DBO) Demanda Bioquímica de Oxigênio, medidas diárias de (SST) Sólidos Suspensos Totais e coliformes e medidas contínuas de cloro residual. Deve-se cuidar para que as gotas de aspersão não atinjam locais de acesso aos funcionários. Sugere-se uma distância mínima de 90 m entre os resfriadores e a área de acesso ao público. Porém, caso haja um elevado grau de desinfecção da água recuperada, essa distância pode ser desprezada. A qualidade da água recuperada depende da taxa de recirculação, a EPA sugere valores de pH entre 6 e 9, de DBO $\leq 30\text{mg L}^{-1}$, de SST $\leq 30\text{mg L}^{-1}$, de coliformes tolerantes $\leq 200/100\text{mL}$ e teor de cloro residual de, no mínimo, 1mg L^{-1} (EPA, 2004)

O manual da EPA ainda apresenta os parâmetros de qualidade, de acordo com a significância nos sistemas de reuso de água (Tabela 5) (EPA, 2004):

Tabela 5 - Parâmetros de qualidade da água apresentada pela EPA, de acordo com a significância nos sistemas de reuso de água

Parâmetros	Significância para reuso	Valores no efluente secundário	Valores para água recuperada
Sólidos suspensos	Pode estar associado à contaminação microbiana, pode interferir na desinfecção, obstrução em sistemas de irrigação, deposição	5 a 50 mg L ⁻¹	<5 mg SS L ⁻¹
Turbidez		1 a 30NTU	<0,1 a 30 NTU
DBO ₅	Substrato orgânico para crescimento microbiano, pode favorecer crescimento bacteriano no sistema de distribuição e <i>fouling</i> microbiano	10 a 30 mg L ⁻¹	<10a 45mg DBO L ⁻¹
DQO		50 a 150 mg L ⁻¹	<20a 90mg DQO L ⁻¹
COT		5 a 20 mg L ⁻¹	<1 a 10mg C L ⁻¹
Coliformes Totais	Risco de infecção através da potencial presença de patógenos, pode favorecer <i>biofouling</i> em sistema de resfriamento	<10 ¹ a 107ufc 100mL ⁻¹	<1a 200ufc 100mL ⁻¹
Coliformes Fecais		<1 a 106ufc 100mL ⁻¹	<1a 103ufc 100mL ⁻¹
Ovos de Helmintos		<1 a 10 L ⁻¹	<0,1 a 5 L ⁻¹
Vírus		<1 a 10 L ⁻¹	<1. 50L ⁻¹
Metais pesados	Elementos específicos (Cd, Ni, Hg, Zn etc) são tóxicos para plantas e há limites máximos de concentração para irrigação	-	<0,001mg Hg L ⁻¹ <0,01mg Cd L ⁻¹ <0,1a 0,02 mgNi L ⁻¹
Inorgânicos	alta salinidade e concentração de boro (>1mg/L) são prejudiciais para a irrigação	-	> 450mg SDT L ⁻¹
Cloro residual	Para prevenir crescimento bacteriano, excesso de cloro na forma livre pode danificar algumas plantações mais sensíveis	-	0,5a >1mg Cl L ⁻¹
Nitrogênio	Fertilizantes por irrigação, pode contribuir no crescimento de algas, corrosão e formação de incrustação	10 a 30 mg N L ⁻¹	<1 a 30 mg N L ⁻¹
Fósforo		0,1 a 30 mg P L ⁻¹	<1 a 20 mg P L ⁻¹

Fonte: Adaptado de EPA (2004)

De acordo com CECCHIN (2003), é considerada água com potencialidade de reuso industrial aquela em que os valores de suas concentrações não ultrapassem os limites impostos às características para uso daquela água. O

mesmo autor apresenta os parâmetros e os limites recomendados para reuso de água industrial (Tabela 6)

Tabela 6 - Parâmetros e limites recomendados para reuso de água industrial

Parâmetro	Limite recomendado
Alcalinidade (mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$)	350
Cloro (mg L^{-1})	500
Demanda química de oxigênio (mg $\text{O}_2 \text{ L}^{-1}$)	75
Demanda bioquímica de oxigênio (mg $\text{O}_2 \text{ L}^{-1}$)	25
Dureza (mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$)	650
pH	6,9-9,0
Sólidos suspensos totais (mg L^{-1})	100
Sólidos totais dissolvidos (mg L^{-1})	500
Turbidez (UT)	50

Fonte: adaptado de CECCHIN (2003)

3.4.4. Exemplos práticos de conservação e reuso da água

Muitas empresas já perceberam a necessidade de se reduzir o volume de água consumido, devido aos elevados custos gastos na compra e/ou tratamento da água utilizada e do efluente gerado.

A Viação Campos Gerais, empresa de transporte coletivo localizada em Ponta Grossa - PR, implantou, há dez anos, um sistema de coleta de água da chuva, que incluía calhas e um reservatório de 160 m³, para utilizá-la na lavagem de veículos (MOSKWYN, 2010).

A Ambev, fabricante de cervejas e refrigerantes, conseguiu reduzir em 22% o consumo de água para fabricação de cerveja reutilizando a água do processo de pasteurização, reaproveitando a água proveniente do processo para a lavagem de garrafas, tanques e limpeza em geral e utilizando a água de enxágüe das garrafas para lavagem dos engradados (INDÚSTRIA..., 2008).

A Cadbury Adams, empresa de doces, estabeleceu como meta reduzir 20% do consumo de água em uma de suas unidades industriais. O esgoto sanitário e industrial passa por uma série de processos de purificação e recupera 99% da água deixando-a livre de impurezas antes de retornar ao rio (INDÚSTRIA..., 2008).

O Sistema Coca – Cola Brasil, reduziu cerca de 5% no consumo de água para produção de refrigerantes em um ano. Reutilizaram a água em diversas etapas do processo após passarem por estações de tratamento. Utilizam água da chuva para a alimentação de torres de refrigeração e sistemas de refrigeração de ar e utilizam torneiras de fechamento automático nos banheiros (INDÚSTRIA..., 2008).

A divisão de alimentos da Unilever conseguiu reduzir seu consumo de água em 21% em 3 anos, após implantarem reuso de água de resfriamento em alguns pontos dos processos de preparação de sorvetes, e reuso da água de processo para a última etapa de limpeza das linhas na fábrica de óleos vegetais (INDÚSTRIA..., 2008).

Uma indústria de laticínios localizada em Carazinho (RS) conseguiu reduzir o volume de efluente gerado e a carga orgânica do mesmo reutilizando a água de lavagem de equipamentos. Como tem muitos sólidos, primeiramente foi feita a concentração de sólidos dessa água. A água resultante, livre dos sólidos, é utilizada como água de limpeza (BRUM, SANTOS JÚNIOR, BENEDETTI, 2009).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. DESCRIÇÃO DO FRIGORÍFICO SEGUNDO SUA LOCALIZAÇÃO

O frigorífico está localizado no município de Carambeí, no estado do Paraná. Na figura 2 estão presentes as fotos aéreas da região onde está localizada a empresa com a fábrica de lácteos e carnes, frigorífico de frangos, tanques de abastecimento, ETE e ETA e rio São João, principal fonte de captação de água. O efluente industrial, após tratamento, é lançado no rio Lajeado, que deságua a montante do ponto de captação de água no rio São João.

A bacia hidrográfica do Rio São João possui cerca de 88,65 km² e 30 km de extensão. A nascente do rio se localiza na região da Fazenda São Daniel e a foz é no Rio Pitanguí. É formado pelas águas do Rio Jotuba que nasce em Carambeí e sua foz nos limites de Ponta Grossa onde se junta com as águas do Rio Pitanguí, que formam a represa Alagados, um dos mananciais de abastecimento de água da cidade de Ponta Grossa.

A Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi abrange 49 municípios e possui 65 rios menores que deságuam no Rio Tibagi. A carga poluidora industrial potencial desta bacia é da ordem de 130.000kg DBO₅ (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2011). A cidade de Carambeí está totalmente localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi. A figura 3 mostra a localização da região hidrográfica onde está localizada a empresa: Mapa do Paraná, Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi, rios próximos à empresa).

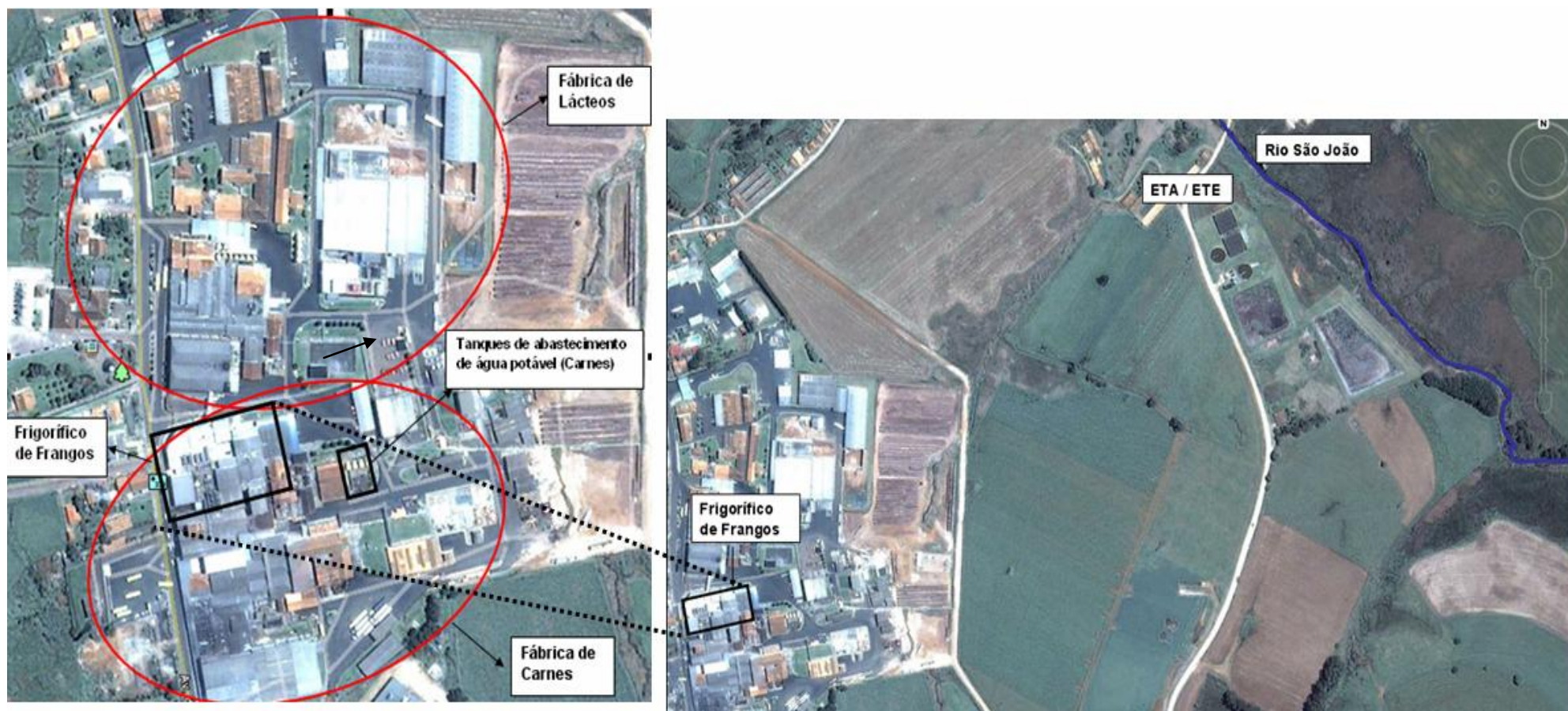


Figura 2 - Vista aérea da empresa (Fábrica de Lácteos e Carnes, Frigorífico de Frangos, Tanques de abastecimento, ETE e ETA e Rio São João).
Fonte: Google Earth (24.01.11), Data da imagem: 11.out.2002, 24°56'23,38" S e 50°07'54,92" O.

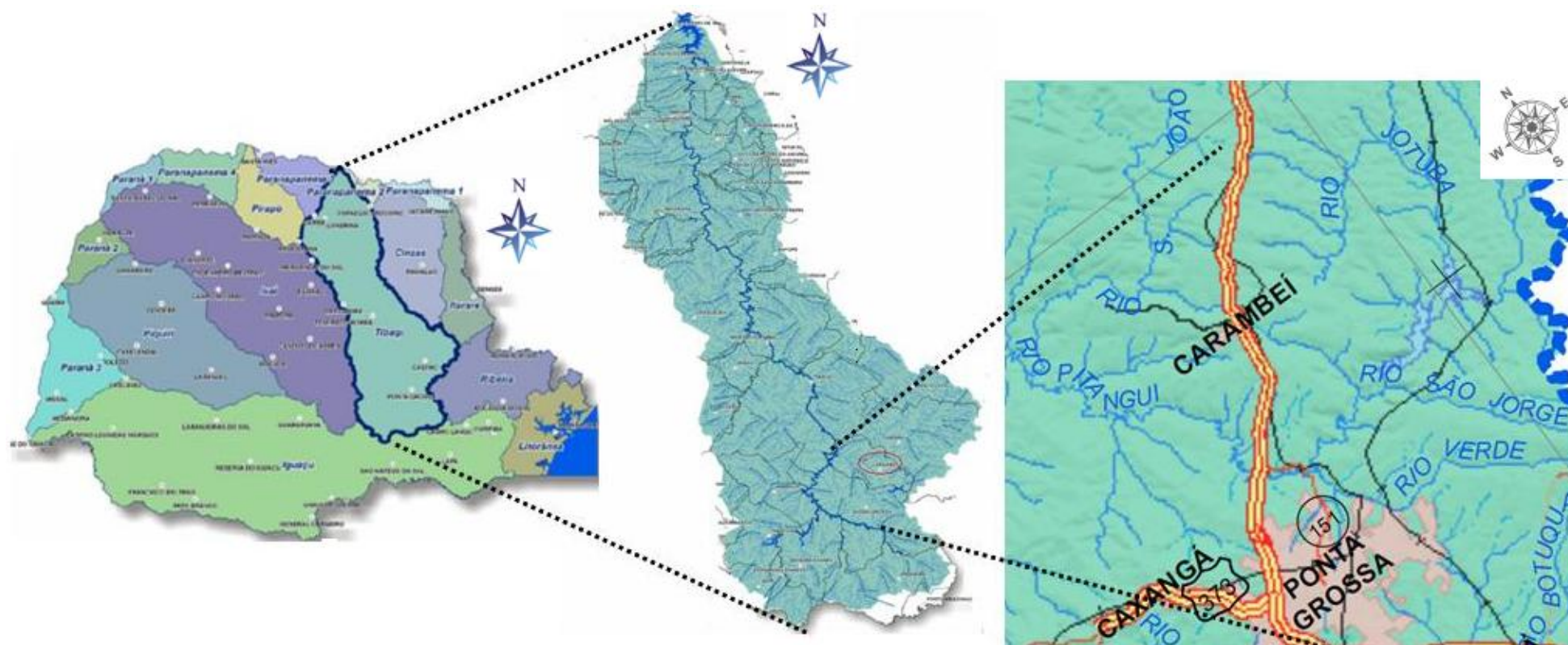


Figura 3 - Localização da região hidrográfica onde está localizada a empresa (Mapa do Paraná, Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi, Rios próximos à empresa).
Fonte: Águas Paraná (2011).

4.2. METODOLOGIA UTILIZADA

Visando atender aos objetivos propostos no trabalho, a metodologia utilizada foi uma adaptação do Plano de Conservação e Reuso de Água proposto no Manual de Conservação e Reuso de Água na Indústria (FIRJAN, 2006), segundo o diagrama apresentado na Figura 4.

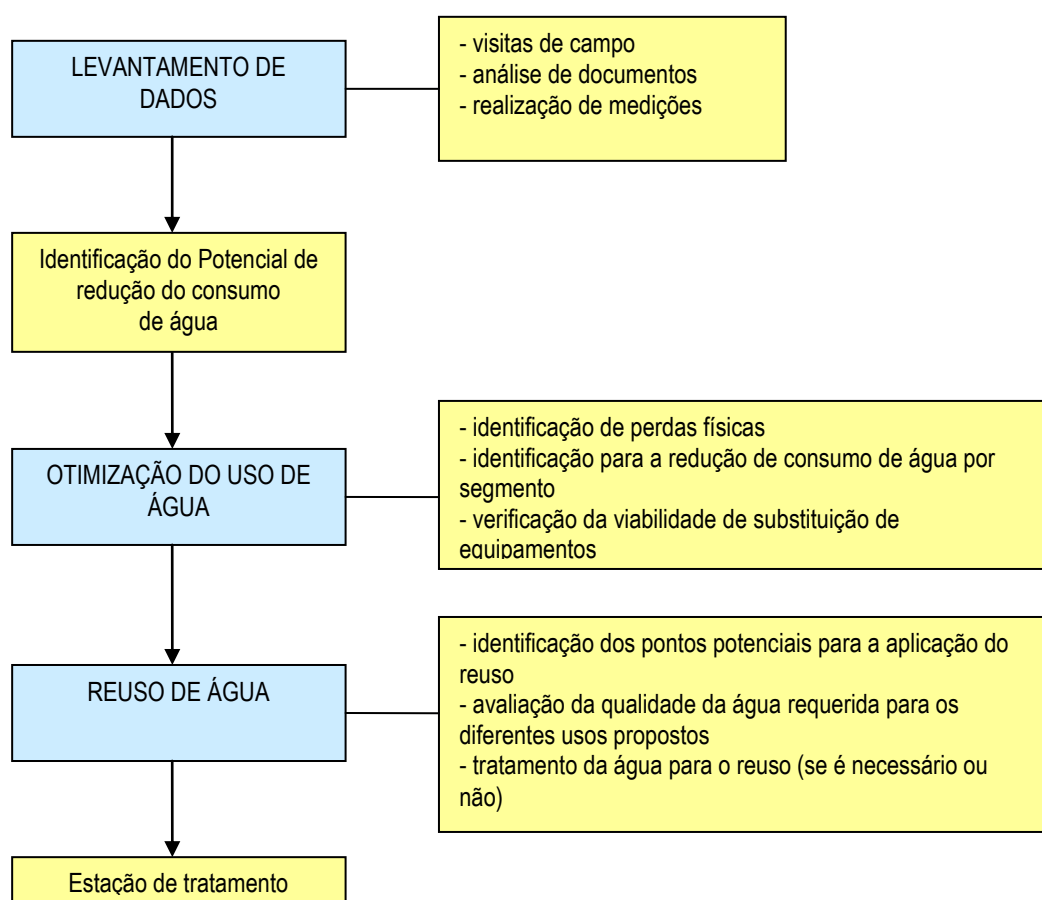


Figura 4 - Adaptação do Diagrama do Plano de Conservação e reuso de água (FIRJAN, 2006)

Para atender aos objetivos propostos no trabalho, foram realizados:

- descrição detalhada do fluxograma do processo;
- levantamento de documentos descritivos de rotinas operacionais;
- avaliação dos dados já existentes relacionados à necessidade de água;
- levantamento da quantidade de água captada para o processo;
- identificação das etapas onde a água é utilizada;

- levantamento da qualidade de água aplicada para cada utilização;
- identificação dos pontos de maior consumo de água;
- identificação de possíveis pontos de desperdício de água.

A otimização do consumo de água foi proposta em todos os setores do frigorífico de frangos onde houve a possibilidade de redução de água, principalmente focado em pontos de desperdício. O reaproveitamento foi proposto de maneira a não comprometer a sanidade dos produtos. Mediante as avaliações realizadas foram propostas alterações de alguns procedimentos operacionais.

Foram avaliadas para a água de entrada e do efluente, características físico-químicas, como por exemplo, pH, alcalinidade total, cloro e demanda química de oxigênio (DQO) para mensurar possíveis utilizações referentes ao reuso de água.

4.2.1 Análise de documentos

Foram analisados documentos de *layout* da fábrica, disposição de equipamentos e controles de consumos de água pré determinados por órgãos reguladores (como Ministério da Agricultura e Pecuária - MAPA). Também foram analisados trabalhos já existentes relacionados ao uso racional de água, junto às equipes de manutenção e projetos da empresa.

4.2.2 Medida do consumo de água e coleta de dados

A medição do consumo de água durante o processo foi realizada durante o mês de maio de 2010, com o auxílio de recipiente graduado e cronômetro, para todos os equipamentos. Foram agrupados os volumes utilizados de todos os equipamentos em cada setor, considerando aqueles nos quais há consumo freqüente de água, seja para o processo produtivo ou para auxiliar o funcionamento de máquinas e equipamentos.

4.2.2.1 Determinação das vazões

As medidas das vazões foram realizadas nos setores considerando as máquinas e equipamentos que necessitam de água para o seu funcionamento e o processo produtivo com relação aos aspectos higiênicos sanitários que as indústrias de alimentos necessitam seguir. O consumo de água de cada equipamento foi relacionado com o tempo de funcionamento do mesmo durante o processo.

4.2.2.2 Identificação dos pontos de maior consumo

A partir dos dados de consumo de água obtidos por setor, foram identificados os pontos de maior consumo e as possibilidades de redução do mesmo.

4.2.2.3 Verificação e aplicação das possibilidades de minimização de consumo

As possibilidades de redução do consumo foram inicialmente relacionadas apenas ao processo produtivo, isto é, contemplando o consumo de água desde a matéria prima até a obtenção dos produtos finais, sem considerar a utilização de água pelos funcionários (lavagem de mãos, botas, bebedouros), que serão abordados posteriormente. Os valores de consumo foram baseados nas médias das medições por equipamentos por setor, levando em conta o tempo de funcionamento e descontados os tempos de paradas, em que o consumo para equipamentos e instalações não eram interrompidos, apesar da não utilização para o processo produtivo.

4.2.2.4 Verificação e aplicação das possibilidades de reuso/ reciclo

A partir da possibilidade identificada para o reuso, foi feita a caracterização do efluente e realizado teste em uma unidade piloto de filtração - localizado na

empresa, que avaliaria os resultados obtidos para o reuso de água de resfriamento de carcaças nas torres de resfriamento, respeitando os parâmetros necessários para esta utilização.

Antes de ser direcionado para as torres de resfriamento, esse efluente passou por uma peneira estática, para remoção dos sólidos em suspensão de maiores dimensões e, na sequência, foi bombeado para um filtro, onde foi realizado o teste piloto, localizado próximo dos sistemas de torres de resfriamento. Para não comprometer o processo na unidade, o teste foi feito com uma torre de resfriamento desativada (Figura 5).

O equipamento para filtração utilizado no teste é da marca Marbella do Brasil, composto por 2 filtros com vazão nominal de $30\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ (os dois filtros juntos), feito de aço carbono e meio filtrante formado por uma camada suporte de pedregulhos ($1/2''$ a $3/4''$) e carvão ativado granular com capacidade para 600 kg de material filtrante cada filtro (Figura 6).

O equipamento para filtração utilizado no teste é da marca Marbella do Brasil, composto por 2 filtros com vazão nominal de $30\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ (os dois filtros juntos), feito de aço carbono e meio filtrante formado por uma camada suporte de pedregulhos ($1/2''$ a $3/4''$) e carvão ativado granular com capacidade para 600 kg de material filtrante cada filtro (Figura 6).

Para a possível reutilização do efluente nas bacias das torres de resfriamento, foi feita a avaliação qualitativa das amostras: água potável, efluente proveniente do resfriamento das carcaças após passagem pela peneira estática e efluente após filtração em sistema de filtros de carvão ativado na bacia da torre de resfriamento.



Figura 5 – Torre de resfriamento onde foi realizado o teste para reuso de água



Figura 6 – Foto dos filtros utilizados no teste piloto
Fonte: fornecedor Marbella do Brasil, 2010

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. OPERAÇÃO DO FRIGORÍFICO

No frigorífico são abatidos diariamente 250.000 (duzentos e cinquenta mil) frangos, que são vendidos na forma de frango inteiro, cortes e miúdos para os mercados externo e interno. Durante a pesquisa o frigorífico operava em 3 turnos, sendo dois turnos de 8 horas e um turno de 6 horas, 6 dias por semana, de segunda a sábado.

O processo de abate e industrialização de frangos ocorre conforme descrito a seguir:

- Setor de Recepção: local onde os frangos são recepcionados na indústria. Eles vêm das granjas em gaiolas nos caminhões. Os frangos esperam até a hora de serem descarregados nos caminhões, no local de descanso das aves, sob fraca ventilação e nebulização de água para tranquilizar o animal. Após, os frangos são descarregados das gaiolas e pendurados nas nóreas para seguirem o processo. Nesta etapa há consumo de água no lavador de gaiolas e lavador dos ganchos ou nóreas. Após descarga dos frangos, os caminhões passam por uma limpeza antes de saírem da fábrica.
- Setor de sangria: etapa onde é feita a retirada do sangue do corpo do animal. Aqui, os frangos são insensibilizados em canaleta com água e corrente elétrica, sangrados e encaminhados para o túnel de sangria, onde ocorre o gotejamento do sangue. Nesta etapa a água é continuamente renovada. Os esterilizadores são recipientes com água quente onde ocorre a limpeza e esterilização da faca para sangria. No túnel de sangria a higienização ocorre, quando necessário, durante os turnos.
- Setor de escaldagem: esta etapa pode ser considerada como a primeira opção de lavagem dos frangos, onde as impurezas e o sangue da superfície externa são removidos. Também tem função de facilitar a retirada das penas na etapa subsequente. Aqui os frangos são imersos em tanques com água quente (em torno de 52 a 54°C) que é renovada continuamente durante o processo. Uma vez ao dia, a água é trocada integralmente.
- Setor de depenagem: etapa em que os frangos passam por agitadores mecânicos que farão a retirada das penas das aves. A canaleta onde caem as penas tem fluxo

contínuo de água de reaproveitamento. Esta água de reaproveitamento é proveniente da água residual do tanque de escaldagem.

- Transpasse: etapa em que os frangos passam de uma linha de nóreas para a linha do processo seguinte. Nesta passagem os pés são cortados, encaminhados para a descuticuladora e separados. Neste setor ocorre também a remoção da cabeça e o corte da canelinha. O transporte dos resíduos (cabeça, canelinhas, cutículas e penas) é feito por água que escoar continuamente em canaletas. Os pés também são transportados via tubulação com água para a sala de miúdos.

- Sala de evisceração: nesta operação são retiradas as vísceras do frango. Inicialmente as carcaças passam por uma lavagem externa, seguem para a extratora de cloaca, abertura de abdômen e evisceradora. Após esta etapa ocorre a retirada do “pacote visceral” e separação manual dos miúdos comestíveis das partes não comestíveis. Na sequência ocorre a retirada da traquéia, pescoço, pulmões e, finalmente, a lavagem final. Neste setor a água é utilizada continuamente para transportar os miúdos, por tubulação, para a sala de miúdos e para transporte de resíduos. A água também é utilizada nos esterilizadores, torneiras e como lubrificante de equipamentos para minimizar seu desgaste.

- Sala de miúdos: nesta sala os miúdos, pés, pescoço, coração, fígado e moela, são resfriados e empacotados. O pulmão também pode seguir para o setor de congelamento em placas, para ser destinado para a fabricação de ração para animais domésticos (*pet food*). Na sala de miúdos a água é renovada continuamente nos *chillers* (resfriadores) de miúdos, é utilizada no transporte de resíduos e na produção do gelo utilizado para resfriar a água dos *chillers*.

- Sala de resfriamento: depois de lavadas as carcaças passam pelo pré *chiller*, primeiro resfriamento, e depois pelo *chiller*, onde acontece redução da temperatura à 4°C e absorção de água. As carcaças passam, então, por uma calha de gotejamento para eliminação do excesso de água. Depois, os frangos que serão embalados inteiros vão para sala de embalagem primária e os demais vão para o setor de cortes. A água dos *chillers* é renovada continuamente para se evitar contaminação. Também é utilizada água para transporte de resíduos e para produção do gelo utilizado no resfriamento da água do *chiller*.

- Sala de embalagem primária: aqui os frangos inteiros são embalados e, depois, encaminhados para a sala de embalagem secundária. Nesta etapa a água é utilizada somente para as higienizações.

- Sala de cortes: neste setor são feitos os cortes das carcaças de acordo com as necessidades dos clientes. Nesta etapa a água é utilizada para lubrificação e lavagem das esteiras transportadoras e transporte de resíduos. Os cortes são embalados nesta mesma sala e depois vão para a sala de embalagem secundária.
- Sala de embalagem secundária: recebe frangos inteiros e cortes, os quais são colocados em caixas de papelão e encaminhados para o túnel de congelamento;
- Túnel de congelamento, paletização, carregamento e expedição: são as etapas finais do fluxograma de processamento de frangos.

5.2. IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE CONSUMO DE ÁGUA NO PROCESSO

Na Figura 7 está apresentado o fluxograma do processo e, identificados nas caixas laterais, os pontos de utilização de água. A área de frangos possui duas linhas de processo. O processo de abate e processamento do frango é separado por salas, cada sala está sendo representada por uma caixa do fluxograma principal, de acordo com o *layout* da fábrica, com os respectivos equipamentos presentes em cada uma delas.

Conforme descrito no fluxograma, os *chutters* são tubulações para transporte de miúdos de um setor para o outro, sendo que a maioria utiliza água para auxiliar este transporte via bomba pneumática. O Ponto Crítico de Controle (PPC) é um local no setor de evisceração onde se faz o controle para que as contaminações fecais, biliares e gastrintestinais, não passem para a etapa seguinte do processo. A água é utilizada para a lavagem de facas, as quais são utilizadas para o corte e separação de partes contaminadas, e também para o transporte de materiais condenados.



Figura 7 - Fluxograma do processo e pontos de consumo de água potável

5.3. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DE HIGIENE E SANITIZAÇÃO

Na empresa são realizadas dois tipos de higienização, a operacional e a pré operacional. A higienização operacional é feita entre o 1º e 2º turnos e entre o 2º e 3º, horário de refeição dos funcionários, englobando as etapas de pré limpeza com enxágüe de toda área produtiva e duração aproximada de 1 hora. A higienização pré-operacional é feita entre o último e o primeiro turno, isto é, entre o 3º e 1º turno. É uma higienização completa que inclui as etapas de limpeza e sanitização com a utilização de produtos químicos e tem duração de 3 a 3,5 horas. A higienização é feita todos os dias da semana.

A limpeza, que faz parte da higienização pré-operacional, compreende as etapas de pré enxágüe, aplicação de detergente, esfrega ou não (dependendo da necessidade) e enxágüe. Depois é feita a sanitização, onde é aplicado o sanitizante para controle microbiológico. Para se atingir uma limpeza e sanitização eficientes, quatro fatores básicos devem ser considerados: tempo disponível para a higienização, temperatura da água, concentração do detergente e ação mecânica dos higienistas (SBCTA, 2000). Estes fatores são complementares e quando existe a diminuição de um deles, ocorre o aumento de outro/outros proporcionalmente.

O Procedimento Padrão de Higiene Operacional (PPHO) é baseado nas leis e orientações do Ministério da Agricultura. A frequência da higienização é estipulada de acordo com a necessidade de cada setor/equipamento. Os produtos utilizados são detergentes alcalinos (para sujidades orgânicas), detergentes ácidos (para sujidades inorgânicas) e sanitizantes como ácido peracético, cloro, quaternário de amônio e iodo.

Em todos os setores da fábrica ocorre higienização, podendo ser a seco, apenas enxágüe, ou higienização completa, dependendo do setor e das sujidades.

5.4. CONSUMO DE ÁGUA DE PROCESSO E ÁGUA DE HIGIENIZAÇÃO

Na Figura 8 estão apresentadas as medições de consumo de água de processo e água para higienização do frigorífico. Estas medições foram realizadas separadamente, pois são provenientes de tanques de abastecimento interno diferentes e também possuem temperaturas diferentes (água de processo:

temperatura ambiente e água de higienização de 45-55°C). Esta foi a melhor maneira encontrada para contemplar as variações de consumo de água diária da higienização, a qual tem variações entre os dias de semana e os finais de semana.

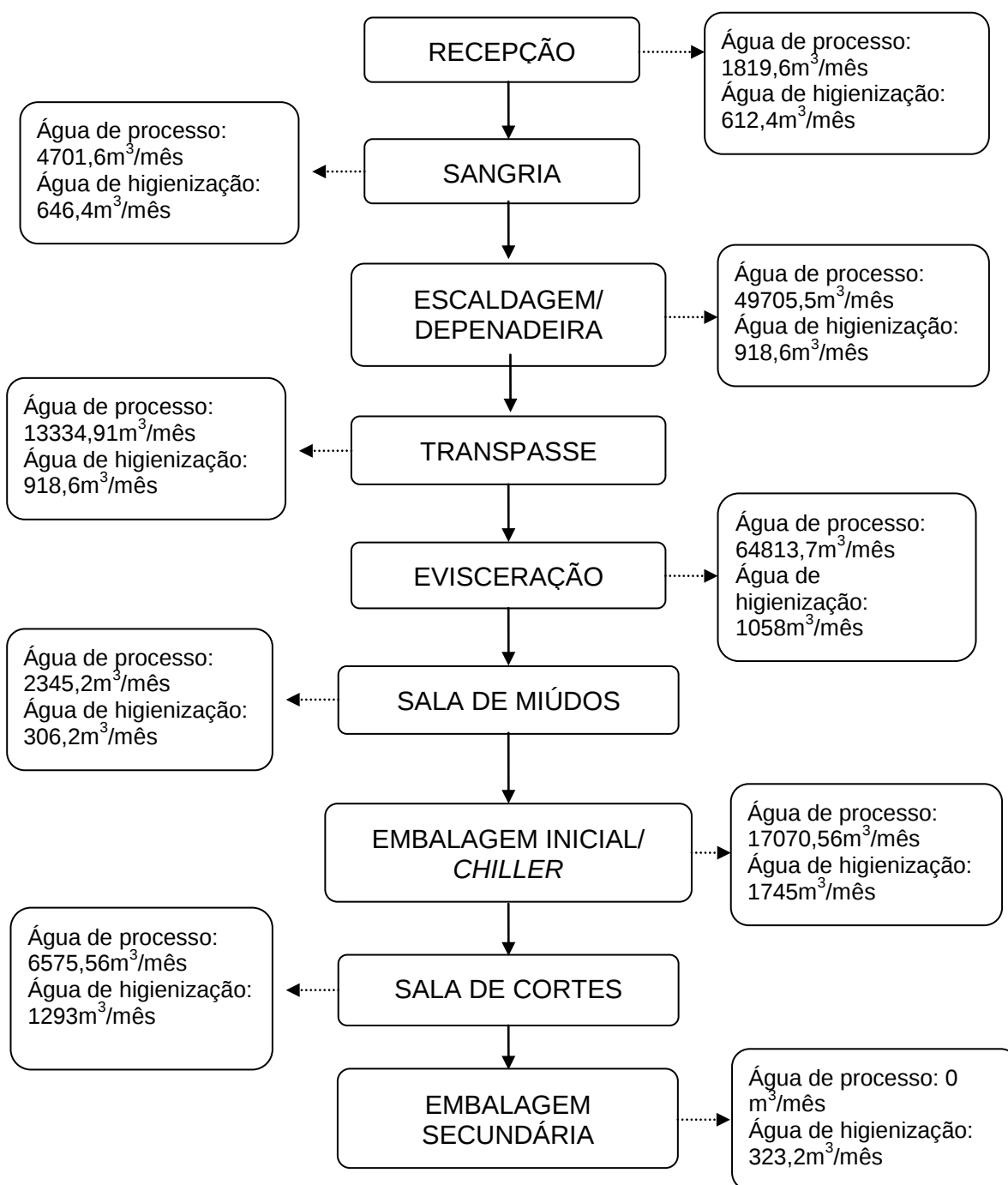


Figura 8 - Processo e quantificação do consumo de água potável dos setores

Os dados estão relacionados ao volume consumido durante um mês, considerando 26 dias de produção e as higienizações necessárias para estes dias. As medições ocorreram durante o mês de maio de 2010. Os valores obtidos estão relacionando à média de dias trabalhados nos meses, a quantidade de horas trabalhadas por dia, a quantidade de água consumida por hora trabalhada nos determinados equipamentos.

A partir dos dados do consumo de água de processo e higienização, foi feito um gráfico da distribuição percentual do consumo de água (Figura 9). As porcentagens relacionam o consumo por setor com o consumo total obtido de todos os setores.

Avaliando os dados apresentados na figura 9 de distribuição mensal do consumo de água, pode-se perceber que o consumo de água varia de setor para setor.

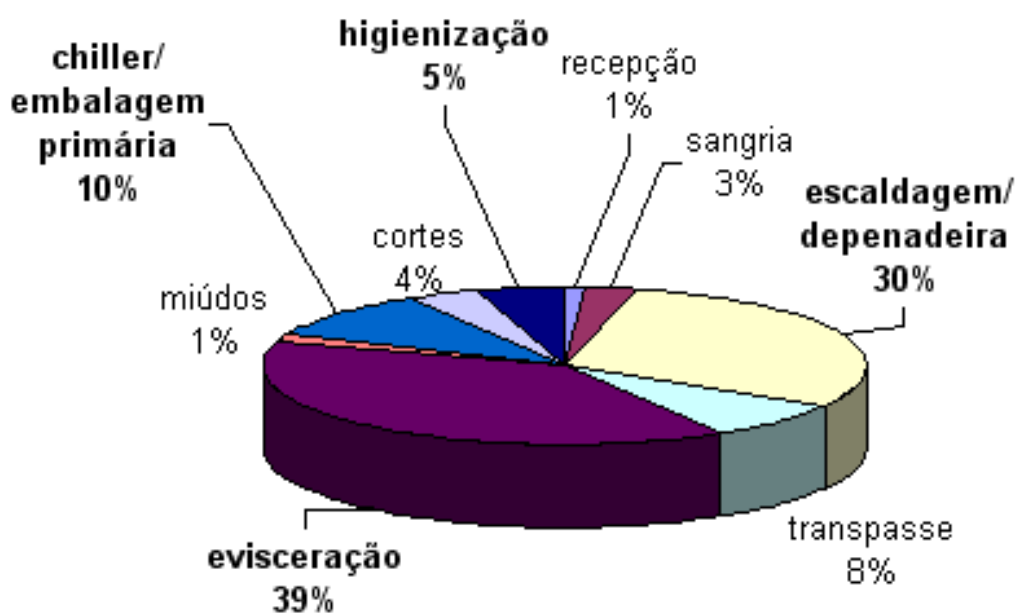


Figura 9 – Gráfico da distribuição do consumo mensal de água

No trabalho de Amorin; Nardi e Del Nery (2007) foi feita uma distribuição semelhante do consumo de água por setor no frigorífico de frangos. Os setores com maiores consumos foram os mesmos: escaldagem e depenadeira, evisceração e resfriamento, exceto para o setor de recepção que teve maior representatividade de consumo no trabalho citado em torno de 15%. Os processos de limpeza

representaram 9% do consumo de água, superior ao obtido no presente trabalho (5%).

O consumo de água pode estar relacionado à divisão entre as áreas limpa e suja, isto é, em áreas limpas, o produto (frango) fica mais exposto a contaminações, portanto, os cuidados quanto aos controles de qualidade e processos de limpeza e sanitização são muito maiores e o consumo de água para estes fins tende a ser maior. Esta situação não vale para o consumo de água nos tanques de escaldagem (área suja) onde a água é trocada continuamente, devido à quantidade de contaminantes (fezes, penas, poeira, sangue e outros resíduos) presentes na escalda. Em outros setores da área suja, alguns itens de qualidade têm maior tolerância do que para a área limpa, porque a própria matéria prima (frango) favorece muitas destas sujidades. O consumo de água também pode estar relacionado aos parâmetros de consumo mínimo exigidos por legislação, os quais devem ser cumpridos por determinação de órgãos fiscalizadores.

5.4.1. Detalhamento do consumo de água nos setores estudados e sugestões para sua redução

Recepção

A recepção é um setor que utiliza água para a lavagem dos caminhões, nebulizador, lavador de botas, pia de desinfecção, lavador de gaiolas e bebedouro de água para os funcionários. Neste setor consome-se, em média, 1819,6 m³ de água por mês, incluindo a lavagem de caminhões e a água utilizada na limpeza dos pisos do local, e representa 1% do total do consumo de água do frigorífico de frangos. Foi observado que este setor apresentava alguns problemas na utilização da água: a lavagem dos caminhões era feita pelo próprio motorista, representando uma grande variável no consumo de água; a limpeza do piso no local de lavagem do caminhão era feita apenas com água e os nebulizadores permaneciam ligados mesmo não havendo carga viva no local. Para redução do consumo de água no setor sugere-se o estabelecimento de procedimento para lavagem dos caminhões e acompanhamento da atividade por funcionários da empresa; sugere-se realizar limpeza prévia a seco, com vassoura, no piso do local de lavagem dos caminhões e

só depois utilizar água, e que o acionamento dos nebulizadores seja automático, apenas com carga viva no local.

Sangria

No setor da sangria, utiliza-se água na pia de desinfecção, lavador de botas, bebedouro, limpeza do vidro de proteção dos sangradores, pia dos sangradores, mangueira dos sangradores, calhas de sangria e cuba de insensibilização. Neste setor consome-se, em média, 4701,6 m³/mês, e representa 3% do total do consumo de água do frigorífico de frangos. Os problemas observados neste setor foram o extravasamento de água na cuba de insensibilização e não desligamento da água para limpeza do vidro dos sangradores mesmo durante as paradas. Baseado nisso foi sugerido inserir um regulador de nível na cuba de insensibilização para evitar transbordamento e orientação aos funcionários da sangria para desligar a válvula de água durante as paradas de produção.

Escaldagem e depenadeira

No setor de escaldagem e depenadeira a água é utilizada nos tanques de escaldagem, depenadeiras e pias. Aqui se consome em média 49705,5 m³/mês e representa 30% do consumo total de água do frigorífico de frangos. Neste setor foram observados os seguintes problemas: consumo excessivo de água em uma das depenadeiras de sambiquira, cerca de 40% a mais que a outra, devido a falta de regulagem da válvula; documentos da empresa apresentando dados errados devido a leitura errônea do hidrômetro e pontos de vazamento nos tanques de escaldagem. Para resolução do problema foi solicitado à equipe de manutenção a regulagem da válvula da depenadeira de sambiquira (conforme depenadeira de sambiquira da outra linha); foi feito treinamento com os operadores e funcionários do setor sobre como realizar corretamente a leitura de consumo de água do hidrômetro; foi programado junto à manutenção os reparos no tanque de escaldagem para a próxima parada de produção.

Transpasse

No setor de transpasse a água é utilizada na barreira sanitária na entrada da fábrica, no lavador de ganchos, na descuticuladora, nas auto limpezas das esteiras (de pés, de canelinha, de cabeça, de rependura de frangos), na mesa de seleção de pés, na bomba para transporte de pés e torneiras. Consome-se em média 13334,91 m³/mês, o que representa 8% do consumo total de água do frigorífico de frangos.

Foram observados como problemas o não fechamento de parte das válvulas de água para auto limpeza das esteiras durante as paradas de produção; vazamentos nas torneiras. Para se racionalizar o uso da água foi sugerido que os operadores de máquinas dos 3 turnos sejam orientados para que ao final de cada turno de produção e intervalos para refeições todas as válvulas de água das auto limpezas sejam fechadas. Também foi sugerido que as torneiras fossem concertadas para evitar vazamentos.

Evisceração

No setor de evisceração consome-se água no lavador de carcaça, na máquina de abertura da cloaca, máquina de abertura do abdômen, máquina evisceradora, calha da inspeção federal, esteira de cortes condicionais, esteira de pesagem e condena, esterilizadores de facas, linha de separação de miúdos, máquina de limpeza de moela, *chutter* de moela, máquina de retirada de traquéia, máquina de retirada de pescoço, *chutter* de pescoço, máquina de retirada de pulmão, *chutter* de pulmão, PCC (ponto crítico de controle), lavador de carcaça (final), esterilizadores de facas PCC (ponto crítico de controle), pias, sala de *drip test* (sala de controle de absorção de água pelo frango). Em cada um destes setores as medições do consumo de água foram relacionadas ao tempo que ficavam abertas as válvulas. Representa um consumo de 59142,3 m³/mês, correspondendo a 39% do total do consumo de água do frigorífico de frangos. Foram observados como problemas: utilização de água nas torneiras de separação de miúdos é bastante variável, as torneiras das linhas de retirada de miúdos apresentavam vazamentos e durante as paradas de produção ficavam abertas e os *chutters* de miúdos ficavam com água aberta mesmo sem a presença de miúdos para serem transportados. Para se reduzir o consumo de água sugere-se a substituição da saída das torneiras do processo por torneiras com regulador de vazão e orientação aos operadores de máquinas para o desligamento dos pontos de água durante as paradas de processo.

Miúdos

No setor de miúdos a água é consumida nos *chillers* de moela, fígado, coração, pé (dois *chillers*) e pescoço, nos *chutters* de fígado, pescoço e pia. Neste setor são utilizados cerca de 2345,2 m³/mês, o que representa 1% do total do consumo de água do frigorífico de frangos. Apesar de elevado, o consumo de água nos *chillers* não pode ser diminuído em função da quantidade de água mínima

exigida por legislação, 1L de água por quilograma de miúdo. Diante isto, não foi possível a redução do consumo de água neste setor.

Resfriamento de carcaças e embalagens

Para o setor de resfriamento de carcaças (*pré-chillers* e *chillers*) e no setor de embalagens, a água é consumida em pias, bebedouros, para encher os *pré chillers* (duas unidades, com capacidade de 13m³ cada) e *chillers* (2 unidades, com capacidade de 41m³ cada). Para o resfriamento das carcaças utiliza-se água proveniente da rede, água gelada e gelo para resfriar a água. No setor de embalagem inicial a água é utilizada somente para limpeza de calhas de respingo e calha de pendura para cortes. A quantidade de água consumida é de 17070,56 m³/mês, o que representa 10% do consumo total de água do frigorífico de frangos. Para este setor, segundo a Portaria nº. 210/1998 - MA, o consumo mínimo de água no *pré chiller* de carcaça deve ser de 1,5L por carcaça e o consumo mínimo de água no *chiller* de carcaça deve ser de 1L por carcaça. Se for considerada esta demanda de acordo com a legislação, não pode-se diminuir este consumo, e a proposta é a reutilização desta água nas torres de resfriamento.

Sala de cortes

Na sala de cortes a água é consumida na sala de afiação e de esterilização, no bebedouro, calha transversal, calha da esteira de asa, calha da esteira de peito, calha da esteira de coxa, calha da esteira de filé, calhas de respingo, auto limpezas e pias. A quantidade de água consumida neste setor é de 6575,56 m³/mês, o que representa 4% do consumo total de água do frigorífico. Foram observados os seguintes problemas: falta de padrão de regulação do volume de água para realizar a limpeza das esteiras (auto-limpezas) e não fechamento das válvulas de água durante as paradas de produção. Como sugestão de melhoria devem ser orientados os operadores do setor para o fechamento das válvulas de água nos horários de parada do processo.

Embalagem secundária

Embalagem secundária é um setor considerado área seca, onde ocorre a manipulação de caixas de papelão e de produtos já embalados, não permite a utilização de água exceto para a higienização do local.

5.4.2. Detalhamento do consumo de água no processo de higienização

Para o processo de higienização é considerada a quantidade de mangueiras e o tempo que elas ficam abertas durante o processo por setor. Na recepção são 2 mangueiras, na sangria 2, na escaldagem e depenadeira são 3, no transpasse 3, na evisceração 4, na sala de miúdos 1, nos *chillers* e embalagem 6, no cortes 4, na embalagem secundária 1 mangueira. Os consumos correspondem a média da vazão de água da saída de todas as mangueiras utilizadas no processo durante os horários de higienização. A quantidade de água consumida durante o processo de higienização, considerando higienizações operacionais e pré operacionais foi de 7821,4 m³/mês, representando 5% do consumo total de água do frigorífico de frangos.

A distribuição do consumo de água nos setores durante a higienização está apresentada na Figura 10.

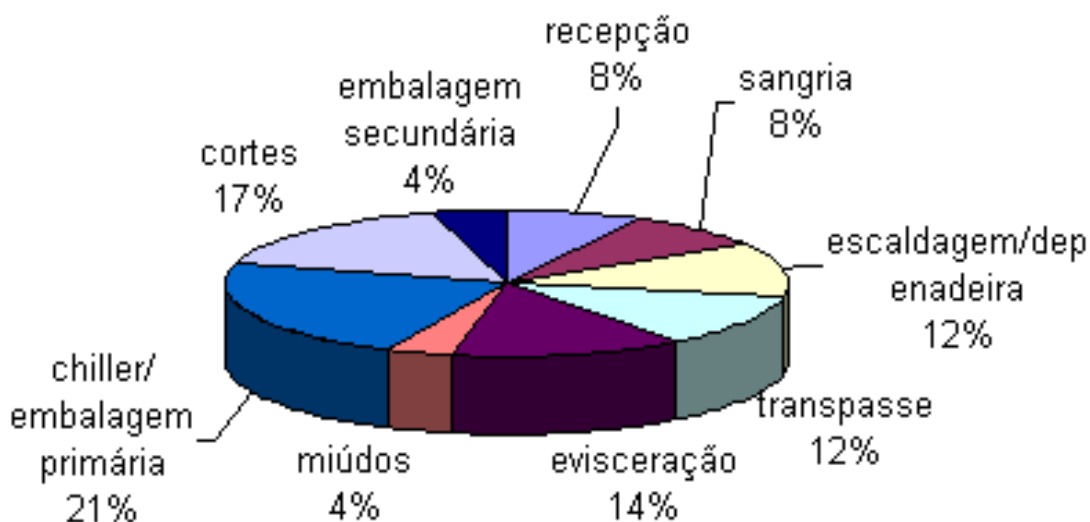


Figura 10 – Gráfico de distribuição do consumo de água nos setores durante a higienização

A higienização é realizada em todos os setores da empresa, três vezes por dia, nos intervalos de cada turno, sendo duas operacionais, com duração de uma hora cada, e uma higienização pré operacional, com duração total de 3,5 horas. As higienizações são realizadas após o término setorizado de cada processo. A

higienização pré operacional tem a duração de aproximadamente duas horas para cada setor. Nos setores onde o tempo de higienização é menor, como *chiller*, embalagem primária e cortes, o consumo de água é maior, pois são os maiores setores da área.

O processo de higienização compreende as etapas de enxágüe inicial, aplicação de detergente, esfrega (quando necessário), enxágüe final e sanitização.

Durante o acompanhamento do processo foi observado que, devido ao curto período de tempo disponível para a equipe de higienização realizar suas atividades, as mesmas não são feitas de maneira adequada. Por exemplo, a recolha a seco dos resíduos não é feita, em seu lugar os funcionários utilizam a chamada “vassoura d’água”, ou seja, empurram a sujeira com a água. Outro fator a ser considerado é que como os setores são relativamente grandes, são percorridas grandes distâncias com a mangueira ligada até se chegar às válvulas e fechá-las. Muitas vezes o higienista nem chega a desligar a válvula para não perder tempo durante o processo, já que na seqüência terá que abrir a válvula novamente. Para redução do consumo de água durante a higienização sugere-se padronizar os procedimentos de limpeza, propondo uma maneira de realizar o processo, com qualidade e agilidade, orientando a ordem da higienização dos equipamentos, substituir as ponteiros de saída de água das mangueiras por outras do tipo “bico de pato” que atua como dispersor da água ajudando durante o enxágüe, além de proporcionar maior segurança ao higienista, por ser confeccionado com material de borracha e proteger os dedos da temperatura da água da higienização, ajudando na conservação das luvas e colocar válvulas de abertura das mangueiras próximas às mãos dos higienistas, conforme Figura 11 (fornecedor de mangueiras e bicos - Mannes mangueiras).

Na figura verificam-se que os bicos utilizados anteriormente nas mangueiras não eram padronizados, o que significa diâmetro de saída de água distinto e utilização de diferentes volumes de água para cada mangueira considerando o mesmo tempo de funcionamento.

Bicos das mangueiras e diâmetro de saída de água não padronizados



Figura 11 – Bicos das mangueiras utilizadas durante o processo de higienização e mangueiras com ponteiros propostas para a redução do consumo de água.

5.5. OTIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA

A otimização do uso da água foi feita baseada em procedimentos que objetivaram a redução do consumo e o reuso.

5.5.1. Redução do consumo de água

Redução do consumo de água durante as paradas de produção

Este item diz respeito à redução de consumo desligando-se algumas saídas de água nos momentos em que a produção está parada, principalmente nos horários de higienização e refeição dos funcionários. Na Tabela 7 estão apresentados os volumes de água consumidos usualmente e os volumes de água consumidos racionalmente em cada setor.

Tabela 7 – Comparação entre os volumes de água consumidos usualmente e os consumidos racionalmente durante o processo em cada setor

Setores	Consumo usual (m ³ mês ⁻¹)	Consumo racional (m ³ mês ⁻¹)	Volume não consumido (m ³ mês ⁻¹)
Recepção	1820	1456	364
Sangria	4702	4534	168
Escaldagem e depenadeira	49706	46839	2867
Transpasse	13335	12923	412
Evisceração	59142	57342	1801
Miúdos	2345	2345	0
Chiller e embalagem primária	17071	17036	35
Cortes	6576	6031	544
Embalagem secundária	0	0	0
Consumo Total	154696	148507	6189
Consumo relativo (%)	100	96	4

Verifica-se que a não utilização de água durante as paradas de produção possibilita uma economia de 4% do volume de água ou cerca de 6.189 m³ mês⁻¹.

Redução do consumo de água durante a higienização

A redução do consumo durante a higienização foi idealizada propondo-se modificações nas válvulas e bicos das mangueiras. Foram realizados testes com mangueiras que possuem válvulas próximas à ponta, ao alcance das mãos do higienista, dispersor tipo “bico de pato” e orifício de saída de água de 5 mm de diâmetro (inferior à saída das mangueiras antigas 5,5; 6; e 6,5 mm de diâmetro). As mangueiras tem 30 m de comprimento e diâmetro interno de ¾”.

Os higienistas receberam treinamento para poderem manusear as novas mangueiras de maneira correta. Também foi feito trabalho de conscientização sobre o uso racional de água.

Com os novos acessórios foi possível reduzir o volume de água consumido em 21%, o que corresponde a, aproximadamente, 1600 m³ por mês.

Alteração das torneiras da linha de retirada de miúdos do setor de evisceração

No setor de evisceração existem várias saídas de água que são utilizadas para lavar o pacote de vísceras, que é separado em vísceras comestíveis (miúdos) e vísceras não comestíveis. Esta água de lavagem, também auxilia no transporte das

vísceras pelas calhas até que caíam nas bombas que as transportarão para a sala de miúdos.

Uma vez verificado que a vazão de água destas torneiras estava muito alta, como proposta da redução de consumo, sugeriu-se a colocação de bicos com redutor de vazão em todas as torneiras. Foram realizados testes para a substituição dos bicos das torneiras e os resultados obtidos foram satisfatórios.

A vazão de cada torneira da linha de separação de miúdos, que antes era de $0,36 \text{ m}^3/\text{h}$, com o redutor de vazão passou para $0,1152 \text{ m}^3/\text{h}$. Uma redução de 32% no consumo. Este setor tem 24 torneiras e permanece em operação 21h por dia durante 26 dias por mês, o que significa uma redução mensal no consumo de água de cerca de 3.200 m^3 .

Na Figura 12 estão as fotos das torneiras sem e com o redutor de vazão.



Figura 12 – Fotos das torneiras sem e com o redutor de vazão

Alteração das torneiras da barreira sanitária na entrada da fábrica.

Os funcionários são orientados a lavarem suas mãos antes de entrar e ao sair da área de processamento, ao passarem pela barreira sanitária. Apesar do consumo de água da barreira sanitária não ter sido considerado nos fluxogramas apresentados até então devido à falta de padronização na lavagem das mãos dos funcionários, foi estimada a redução do consumo levando-se em conta a substituição das saídas das torneiras.

Foi considerada a quantidade de funcionários da área de frangos que passam por esta barreira sanitária e a necessidade mínima de lavagem de mãos de 6 vezes: entrada para o trabalho, saída para a refeição, retorno da refeição, ida ao banheiro, volta do banheiro, saída do setor.

Considerando um total de 750 funcionários que lavam as mãos no mínimo 6 vezes ao dia e que o procedimento de lavagem das mãos, de acordo com o Programa de Boas Práticas de Fabricação (BPF) da empresa é de aproximadamente de 15 segundos, gasta-se no total, por dia, 67.500 segundos para lavagem das mãos.

Se forem modificadas as saída de água de todas as torneiras das barreiras sanitárias, obtém-se uma redução de 84% da quantidade de água consumida para a lavagem de mãos. Isto representa uma redução hipotética de 148 m³ de água por mês referente à lavagem das mãos em situações ideais. Para isso, consideraram-se os bicos anteriormente com vazão de 0,36 m³/h e, após a alteração com redutores de vazão e bico, com vazão de 0,058 m³/h (Figura 13).



Figura 13 – Fotos das válvulas sem redutor de vazão e com redutor

Balanco final do consumo de água após a implantação das modificações sugeridas

Com as readequações sugeridas no processo e treinamento dos funcionários foi possível chegar a uma redução de cerca de 11.000 m³ de água mensais, conforme indicado na Tabela 8.

Esta redução de aproximadamente 11.000 m³ de água por mês equivale a quantidade gasta em aproximadamente 5 dias pela população total da cidade de Carambeí, considerando uma população em torno de 19000 habitantes (IBGE, 2009) e a média de consumo domiciliar per capita recomendada pela ONU (Organização das Nações Unidas) que é de 110L/habitante/dia (FARIAS, 2010).

Tabela 8 – Volume de água economizado mensalmente após implantação de iniciativas que visam o consumo racional

Ações	Volume de água economizado (m³ mês⁻¹)
- Consumo racional processo	6189
- Alteração das mangueiras de higienização	1600
- Alteração das torneiras da evisceração	3200
- Alteração das torneiras da barreira sanitária	148
Total	11.137

5.6. REUSO DE ÁGUA

De acordo com os dados apresentados observa-se que o setor de resfriamento de carcaças não apresenta possibilidades de redução do uso da água, já que a quantidade gasta nesta etapa do processo é baseada na Portaria nº. 210/1998-MA. Portanto, propõe-se que a água que sai do *chiller* e *pré-chiller*, seja reutilizada em outro processo.

O *pré-chiller* e o *chiller*, são equipamentos que atuam em série. O *pré-chiller* serve para dar início ao resfriamento, limpeza e reidratação da carcaça. O *chiller* finaliza este processo. A carcaça permanece cerca de 20 minutos no *pré-chiller*, até chegar à temperatura final de, no máximo, 16°C. O resfriamento tem por finalidade eliminar o calor *pós-mortem* adquirido durante as fases iniciais de abate. Já no *chiller*, para chegar a uma temperatura final em torno de 4 a 6°C, a carcaça deve permanecer de 30 a 40 minutos. Para realizar o processo descrito acima são necessários 375.000 litros de água potável por dia para os *pré-chillers* e 250.000 litros de água potável por dia para os *chillers*, totalizando uma demanda de consumo diário de 625.000 litros nestes dois equipamentos.

Para base de cálculo, considerou-se o percentual máximo de absorção de água permitido pelo Ministério da Agricultura, que não deve ultrapassar 8% do peso

médio da ave, ou seja, aproximadamente 0,0875 litros de água por ave. Assim, descontando-se do volume de entrada a quantidade absorvida pelas aves, tem-se a geração de 603.125 litros de efluente por dia.

Esta quantidade, ao invés de ser direcionada para a estação de tratamento de efluentes (ETE), poderia ser reutilizada nas bacias das torres de resfriamento. Kist; El Moutaqi e Machado (2009) reutilizaram a água de resfriamento de carcaça para lavagem de caminhões, após submetê-las a tratamento biológico, precedida por operações para remoção de penas, vísceras, óleos e graxas e sólidos em suspensão.

Para uma possível reutilização do efluente nas bacias das torres de resfriamento, foi feita a avaliação qualitativa das amostras: água potável, efluente proveniente do resfriamento das carcaças após passagem pela peneira estática e efluente após filtração em sistema de filtros de carvão ativado na bacia da torre de resfriamento.

Na Tabela 9 estão apresentados os parâmetros de qualidade do efluente para uso em torres de resfriamento e também as análises das amostras mencionadas acima.

Os valores apresentados em negrito estão fora da faixa de aplicação para a utilização nas torres de resfriamento. Porém durante o período de testes foram realizadas algumas alterações nos filtros. Estas alterações foram realizadas pelo fornecedor dos filtros e possibilitou uma redução da DQO de 603ppm para 8 ppm, após dosagem de 6 ppm de hipoclorito de sódio no efluente, com posterior filtração com carvão ativado. Foi sugerido também, caso fosse feito aumento de escala do projeto, a instalação de um sistema de aeração *on line* após a dosagem de hipoclorito de sódio e antes da filtração por carvão ativado, isso garantiria uma maior remoção da carga orgânica do efluente.

Além da utilização do efluente dos *chillers* tratado nas bacias das torres de resfriamento, foi possível a utilização desse efluente para o transporte de produto condensado no setor de evisceração do frango, o que representa a economia de, aproximadamente, 8,5 m³/h de água potável que era utilizada para este fim.

Tabela 9 - Parâmetros de qualidade dos efluentes para uso em torres de resfriamento e qualidade das amostras em estudo.

Parâmetros de qualidade exigidos para efluentes utilizados em torres de resfriamento (Merçon e Carvalho, 2007)			Resultados obtidos no teste piloto		
Parâmetros	fatores impeditivos	Faixa de aplicação	Água potável	Água de chillers	Água das torres de resfriamento
pH	<7,2; tendência corrosiva >8,5; tendência incrustante	7,2 a 8,5	7,51	6,83	6,94
dureza - cálcio (ppm)	>500 ;tendência incrustante	<500	5,27	6,24	80,4
alcalinidade total (ppm)	<30 desfavorecimento na formação de filme protetor	>30	19,8	139,7	85,8
cloreto (ppm)	>500; tendência corrosiva	<500	1,42	72,7	540,6
sílica (ppm)	>150; tendência incrustante	<150	8,1	13,9	129
ferro total (ppm)	>3; tendência na formação de depósitos e de corrosão	<3	0,04	0,1	0,64
turbidez (NTU)	>20; tendência na formação de lama orgânica	<20	0	60,5	87,3
Sólidos em suspensão (ppm)	>30; tendência na formação de lama orgânica	<30	10	164	21
condutividade (µS/cm)	>3000; tendência corrosiva	<3000	52,2	235	4,43
fosfato total (ppm)	<6; tendência corrosiva >8; tendência incrustante	6 a 8	0,02	18,3	0,16
zinco (ppb)	<2000; tendência corrosiva >3000; tendência incrustante	2000 a 3000	0,02	0,03	7
cloro livre (ppm)	<0,4 formação de limo >0,6 tendência incrustante	0,4 a 0,6	0,89	0	104,2
cloro total (ppm)	<0,5 formação de limo >1 tendência incrustante	0,5 a 1	1,2	0	110,5
DQO (ppm)	>20; tendência na formação de lama orgânica	<20	4,3	582	603,7
óleos e graxas (ppm)	>10; tendência na formação de slime	<10	0	3,8	1,2
sulfato (ppm)	>300; tendência corrosiva	<300	5,4	12,8	605,6
amônia (ppb)	>10000; tendência corrosiva e de descontrol de crescimento microbiológico	<10000	0	7,12	3,7
alumínio (ppm)	>1; tendência de descontrol de formação/ deposição de filme protetor	<1	0,12	0,1	0,09

Aplicando estas alternativas propostas para o reuso de água de resfriamento de carcaças, têm-se como vantagens a eliminação do consumo de 13,8m³/h de água potável utilizado nas torres de resfriamento e 8,5 m³/h de água potável que era direcionado para o transporte de condensa no setor de evisceração. Além disso haverá redução de custos na estação de tratamento de efluentes em função do menor volume de efluente gerado. Por mês, será economizado 12.755,6 m³ de água considerando a média de 26 dias de produção por mês.

5.7. CUSTOS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES DO SETOR

Em 2010 a área de frangos enviou para a ETE cerca de 110m³ de efluente por hora, ao custo de R\$ 0,85/m³ (aproximadamente 51mil reais por mês), para tratá-lo e torná-lo adequado aos padrões de lançamento exigidos pelo IAP.

O efluente, após tratado, atende às exigências estabelecidas pelo IAP, para as análises que foram fornecidas pela empresa, conforme indicado na Tabela 10.

Tabela 10 – Análises de pH, DQO e DBO do afluente e efluente

Análises	Afluente da ETE	Efluente da ETE
pH	6,9	7,4
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	3500	70
DBO (mg O ₂ L ⁻¹)	2200	20

5.8. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS AÇÕES DE GERENCIAMENTO DE ÁGUA APLICADAS

Realizando as ações de gerenciamento dos recursos hídricos utilizados no processamento de frangos do frigorífico e utilizando como metodologia uma adaptação do programa de conservação e reuso de água, foi possível verificar as quantidades e valores economizados pela empresa.

Totalizando os ganhos obtidos com uso racional, redução de consumo de, aproximadamente, 11.137 m³/mês, (6.189 m³ pelo uso racional no processo + 1.600 m³ por alteração das mangueiras de higienização + 3.200 m³ por modificações das torneiras na evisceração + 148 m³ por modificações das torneiras da barreira sanitária) e com o reuso de água, redução de aproximadamente 12.755,6 m³/mês (13,8 m³/h + 8,5 m³/h em 26 dias trabalhados), tem-se o total de 23.892,6 m³/mês de

economia de água, o que representa R\$8.601,48 (sendo R\$0,36/m³ para o tratamento na ETA) de economia para tratar a água e torná-la potável e R\$20.309,05 (sendo R\$0,85/m³ para o tratamento na ETE) de água que não precisa ser tratada na estação de tratamento de efluentes. Totalizando aproximadamente R\$28.910,53 por mês de economia para a empresa.

Na tabela 11, observa-se o tempo necessário para que sejam pagos os investimentos com as alterações dos equipamentos sugeridos visando minimizar o consumo de água, a partir do valor economizado mensalmente com o uso racional.

Tabela 11 – Economia x investimento x tempo para pagar investimento

Ponto de redução	Quantidade de água economizada	Custo para tratamento ETA (R\$ 0,36) e ETE (R\$0,85)	Custo unitário da(s) peça(s) para substituição	Quant. a ser substituída	Custo total (R\$)	Tempo para pagar o investimento
Mangueiras de higienização	1600 m ³ /mês	R\$1,21	R\$1.105,00	20 mangueiras	22100,00	11,4 meses
Linha de retirada de miúdos (evisceração)	3200 m ³ /mês	R\$1,21	R\$35,00	26 bicos de torneira	910,00	7 dias
Barreira sanitária	148 m ³ /mês	R\$1,21	R\$35,00	13 bicos de torneira	455,00	2,5 meses

6. CONCLUSÕES

Com este trabalho foi possível uma melhor compreensão do processo produtivo através da descrição do fluxograma operacional. Os locais de maior consumo de água na indústria foram identificados, sendo os três maiores consumos representados por evisceração (39%), escaldagem e depenadeira (30%) e resfriamento de carcaças por pré-chillers e chillers (10%). Foram analisados os consumos em todos os setores e verificado que a quantidade de água utilizada pode ser reduzida durante os horários de paradas para refeições em que ocorrem as higienizações e também nos horários de trocas de turno. Esta proposta de uso racional representa uma redução de 6.189 m³/mês. Outras modificações como alteração das torneiras da linha de separação de miúdos na evisceração e das torneiras das barreiras sanitárias, e também das mangueiras de higienização, poderão proporcionar redução de 4.948 m³/mês. Após testes em escala piloto, foi

verificado que a água proveniente do *chiller* e pré *chiller*, após filtração em carvão ativado e adição de hipoclorito de sódio, é possível de ser reutilizada nas torres de resfriamento. O reuso proporcionaria uma redução de 12.755,6 m³/mês.

O trabalho de otimização e reuso de água proporcionou uma redução de consumo de água de 25 L/frango, para 21 L/frango.

Portanto, conclui-se que:

- Há possibilidades de redução do consumo de água em vários setores do frigorífico principalmente no que diz respeito a mudanças de comportamento dos operadores;
- Modificações estruturais, tais como alteração nas torneiras da evisceração e barreira sanitária e nas mangueiras de higienização, são necessárias para uma melhor utilização de água sem desperdício;
- As medições setorizadas de água são necessárias para uma avaliação mais exata dos pontos de maior consumo, o que resultará em uma possível redução;
- Atividades rotineiras podem apresentar desperdícios se não forem mensuradas;
- O reuso é uma prática de conservação que deve utilizar águas disponíveis para aplicações em potencial, que possam ser vantajosas, sempre preservando a segurança dos produtos.
- Otimização do uso de água, orientação e conscientização das pessoas para o uso racional da água são ações que proporcionam atingir resultados para a redução do desperdício de água.

Com as ações de uso racional e reuso de água sugeridas no trabalho, a economia de água no mês representa 11,5 dias de consumo diário da cidade onde a empresa está instalada. Isto contribui com a minimização dos impactos ambientais e para a mudança do comportamento sócio ambiental da empresa.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Monitoramento contínuo da qualidade de água para o reuso nas torres de resfriamento.

Avaliar outras possibilidades de reuso de água, como por exemplo, a reutilização de água de chuva, coletada na cobertura da fábrica de frangos, a avaliação quantitativa e qualitativa desta água e os tratamentos necessários para uma posterior utilização, e os pontos possíveis para o uso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF (Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Frangos). Produção Mundial de carne de frango. 2007. Disponível em: <http://www.abef.com.br/Estatisticas/MercadoMundial/MercadoMundial.php>. Acesso em: 02.01.2011.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação – NBR 13969. Rio de Janeiro, 1997.

ÁGUAS PARANÁ – Instituto de águas do Paraná. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/BACIAS/tibagi.pdf>.. Acesso em 21.03.2011.

AL-NAKSHABANDI, G.A.; SAQQAR, M.M.; SHATANAWI, M.R.; FAYYAD, M.; AL-HORANI, H. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**. v. 34, p.81-94, 1997.

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

AVULA, R.Y.; NELSON, H.M.; SINGH, R.K. Recycling of poultry process wastewater by ultrafiltration. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10, p.1-8, 2009.

BASSOI, L.J.; GUAZELLI, M.R. Controle ambiental da água. In: PHILLIPPI JUNIOR, A.; ROMERO, M.A.; BRUNA, G.C. **Curso de gestão ambiental**. 1.ed. Barueri: Manole, 2004. cap.3.p. 53-99.

BELLONA, C.; DREWES, J.E. Viability of a low-pressure nanofilter in treating recycled water for water reuse applications: A pilot-scale study. **Water Research**, v.41, p. 3948-3958, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves**. Portaria nº 210, de 10 novembro de 1998. Publicado no Diário Oficial da União de 26/11/1998, Seção 1, Página 226.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências**. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Diário Oficial da União. Brasília, 09 mar. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **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**. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento **Técnico. Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos**. Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997. Diário Oficial da União. Brasília, 01 ago. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Norma de qualidade da água para consumo humano**. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004.

BRUM, L.F.W.; SANTOS JÚNIOR, L.C.O.; BENEDETTI, S. Reaproveitamento da água de processo e resíduos da indústria de laticínios. In: 2nd International Workshop - Advances in Cleaner Production. Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change. **Resumos**. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/5/L.%20F.%20W.%20Brum%20-%20Resumo%20Exp.pdf>. Acesso em: 15.03.2010.

BUSTUS, M. R. L. **A educação ambiental sob a ótica da gestão de recursos hídricos**. 2003, 194 f. Tese (Doutorado em Engenharia) — Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CASANI, S.; ROUHANY, M; KNOCH, S. A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry. **Water Research**, v. 39, p. 1134 – 1146, 2005.

CECCHIN, C. **Reuso de água: Um modelo proposto para a redução de consumo de água industrial através da metodologia do gerenciamento de processos**. 2003, 127 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CNUMAD - CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO – (1997). Agenda 21. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas.

DANTA S, D.L.; SALES, A.W.C. Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reuso da água. **Revista de Gestão Social e Ambiental**. v.3; n.3; p.4-19; set-dez, 2009.

DIAZ, M.E.; LAW, S.E.; BIRT, D.M. Microbiological Benefits of Removing Foam Formed After UV-Enhanced Ozonation of Poultry-Processing *Chiller* Water for Recycling. **Journal of Food Science**. v.67; n.3; 1036-1042, 2002.

DOMINGUEZ-CHICAS, A. SCRIMSHAW, M.D. Hazard and risk assessment for indirect potable reuse schemes: An approach for use in developing Water Safety Plans. **Water Research**, v. 44, p.6115-6123, 2010.

EPA (Environmental Protection Agency). **Guidelines for Water Reuse**. Set.2004, Disponível em : <http://www.epa.gov/nrml/pubs> Acesso em 29.07.2009.

EVANGELISTA, José. **Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003.

FARIA, D.C.; SOUZA, A.A.U.; SOUZA, S.M.A.G.U. Optimization of water networks in industrial process. **Journal of Cleaner Production**, v.17, p. 857-862, 2009.

FARIAS, R. Acesso à água potável declarado direito humano. Espaço do Idec (Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor) em Última Instância, **em 12.08.2010**. Disponível em: http://ultimainstancia.uol.com.br/colunas_ver.php?idConteudo=63783. Acesso em: 01.02.2011.

FIRJAN. DIVISÃO DE DOCUMENTAÇÃO E NORMAS – BIBLIOTECA SISTEMA FIRJAN. **Manual de Conservação e Reuso da água na indústria**. Rio de Janeiro: DIM, 2006.

GOOGLE EARTH. Disponível em: www.earth.google.com.br. Acesso em: 24.01.2011.

GRULL, D.; SANTOS, H.F. Glossário. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reuso de água**. 1.ed.Barueri: Manole, 2003. p. 551-576.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: Agricultura, Indústria, municípios, Recarga de Aqüíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, n.4, p.75-95, 2002.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos avançados**. v. 22, n.63. p. 131-158, 2008.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Parâmetros de lançamento para efluentes líquidos**. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=49>. Acesso em: 07.01.2011.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censo Demográfico 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=410465>. Acesso em 12.10.2010.

INDÚSTRIA de alimentos e bebidas, **Revista H2O água – O uso inteligente da água**, ed.7, mar./abr.2008. Disponível em: http://www.h2oagua.com.br/edicao07_industria.asp. Acesso em 15.03.2010.

INSTITUTO DAS ÁGUAS. **Folders de Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <http://www.suderhsa.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=38>.

Acesso em: 07.01.2011.

KANG, W.Y; MANCL, K.M.; TUOVINEN, O.H. Treatment of turkey processing wastewater with sand filtration, **Bioresource Technology**, v.98, p.1460-1466, 2007.

KIST, L.T.; EL MOUTAQI, S.; MACHADO, E.L. Cleaner production in the management of water use at a poultry slaughterhouse of Vale do Taquari, Brazil: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 17; p. 1200-1205, 2009.

KONDILI, E.; KALDELLIS, J.K.; PAPAPOSTOLOU, C. A novel systemic approach to water resources optimisation in areas with limited water resources. **Desalination**, v.250, p.297-301, 2010.

KOO, C.H.; MOHAMMAD, A.W.; SUJA, F. Recycling of oleochemical wastewater for boiler feed water using reverse osmosis membranes – A study case. **Desalination**, v. 271, p. 178-186, 2011.

KUPUSOVIC, T.; MIDZIC, S.; SILAJDZIC, I.; BJELAVAC, J. Cleaner production measures in small-scale slaughterhouse industry – case study in Bósnia and Herzegovina. **Journal of Cleaner Production**, v.15, p. 378 – 383, 2007.

LI, H.; NI, J.; LIU, W.; ZHU, Y. Cleaner production alternatives for saponin industry by recycling starch. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, p. 1145 – 1151, 2010.

MATSUMURA, E. M. **Perspectivas para a conservação e reuso de água na indústria de alimentos – estudo de uma unidade de processamento de frangos**. 250f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MATSUMURA, E. M.; MIERZWA, J. C. Water conservation and reuse in poultry processing plant – A case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v.52, p.835-842, 2008.

MANIOS, T.; GAKI, E.; BANOU, A.; KLIMATHIANOU, A.; ABRAMAKIS, N.; SAKKAS, N. Closed wastewater cycle in a meat producing and processing industry. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 38, p. 335-345, 2003.

MERÇON, F.; CARVALHO, J.H.S. Conservação de água e reuso e reciclo de efluente em refinaria de petróleo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Revista ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2007.

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

MOHSEN, M.S.; JABER, J.O. Potencial of industrial wastewater reuse. **Desalination**. V.152, p.281-289, 2002.

MOSKWYN, P. Água, Líquido precioso - O reaproveitamento e o reuso da água. **Revista CREA PR**. Curitiba. n. 65. ago. /set. 2010.

NARDI, I.R.; DEL NERY, V. AMORIN, A.K.B., SANTOS, N.G.; CHIMENES, F. Performances of SBR, chemical – DAF and UV disinfection for poultry slaughterhouse wastewater reclamation. **Desalination** v. 269, p. 184-189, 2011.

NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. Ciência, Tecnologia e Inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.10, n.1, p. 36-48, jan./mar. 2005.

NORTHCUTT, J.K. Water use and reuse in commercial turkey processing facilities. The **Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, p. 652 – 655, 2007.

PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de frigoríficos: industrialização de carnes (bovina e suína)**. São Paulo: CETESB, 2006. 85p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em 06 jun. 2009.

RAJKUMAR, K.; MUTHUKUMAR, M.; SIVAKUMAR, R. Novel approach for the treatment and recycle of wastewater from soya edible oil refinery industry – Na economic perspective. **Resources, Conservation and Recycling**, v.54, p.752-758, 2010.

RICHTER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J.M. **Tratamento de água - Tecnologia atualizada**. 1.ed. Editora Edgard Blücher Ltda, 1991.

SBCTA. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS -**Manual de Higiene e Sanitização para as Empresas de Alimentos**. Campinas, SP, 2000.

SILVA, G. C. S.; MEDEIROS, D. D. Metodologia de Checkland aplicada à implementação da produção mais limpa em serviços. **Gestão & Produção**, v.13, n.3, p.411-422, set./dez. 2006.

SINGLETON, J. **Wastewater Reuse in Agriculture and Potential Risks to Human Health United States Department of Agriculture, National Institute of Food and Agriculture**. Estados Unidos [2010?]. Disponível em: <http://www.fsis.usda.gov/PDF/Atlanta2010/Slides_FSEC_JSingleton.pdf> , acesso em 20.11.2010.

URKIAGA, A.; FUENTES, L.; BIS, B. CHIRU, E.;BALASZ, B. HERNÁNDEZ, F. Development of analysis tools for social, economic and ecological effects of water reuse. **Desalination**, v.218, p.81-91, 2008.

ANEXO A - Potabilidade de água, segundo a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 (Ministério da Saúde)

Anexo A - Potabilidade de água, segundo a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 (Ministério da Saúde)

Parâmetro	VPM (1)
Padrão microbiológico	
Água para consumo humano(2); Água de saída do tratamento; Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes (3)	Ausência em 100 mL
Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde	
Antimônio	0,005 mg L ⁻¹
Arsênio	0,01 mg L ⁻¹
Bário	0,7 mg L ⁻¹
Cádmio	0,005 mg L ⁻¹
Chumbo	0,01 mg L ⁻¹
Cianeto	0,07 mg L ⁻¹
Cobre	2 mg L ⁻¹
Cromo	0,05 mg L ⁻¹
Fluoretos	1,5 mg L ⁻¹
Mercúrio	0,001 mg L ⁻¹
Nitrato (como N)	10 mg L ⁻¹
Nitritos (como N)	1 mg L ⁻¹
Selênio	0,01 mg L ⁻¹
Padrão de aceitação para consumo humano	
Alumínio	0,2 mg L ⁻¹
Amônia (como NH ₃)	1,5 mg L ⁻¹
Cloretos	250 mg L ⁻¹
Cor aparente	15 uH (4)
Dureza	500 mg L ⁻¹
Ferro	0,3 mg L ⁻¹
Manganês	0,1 mg L ⁻¹
Odor e gosto	não objetável (5)
Sódio	200 mg L ⁻¹
Sólidos dissolvidos totais	1000 mg L ⁻¹
Sulfatos	250 mg L ⁻¹
Sulfeto de hidrogênio	0,05 mg L ⁻¹
Surfactantes	0,5 mg L ⁻¹
Turbidez	5UT (6)
Zinco	5 mg L ⁻¹
Cloro residual	0,2-0,5 mg L ⁻¹
pH	6-9,5

Fonte: adaptado de BRASIL (2004)

Notas- (1) Valor Máximo Permitido; (2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas,nascentes, dentre outras. (3) a detecção de Escherichia coli deve ser preferencialmente adotada. (4) Unidade Hazen (mg Pt–Co/L). (5) critério de referência (6) Unidade de turbidez.