ERIKA MYHO MATSUMURA

**PERSPECTIVAS PARA CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA NA
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS – ESTUDO DE UMA UNIDADE DE
PROCESSAMENTO DE FRANGOS**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Engenharia

São Paulo
2007

ERIKA MYHO MATSUMURA

**PERSPECTIVAS PARA CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA NA
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS – ESTUDO DE UMA UNIDADE DE
PROCESSAMENTO DE FRANGOS**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia Hidráulica e Sanitária

Orientador: Prof. Doutor
José Carlos Mierzwa

São Paulo
2007

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de de 2007

Assinatura do autor

Assinatura do orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Matsumura, Erika Myho

**Perspectivas para conservação e reúso de água na indústria de alimentos – estudo de uma unidade de processamento de frangos / E.M. Matsumura. – São Paulo, 2007.
p. 249**

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

1. Água (Conservação) 2. Reúso da água 3. Indústria de alimentos 4. Frangos I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária II. t.

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram e em especial ao meu esposo Fernando.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor José Carlos Mierzwa pela grata orientação e pelos seus ensinamentos.

Ao Diretor da Avícola pesquisada, Sr. Márcio Lutfalla, ao Técnico Químico Luiz Carlos Lourenço e à estagiária Fernanda Eichenberger, por possibilitar a realização do estudo de caso apresentado.

A todos que também apoiaram a realização da execução desse trabalho.

RESUMO

Na presente pesquisa foi abordado o conceito de conservação e reúso de água na indústria alimentícia, buscando mostrar a potencialidade de redução do consumo desse recurso. Foram avaliadas questões relacionadas à disponibilidade hídrica nos mananciais superficiais e subterrâneos quanto à sua quantidade e qualidade adequadas para consumo, além da questão legal da cobrança pelo uso da água. Essas provavelmente passarão a ser relevantes num futuro próximo, pressionando as indústrias a buscar meios para minimizar o consumo e gerar menos efluente. O objeto de estudo foi uma indústria de abate de frangos e por tratar-se de setor alimentício, com relação ao reúso de água, a avaliação limitou-se aos usos não potáveis. Embora a prática de reúso de água potável seja permitida em alguns países e existam regulamentações internacionais a respeito, no Brasil o tema ainda é recente sendo que até o momento há somente uma legislação dando diretrizes ao reúso não potável. Inicialmente foi avaliado o uso racional da água, identificando falhas operacionais, propondo melhorias e identificando perdas físicas. Na sequência foram identificados os setores e os locais com maior consumo de água e geração de efluentes para depois estudar a adoção de técnicas de reúso de água. Dessa metodologia, foi possível obter uma redução global no consumo de água de 14,20% e um aumento na produção de 17,46%. Para aumentar a produção, foi avaliada a adoção de novas fontes de abastecimento. Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que o programa de conservação e reúso de água é importante para a economia da indústria e seu desenvolvimento sustentável, e ao meio ambiente por preservar o recurso hídrico.

Palavras-chave: Conservação e minimização de água. Uso racional. Reúso de água. Processamento de frango.

ABSTRACT

In this paper the application of water conservation and water reuse concepts in a food industry was studied, focusing the production improvement. It was analyzed issues related to water availability in surface and ground sources with respect to its quantity and quality for potable consumption, in addition to legal issues about charge of water use and effluent discharge, which will probably become very important in the near future, pushing industries for finding ways on how to minimize its water consumption and to generate less wastewater. The study was developed at a poultry processing plant, and because of it is a food industry, water reuse evaluation was limited for non potable applications. Although potable water reuse is allowed in some countries and there are international regulations about this practice, in Brazil this issue is recent, and up to now there is only a very general regulation that deals with non potable water reuse. At first it was evaluated rational water use strategies identifying operational fails, proposing improves and identifying physical losses. It was identified some sectors with high water consumption and wastewater generation, and so that, it also was evaluated practices of water reuse. Results showed a potential for 14.20% in water consumption reduction and a production increase of 17.46%. For more production increase, it was evaluated new water sources. With the results obtained it may be concluded that water conservation and water reuse programs are important for industry economy and its sustainability and for environment by preserving freshwater resources.

Keywords: Water conservation and minimization. Rational use. Water reuse. Poultry processing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI's	21
Figura 3.2 – Captação de Águas Subterrâneas para Abastecimento Público	22
Figura 3.3 – Formas Potenciais de Reúso de Água	41
Figura 3.4 – Balanço de Água em Indústria Alimentícia	66
Figura 3.5 – Fluxograma do Processo de Abate de Aves	71
Figura 3.6 – Porcentagem de Água Utilizada no Processamento de Perus	73
Figura 3.7 – Consumo de Água Fria no Processamento de Perus (60% do consumo total)	73
Figura 3.8 – Consumo de Água Quente no Processamento de Perus (40% do consumo total)	74
Figura 5.1 – Variação da Purga em Função do Ciclo de Concentração nos Resfriadores Evaporativos	92
Figura 5.2 – Variação da Reposição em Função do Ciclo de Concentração nos Resfriadores Evaporativos	92
Figura 5.3 – Balanço Hídrico Atual nos Resfriadores Evaporativos	93
Figura 5.4 – Resultados de pH da Água nos Resfriadores Evaporativos	95
Figura 5.5 – Resultados de Dureza Total da Água nos Resfriadores Evaporativos	96
Figura 5.6 – Variação da Água nos Resfriadores Evaporativos quanto à Dureza Total	97
Figura 5.7 – Resultados de Ferro Total da Água nos Resfriadores Evaporativos	97
Figura 5.8 – Resultados de Alcalinidade da Água nos Resfriadores Evaporativos	98
Figura 5.9 – Resultados de Condutividade Elétrica da Água nos Resfriadores Evaporativos	99
Figura 5.10 – Resultados de Concentração de Cloretos na Água nos Resfriadores Evaporativos	99
Figura 5.11 – Resultados de Concentração de Sílica Solúvel na Água nos Resfriadores Evaporativos	100
Figura 5.12 – Resultados de Concentração de Molibdênio na Água nos Resfriadores Evaporativos	101
Figura 5.13 – Balanço Hídrico na Caldeira	103

Figura 5.14 – Setorização do Consumo de Água – Primeiro Piso	108
Figura 5.15 – Setorização do Consumo de Água – Piso Inferior	109
Figura 5.16 – Setorização do Consumo de Água – Cobertura	110
Figura 5.17 – Setorização da Geração de Efluente – Primeiro Piso	111
Figura 5.18 – Setorização da Geração de Efluente – Piso Inferior	112
Figura 5.19 – Setorização da Geração de Efluente – Cobertura	113
Figura 5.20 – Instalação de Água Fria e Quente	115
Figura 5.21 – Macro Fluxo e Balanço Hídrico na Indústria	116
Figura 5.22 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na ETA	117
Figura 5.23 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na Chegada de Aves	118
Figura 5.24 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na Plataforma e Recepção	118
Figura 5.25 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na Produção	119
Figura 5.26 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na Caldeira	120
Figura 5.27 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na Graxaria	120
Figura 5.28 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico no Tratamento de Gases	121
Figura 5.29 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico no Sistema de Resfriamento	121
Figura 5.30 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico no Degelo	122
Figura 5.31 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico nas Edificações	122
Figura 5.32 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na ETE	123
Figura 5.33 – Distribuição do Consumo de Água em Função da Temperatura	124
Figura 5.34 – Distribuição do Consumo de Água em Função da Qualidade Mínima Necessária	125
Figura 5.35 – Distribuição do Consumo de Água na Indústria	127
Figura 5.36 – Curva ABC – Consumo de Água por Setor	131
Figura 5.37 – Setores Consumidores de Água – Faixa A da Curva ABC	132
Figura 5.38 – Curva ABC – Consumo de Água por Unidade da Indústria	136
Figura 5.39 – Unidades Consumidoras de Água – Faixa A da Curva ABC	137
Figura 5.40 – Balanço Hídrico nos Resfriadores Evaporativos para Ciclo de Concentração 5	145
Figura 5.41 – Macro Fluxo do Balanço Hídrico da Indústria com Uso Racional da Água	148
Figura 5.42 – Efluente como Oferta de Água em Função da Temperatura	151
Figura 5.43 – Balanço Hídrico no Pré-Chiller e na Calha de Visceras	155

Figura 5.44 – Balanço Hídrico no Sistema de Tratamento de Efluentes do Pré-Chiller (Geração Contínua)	162
Figura 5.45 – Balanço Hídrico no Sistema de Tratamento de Efluentes do Pré-Chiller (Descarte Final)	163
Figura 5.46 – Balanço Hídrico do Degelo	168
Figura 5.47 – Balanço Hídrico da Água de Purga	171
Figura 5.48 – Balanço Hídrico na Água do Processamento de Moela na Calha de Vísceras	173
Figura 5.49 – Balanço de Massa da Fase Sólida da ETA	176
Figura 5.50 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico do Degelo (hipótese 1)	179
Figura 5.51 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico do Sistema de Resfriamento (hipótese 1)	179
Figura 5.52 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico da Produção (hipótese 1)	180
Figura 5.53 – Macro Fluxo do Balanço Hídrico da Indústria (hipótese 1)	181
Figura 5.54 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico do Degelo (hipótese 2)	183
Figura 5.55 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico do Sistema de Resfriamento (hipótese 2)	183
Figura 5.56 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico da Produção (hipótese 2)	184
Figura 5.57 – Macro Fluxo do Balanço Hídrico da Indústria (hipótese 2)	185
Figura 5.58 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico da Chegada de Aves (hipótese 3)	187
Figura 5.59 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico do Degelo (hipótese 3)	187
Figura 5.60 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico da Produção (hipótese 3)	188
Figura 5.61 – Macro Fluxo do Balanço Hídrico da Indústria (hipótese 3)	189

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Normas, Procedimentos e Legislações Aplicáveis à Avícola - continua	33
Tabela 3.2 – Critérios de Utilização de Água de Reúso - continua	44
Tabela 3.3 – Sugestão de Diretrizes para Água de Reúso (EPA) - continua	46
Tabela 3.4 – Resumo dos Parâmetros de Qualidade de Água de Interesse para Reúso (EPA)	49
Tabela 3.5 – Principais Categorias de Contaminantes Presentes na Água e Tecnologias para sua Remoção	52
Tabela 3.6 – Tecnologias para Tratamento de Efluentes e Campo de Aplicação	53
Tabela 3.7 – Tecnologias para Tratamento de Água em Sistemas com Recirculação de Água de Resfriamento	54
Tabela 3.8 – Qualidade da Água para Resfriamento - continua	54
Tabela 3.9 – Principais Problemas com Água de Reúso para Alimentação de Caldeiras	56
Tabela 3.10 – Qualidade da Água para Alimentação de Caldeiras - continua	56
Tabela 3.11 – Efluentes líquidos gerados em matadouros de aves	70
Tabela 3.12 – Distribuição do Consumo de Água na Indústria de Abatimento e Limpeza de Aves	72
Tabela 3.13 – Necessidade de Água na Indústria de Abatimento e Limpeza de Aves	72
Tabela 3.14 – Consumo Específico de Água por Ave	73
Tabela 3.15 – Consumo de Água por Ave em Unidade de Processamento	74
Tabela 3.16 – Etapas para Minimização de Geração de Efluentes e Uso de Água na Indústria Processadora de Aves	77
Tabela 3.17 – Processos Unitários de Tratamento de Efluentes na Indústria Processadora de Aves	78
Tabela 5.1 – Características da Água de Saída dos <i>Chillers</i>	87
Tabela 5.2 – Caracterização da Água Bruta da Lagoa	88
Tabela 5.3 – Caracterização da Água Tratada na ETA	89
Tabela 5.4 – Consumo de Água na ETA – Preparo Soluções	89

Tabela 5.5 – Balanço Hídrico* nos Resfriadores para Diversas Temperaturas	91
Tabela 5.6 – Vazões Atuais nos Resfriadores Evaporativos	93
Tabela 5.7 – Características dos Resfriadores Evaporativos Existentes na Indústria	94
Tabela 5.8 – Características da Água do Sistema dos Resfriadores Evaporativos*	101
Tabela 5.9 – Caracterização do Efluente Industrial Bruto - continua	104
Tabela 5.10 – Caracterização do Efluente Industrial Tratado na ETE - continua	105
Tabela 5.11 – Consumo de Água na ETE – Preparo Soluções	106
Tabela 5.12 – Características do Lodo Gerado na ETE	107
Tabela 5.13 – Demanda de Água em Função da Temperatura	125
Tabela 5.14 – Demanda de Água em Função da Qualidade Mínima Necessária	125
Tabela 5.15 – Demanda de Água de Reúso em Função da Temperatura	125
Tabela 5.16 – Setores Consumidores de Água Potável na Avícola e Respectivas Quantidades	126
Tabela 5.17 – Setor Consumidor de Água Bruta na Avícola e Respectiva Quantidade	126
Tabela 5.18 – Classificação dos Setores Quanto ao Consumo de Água - continua	130
Tabela 5.19 – Classificação das Unidades Quanto ao Consumo de Água - continua	133
Tabela 5.20 – Redução de Consumo no Resfriamento de Frango Inteiro	143
Tabela 5.21 – Projeção das Vazões nos Resfriadores Evaporativos para Ciclo de Concentração 5	145
Tabela 5.22 – Vazões nos Resfriadores Evaporativos	145
Tabela 5.23 – Resumo da Redução do Consumo da Água nos Locais com Uso Racional	146
Tabela 5.24 – Redução da Demanda de Água na Indústria	147
Tabela 5.25 – Redução da Geração de Efluentes com Uso Racional da Água	147
Tabela 5.26 – Geração de Efluentes como Oferta de Água na Indústria - continua	149
Tabela 5.27 – Efluente como Oferta de Água na Indústria em Função da Temperatura	150
Tabela 5.28 – Demanda de Água na Calha de Vísceras	154
Tabela 5.29 – Fornecimento de Água do Pré-Chiller na Calha de Evisceração	155
Tabela 5.30 – Porcentagem de Reúso de Água na Calha de Vísceras	155

Tabela 5.31 – Características do Tanque de Equalização – Geração Contínua de Efluente	157
Tabela 5.32 – Características do Tanque de Retenção de Óleo	158
Tabela 5.33 – Custos dos Tanques para Tratamento de Efluentes	158
Tabela 5.34 – Resultados do Dimensionamento do Sistema por Membranas para Geração Contínua de Efluentes do Pré-Chiller	160
Tabela 5.35 – Custo de Implantação do Sistema de Separação por Membranas	161
Tabela 5.36 – Custo Médio Mensal de Energia Elétrica	161
Tabela 5.37 – Custo Médio Mensal de Produtos Químicos	162
Tabela 5.38 – Oferta de Água para Reúso do Pré-Chiller	163
Tabela 5.39 – Valores Máximos de Concentração de DBO em Função do Uso Industrial para Água de Reúso	164
Tabela 5.40 – Demandas de Água de Reúso do Pré-Chiller	164
Tabela 5.41 – Efluente Gerado no Degelo	165
Tabela 5.42 – Sistema de Filtração da Água de Degelo	165
Tabela 5.43 – Características da Camada Filtrante de Areia*	166
Tabela 5.44 – Características da Camada Filtrante de Antracito*	166
Tabela 5.45 – Características de cada Tanque de Equalização	167
Tabela 5.46 – Oferta de Água para Reúso do Degelo	167
Tabela 5.47 – Demandas de Água de Reúso do Degelo	167
Tabela 5.48 – Custo do Sistema de Filtração da Água do Degelo	168
Tabela 5.49 – Custo Médio Mensal de Energia Elétrica para os Dois Filtros	168
Tabela 5.50 – Características da Água do Sistema dos Resfriadores Evaporativos para Ciclo de Concentração 5*	169
Tabela 5.51 – Características do Sistema de Osmose Reversa para Tratamento da Água de Purga*	170
Tabela 5.52 – Características da Água do Permeado e Concentrado*	170
Tabela 5.53 – Custo de Implantação do Sistema Tratamento por Osmose Reversa*	171
Tabela 5.54 – Custo de Mensal do Sistema Tratamento por Osmose Reversa	171
Tabela 5.55 – Oferta de Água de Reúso do Processamento de Moelas	172
Tabela 5.56 – Parâmetros da ETA Existente	174
Tabela 5.57 – Parâmetros para Projeto de Tratamento de Efluentes da ETA	174
Tabela 5.58 – Custo de Implantação do Sistema Tratamento de Lodo da ETA	175

Tabela 5.59 – Volume de Efluentes com Possibilidade de Uso como Água de Reúso	177
Tabela 5.60 – Comparação entre o Cenário Atual e as Hipóteses* Analisadas	190
Tabela 5.61 – Consumo Específico de Água na Indústria	191
Tabela 5.62 – Custos de Implantação das Hipóteses Analisadas	191
Tabela 5.63 – Custos de Implantação das Hipóteses Analisadas	192
Tabela 5.64 – Produção de Aves com Vazão Total de Outorga	193
Tabela 5.65 – Precipitação Média no Período**	194
Tabela 5.66 – Determinação do Volume de Reservação – Método de Rippl*	195
Tabela 5.67 – Custo de Implantação de Reservação	196
Tabela 5.68 – Custo Médio Mensal de Energia Elétrica	196
Tabela 5.69 – Tarifas de Água e Esgoto da Concessionária	197
Tabela 5.70 – Custo Mensal de Água de Concessionária para Atender Demanda Futura	197
Tabela 5.71 – Custo de Implantação de Reservação e Tubulação de Alimentação	198
Tabela 5.72 – Custo Médio Mensal de Energia Elétrica	198
Tabela 5.73 – Custo Médio de Perfuração de Poço Profundo para Atender Demanda Futura	199
Tabela 5.74 – Custo Médio Mensal de Energia Elétrica	199
Tabela 5.75 – Custo de Implantação de Reservação e Tubulação de Alimentação	199
Tabela 5.76 – Resumo Comparativo das Alternativas de Fonte de Água	200
Tabela 5.77 – Custo Unitário do Poço pela Produção Anual	201
Tabela 5.78 – Resumo das Reduções Obtidas do Uso Racional e Reúso de Água	201
Tabela 5.79 – Resumo dos Aumentos de Produção	202
Tabela 5.80 – Determinação das Quantidades de Água e DBO a Serem Pagos pela Avícola*	203
Tabela 5.81 – Custos pelo Uso da Água a Serem Pagos pela Avícola ¹	203
Tabela 5.82 – Diferença de Custo pelo Uso da Água ¹ a Ser Pago pela Avícola Comparado ao Cenário Atual	203
Tabela 5.83 – Vazões de Água de Reúso em Substituição à Vazão Captada	204
Tabela 5.84 – Economias nos Custos do Reaproveitamento da Água	204
Tabela 5.85 – Economia Total Anual do Reaproveitamento da Água	205

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVO	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1. <i>Panorama dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo</i>	<i>20</i>
3.2. <i>Aspectos Legais e Institucionais</i>	<i>23</i>
3.2.1. Quanto aos Recursos Hídricos	23
3.2.2. Quanto à Segurança e Higiene do Alimento	27
3.2.3. Relação das Normas, Procedimentos e Legislações de Interesse	33
3.3. <i>Conservação e Minimização do Consumo de Água</i>	<i>37</i>
3.3.1. Definição de Conservação de Água	38
3.3.2. Conceituação de Reúso de Água.....	39
3.3.3. Critérios de Qualidade da Água para Reúso	41
3.3.4. Técnicas de Tratamento de Água para Reúso	50
3.3.5. Aspectos Positivos dos Programas de Conservação e de Reúso de Água	57
3.4. <i>Conservação e Reúso da Água no Setor Industrial.....</i>	<i>58</i>
3.4.1. Tipos de Uso e Reúso de Água no Setor Industrial	63
3.4.2. Uso e Reúso de Água na Indústria Alimentícia	65
3.5. <i>Uso e Reúso de Água na Indústria de Processamento de Aves.....</i>	<i>66</i>
3.5.1. Processamento de Frangos	66
3.5.2. Aspectos Quantitativos e Qualitativos da Água.....	72
3.5.3. Aspectos Quantitativos e Qualitativos do Efluente	75
3.5.4. Sistemas de Tratamento de Efluentes em Indústrias de Processamento de Aves	77
3.5.5. Conservação e Minimização do Consumo da Água em Indústrias de Processamento de Aves	80
3.6. <i>Aspectos Técnicos e Econômicos.....</i>	<i>81</i>
4. METODOLOGIA	82
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	84
5.1. <i>Apresentação da Indústria.....</i>	<i>85</i>

5.2. Descrição dos Processos Industriais da Avícola	85
5.3. Características da Água e do Efluente nos Processos Industriais	86
5.3.1. Resfriamento	87
5.3.2. Sistema de Abastecimento de Água	87
5.3.3. Resfriadores Evaporativos	90
5.3.4. Produção de Vapor d'Água	102
5.3.5. Sistema de Tratamento de Efluentes	103
5.4. Setorização do Consumo de Água e Geração de Efluentes e Definição dos Fluxos.....	107
5.5. Demandas de Água na Avícola	123
5.6. Oferta de Água na Avícola	137
5.6.1. Estudo do Uso Racional da Água na Avícola	137
5.6.1.1. IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS FÍSICAS.....	138
5.6.1.2. IDENTIFICAÇÃO DE OPERAÇÕES INADEQUADAS	139
5.6.1.3. MELHORIAS OPERACIONAIS	140
5.6.1.4. RESULTADOS DO USO RACIONAL.....	146
5.6.2. Reúso de Água	149
5.6.3 Estudos de Alternativas para Reúso de Água	152
5.6.3.1 ESTUDO DE ALTERNATIVAS NO SETOR DE RESFRIAMENTO DAS AVES	153
5.6.3.2 ESTUDO DE ALTERNATIVAS DA ÁGUA DE DEGELO	164
5.6.3.3 ESTUDO DE ALTERNATIVAS DA ÁGUA DE PURGA DOS RESFRIADORES EVAPORATIVOS.....	169
5.6.3.4 REÚSO DA ÁGUA DO PROCESSAMENTO DE MOELA NA CALHA DE VÍSCERAS	172
5.6.3.5 RECUPERAÇÃO DA ÁGUA DE LAVAGEM DO FILTRO E DO LODO DO DECANTADOR DA ETA.....	173
5.6.3.6 RESUMO DOS EFLUENTES COM POSSIBILIDADES DE REÚSO DE ÁGUA.....	176
5.7. Hipóteses de Configurações de Sistemas de Reúso	177
5.7.1. Hipótese 1	178
5.7.2. Hipótese 2	182
5.7.3. Hipótese 3	186
5.7.4. Comparação das Hipóteses	190
5.7.5. Abastecimento de Água de Outras Fontes.....	192
5.7.5.1 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	193

5.7.5.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CONCESSIONÁRIA	196
5.7.5.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA POR PERFURAÇÃO DE NOVO POÇO	198
5.7.5.4 COMPARAÇÃO ENTRE FONTES ALTERNATIVAS	200
5.7.6. Avaliação das Proposições	201
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	206
7. SUGESTÃO PARA ESTUDOS FUTUROS.....	210
8. CONCLUSÕES	211
9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	214
APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS DA INDÚSTRIA.....	222
ANEXO 1 – LAY OUT DA INDÚSTRIA	232
ANEXO 2 – CONSUMOS DE PRODUTOS QUÍMICOS E DE ÁGUA NA ETA	236
ANEXO 3 – CONSUMOS DE PRODUTOS QUÍMICOS E DE ÁGUA NA ETE	238
ANEXO 4 – DEMANDAS DE ÁGUA NA INDÚSTRIA.....	240
ANEXO 5 – PROJEÇÃO DO CONSUMO MÉDIO MENSAL DE ÁGUA NA AVÍCOLA	245
ANEXO 6 – RESULTADO DO SISTEMA DE TRATAMENTO POR MEMBRANAS DE EFLUENTES DO PRÉ-CHILLER.....	246
ANEXO 7 – BALANÇO DE MASSA DA FASE SÓLIDA DA ETA	248
ANEXO 8 – DADOS PLUVIOMÉTRICOS DE CAMPO LIMPO PAULISTA – POSTO E3-021	249

1. INTRODUÇÃO

No Brasil e no mundo, tem sido observada uma freqüente diminuição na natureza, da oferta de água em condições adequadas para uso, devido à crescente demanda para as mais variadas atividades, como o abastecimento público, uso industrial e para a agricultura.

A qualidade da água superficial disponível tem sido degradada devido aos lançamentos indevidos de poluentes, tanto de cargas concentradas como difusas, sendo que os tratamentos necessários para a utilização da água têm sido cada vez mais onerosos, exigindo tecnologias mais complexas.

Quanto à quantidade de água, no Brasil, 81,2% da população vive em áreas urbanas, sendo que desse valor, aproximadamente 40% encontra-se concentrada em 22 regiões metropolitanas, destacando as regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Porto Alegre (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). Apesar da maior parte da população estar localizada nessas regiões, a disponibilidade hídrica não é compatível à demanda, sendo que a região Sudeste com população de 72.430.194 habitantes possui apenas 4.448,44 m³/ano.hab de disponibilidade hídrica específica, situação bem diferente da região Norte que possui uma população de 12.911.170 habitantes e disponibilidade hídrica de 285.591,97 m³/ano.hab (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Em vista desses aspectos, os órgãos regulamentadores têm estudado meios para minimizar os impactos nos corpos d'água através de mecanismos que forcem os consumidores a captarem somente a quantidade necessária de água, e os poluidores a lançarem efluentes em menor quantidade e em conformidade com os padrões vigentes. Tais mecanismos envolvem a cobrança pelo uso da água e também pelo lançamento de efluentes nos corpos receptores. Este último caso refere-se ao princípio do poluidor-pagador, que teve seu conceito debatido inicialmente quando foi discutida a questão da cobrança pelo uso da água no Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos promovido pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) em 1989, embora o Código de Águas já previsse medidas que pudessem ser associadas a esse princípio (SÃO PAULO, 2004).

Em função das questões apresentadas acima, é muito provável que os órgãos gestores renovem as outorgas para captação com valores de vazão menores aos permitidos atualmente, principalmente em bacias hidrográficas com indícios de escassez de água.

Em nível nacional, a cobrança pelo uso da água já é realizada e no estado de São Paulo, a cobrança foi aprovada pela Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2005, cuja regulamentação foi realizada através do Decreto nº 50.667 de 30 de março de 2006. Embora as leis sejam recentes, somente o conhecimento de sua existência pode induzir as indústrias a se preocuparem com a forma de utilização da água em seus processos, buscando meios que minimizem o consumo de água e o lançamento de efluentes.

Inicialmente, as indústrias deverão verificar as atividades que demandam baixo custo de investimento, através de programas de conservação e otimização da utilização da água. Isto engloba a avaliação dos processos e rotinas industriais, identificação dos setores que mais consomem água, identificação de perdas e vazamentos, identificação dos setores que apresentem oportunidades de redução de consumo de água e geração de efluentes, eliminação de desperdícios, mudanças de procedimentos operacionais, treinamento dos operadores, substituição de dispositivos e equipamentos, e alteração de método de produção (FIESP/CIESP, 2004) e (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Em complementação à estratégia de conservação e minimização, é importante a adoção de medidas que utilizam a prática de reúso de água e efluentes (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). A reutilização ou a recirculação da água pode ser implantada em um determinado processo ou se possível na indústria como um todo. Assim, a quantidade de água a ser captada ou comprada do serviço de abastecimento e a vazão de efluente a ser lançada no corpo receptor serão menores, o que reduzirá o custo da cobrança pelas agências de bacias.

Outro fator importante a ser considerado é a adoção de uma política ambiental apropriada por parte das indústrias, que conseqüentemente, terão sua competitividade aumentada, podendo influenciar na escolha do consumidor pelo seu produto ambientalmente sustentável.

2. OBJETIVO

A presente pesquisa teve como principal objetivo identificar os possíveis pontos de redução de consumo de água em uma indústria do setor alimentício, no caso de processamento de frangos, através de metodologias para conservação e reúso de água, visto que a maior parte das indústrias deste setor é potencialmente grande consumidora deste recurso.

Também se objetivou a redução da geração de efluentes em consequência à minimização do consumo de água, além do aumento de produção de frangos abatidos na indústria.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Panorama dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo

O Brasil possui uma das maiores reservas de água doce do planeta, tanto de fonte superficial como subterrânea. Entretanto, sua oferta não é distribuída uniformemente, conforme apresentado por São Paulo (2004), onde 73% das vazões médias de água estão na Região Hidrográfica do Amazonas com apenas 4,5% da população nacional, enquanto 32% da população brasileira estão localizadas na Região Hidrográfica do Paraná, com apenas 6% da vazão média do total do país.

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), a alteração da relação entre disponibilidade hídrica e demanda de água pode ocorrer por duas razões, sendo essas: “fenômenos naturais, associados às condições climáticas de cada região e o crescimento da população, pressionando cada vez mais os recursos hídricos, seja pelo aumento da demanda ou da poluição”.

Hidrograficamente, o Estado de São Paulo é dividido, conforme estabelecido na Lei Estadual nº 9034/94, de 27/12/1994, em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI's, reunidas em 11 Grupos conforme mostrado na Figura 3.1, com base no relatório publicado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) (2005).

Segundo relatório publicado pela Cetesb (2004), Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo 2001-2003, 99,4% da água existente no planeta Terra é indisponível para o consumo humano, e apenas 0,6% é água doce na forma líquida, sendo que desse total, 97,5% são águas subterrâneas. Ainda é informado que no Brasil estão 12% das reservas mundiais de água doce, apresentando disponibilidade hídrica de 40.732 m³/hab/ano, sendo que desse total, o Estado de São Paulo é representado por uma parcela de 1,6%.

Em virtude da diminuição de oferta de água superficial, tem sido cada vez mais comum os municípios utilizarem a água subterrânea como fonte de água para abastecimento público. Da mesma forma, as indústrias têm seguido essa prática, sendo que no Estado de São Paulo a água subterrânea é uma reserva estratégica

para o desenvolvimento de atividades econômicas nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e de Campinas (CETESB, 2004).

Figura 3.1 – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI's

Fonte: CETESB, 2005

Ainda, no relatório da Cetesb (2004), a utilização da água subterrânea não pode ser realizada indiscriminadamente, pois por fazer parte do ciclo hidrológico, pode afetar a oferta de águas superficiais, pois há inter-relação entre bacias hidrográficas e aquíferos subterrâneos.

Pela Figura 3.2 apresentada a seguir, pode ser verificada que a captação de água subterrânea é mais acentuada no Oeste Paulista, conforme demonstrado por Cetesb (2004).

Figura 3.2 – Captação de Águas Subterrâneas para Abastecimento Público

Fonte: CETESB, 2004

No Estado de São Paulo, muitos municípios e indústrias têm buscado água em profundidades maiores, deixando de captar água do Sistema Aquífero Bauru e passando a captar água do Sistema Aquífero Guarani (CETESB, 2004). Este, por ser confinado, apresenta-se mais protegido contra poluição, além de fornecer maior vazão de água. Deve-se ter cautela na utilização desse manancial procurando preservar sua qualidade e quantidade, pois sua recarga é muito lenta, podendo correr o risco de prejudicar sua produção.

3.2. Aspectos Legais e Institucionais

Toda indústria deve seguir regulamentações para a realização de seu processo produtivo, englobando legislações relacionadas ao processo industrial até aquelas relativas ao meio ambiente.

A Avícola por tratar-se de um grande consumidor de água, teve a questão legal avaliada quanto aos recursos hídricos, tendo sido pesquisadas as legislações referentes à bacia hidrográfica e o comitê de bacia à qual pertence, onde já existe a cobrança pelo uso da água.

Também foram pesquisadas as leis e diretrizes existentes quanto ao processamento de alimento, cuja segurança alimentar e a dos consumidores é importante. Dentro da questão da segurança, foi levantado no cenário nacional e internacional o reúso de água na indústria alimentícia.

Na seqüência é apresentado o resultado do levantamento dessas regulamentações.

3.2.1. Quanto aos Recursos Hídricos

É importante a existência de normas relacionadas à utilização dos recursos hídricos para garantir uma relação harmônica entre as atividades humanas e o meio ambiente, além de equilibrar as forças entre os diversos segmentos da sociedade e dos setores econômicos (FIESP/CIESP, 2004).

Os recursos hídricos estão contemplados na Constituição de 1988, onde os corpos transfronteiriços ou interestaduais são de domínio federal e os corpos d'água contidos inteiramente em um único estado da federação são de domínio desse estado.

Dentro do Estado de São Paulo, com a aprovação da Lei Estadual nº 7.663/91 foi dado início ao processo de implantação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (nível central) que criou os Comitês de Bacias Hidrográficas (nível regional). Em 1993 foi criado o Comitê dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, comitê da bacia à qual a Avícola está localizada. Atualmente encontram em funcionamento 21 comitês de bacias com participação da sociedade civil organizada e representante do

governo estadual e municipal, compondo o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH) no Estado de São Paulo (THAME, 2002).

Foi a partir do ano de 1994 que se iniciou efetivamente um esforço através de trabalhos, estudos e audiências públicas com o apoio dos Comitês, discussões referentes à cobrança pelo uso da água. Como resultado, foi proposto, em 1998, o projeto de lei 20/1998, para cobrança pelo uso dos recursos hídricos, o qual foi substituído em 2000 pelo projeto de lei 676/00, resultando na Lei 12.183/2005.

A Lei Federal nº 9.433/97 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos integrado por colegiados de decisão nos níveis da União e das unidades federativas (conselhos e comitês), com importante participação de representações dos usuários dos recursos hídricos e da sociedade civil, por órgãos dos poderes públicos federal, estadual e municipal, e Agências de Água. Nela foram estabelecidos os seguintes instrumentos de gestão:

- Outorga pelo direito de uso de recursos hídricos;
- Cobrança pelo uso da água;
- Enquadramento dos corpos d'água em classes de uso;
- Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos;
- Planos de Recursos Hídricos.

A outorga é um instrumento de gerenciamento de recursos hídricos que dá ao órgão gestor condições de gerenciar a quantidade e a qualidade desses recursos e ao usuário a garantia do direito de uso da água.

A Lei 9.984/2000 criou a Agência Nacional de Águas – ANA ampliando a composição do Sistema (art. 33 da Lei 9.433/97) ao inserir a ANA no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, na qualidade de entidade federal de implementação da Política e de coordenação do Sistema. Com isso, a ANA tem a competência para implementar, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União.

O primeiro Estado a instituir a cobrança pelo uso da água foi o Ceará em 1998, adotando um modelo próprio com taxação apenas sobre a captação, sem a participação dos Comitês de Bacia. Em 2001 o Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP) sugeriu ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) o valor da cobrança pelo uso da água da Bacia

Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e através da Resolução CNRH 27 de 29 de novembro de 2002 foram definidos os valores e estabelecidos os critérios de cobrança pelo uso, conforme proposto pelo CEIVAP.

Com a Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2005, o Governo do Estado de São Paulo promulgou a implantação da cobrança pela utilização dos recursos hídricos, sendo que a partir de 1º de janeiro de 2006 a cobrança poderia ser implantada para os usuários urbanos e industriais dos recursos hídricos, enquanto os demais usuários estarão sujeitos à cobrança somente a partir de 1º de janeiro de 2010. O Decreto Estadual 50.667 de 30 de março de 2005 regulamentou os dispositivos da Lei nº 12.183 e em 29 de dezembro de 2006 através do Decreto Estadual nº 51.449, foram aprovados e fixados os valores a serem cobrados pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo na Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ).

Nessa bacia, a cobrança teve início em 20 de janeiro de 2006 para os rios de domínio da União como o Rio Atibaia, Camanducaia, Jaguari e Piracicaba. A estimativa de arrecadação para 2006 era de R\$ 10,8 milhões (AGÊNCIA PCJ, 2007). Segundo o COMITÊ PCJ (2006), os valores aprovados são de R\$ 0,01 por metro cúbico de água captada, R\$ 0,02 por metro cúbico de água consumida (água que não retorna ao rio nem mesmo em forma de esgoto), R\$ 0,10 por quilo de DBO lançado em corpo d'água e R\$ 0,015 por metro cúbico de água captada e transposta para outra bacia (caso do Sistema Cantareira). Para os usos em propriedades rurais, esses valores poderão ser reduzidos, sendo que a variação no custo irá depender da qualidade da água do manancial usado e das boas práticas de seu uso e conservação.

A cobrança pelo uso da água será implantada de forma progressiva na Bacia do PCJ. No primeiro ano os usuários pagarão somente 60% do valor definido. Em 2006, por exemplo, o usuário cujo valor de captação foi de R\$ 0,01 por metro cúbico pagou somente R\$ 0,006 por cada mil litros captados. Em 2007 a cobrança alcançará 75% do seu valor real. E em 2008 o valor será integral (COMITÊ PCJ, 2006).

Somente a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP apresentou montante a ser pago em 2006 um valor maior que R\$ 6,5 milhões. Dentre as indústrias, a Rhodia instalada em Paulínia, é a maior pagadora com mais de R\$ 496 mil (AGÊNCIA PCJ, 2007).

Com relação ao reúso de água, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, através da Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, estabeleceu modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentam e estimulam a sua prática para fins não potáveis em todo o território nacional. Resolve também que “deverão ser incentivados e promovidos programas de capacitação, mobilização social e informação quanto à sustentabilidade do reúso, em especial os aspectos sanitários e ambientais”.

Assim, a implantação por parte de uma indústria de um programa de conservação e reúso de água, acarretará na diminuição do volume de água captada e também de efluentes produzidos, minimizando o valor da cobrança a ser aplicada na indústria.

Para que as indústrias não sejam surpreendidas pelos órgãos de controle ambiental, é importante que elas estejam sempre em conformidade com as legislações ambientais vigentes relacionadas à outorga para utilização de recursos hídricos, bem como aos padrões de emissão de efluentes e de qualidade para o recurso hídrico selecionado (MIERZWA; HESPAHOL, 1999).

Enquanto não for adotado nacionalmente um mecanismo de cobrança pelo uso da água, esta não será vista como um bem finito e o uso dos recursos hídricos será feito sem os devidos cuidados.

Com a implantação dos princípios de “usuário-pagador” e “poluidor-pagador”, espera-se alcançar as metas de qualidade e quantidade desejadas, ao instituir a obrigatoriedade de pagamento para quem estiver despejando efluentes nos cursos d’água. Entretanto, Miller (2006) cita questões que dificultam a implantação de um programa da reúso da água:

- Carência de financiamentos, principalmente para municípios de menor porte;
- Necessidade de campanha educacional no setor público, mostrando que a água de reúso pode ser uma boa alternativa de fonte de água;
- Existência de pouca documentação sobre dados de economias resultantes da água de reúso: benefícios financeiros, sociais e não contabilizados;
- Falta de apoio por parte de políticos, quanto a aprovações de projetos de reúso;

- Existência de poucas pesquisas que busquem aumentar a economia através do reúso de água, com tecnologias mais baratas, garantindo a transferência dessas para outras empresas, além de promover aplicações de reúso específicos em indústrias;
- Falta de liderança por parte dos governantes, garantindo fontes de água adequadas, uso adequado e eficiente da água nas repartições públicas, e promoção de financiamentos para uso eficiente da água e sua conservação.

3.2.2. Quanto à Segurança e Higiene do Alimento

O *Codex Alimentarius* ou o Código dos Alimentos é referência mundial para os consumidores, produtores e elaboradores de alimentos, além de organismos nacionais de controle dos alimentos e para o comércio internacional de produtos alimentares, sendo um programa conjunto da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) e da Organização Mundial da Saúde (OMS). O Brasil tornou-se membro deste Programa na década de 1970 com a criação do Comitê do *Codex Alimentarius* do Brasil (CCAB) através das Resoluções 01/80 e 07/88 do Conselho Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (CONMETRO). A maior prioridade do *Codex Alimentarius* é proteger a saúde dos consumidores e assegurar práticas equitativas no comércio dos alimentos.

Com base no Código Internacional Recomendado de Práticas: Princípios Gerais de Higiene dos Alimentos CAC/VOL. A, Ed. 2 (1985), do *Codex Alimentarius*, e ao Mercosul, a Portaria SVS/MS nº326 de 30 de julho de 1997, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, estabelece os requisitos gerais sobre as condições higiênico-sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para estabelecimentos produtores e industrializadores de alimentos. Segundo essa Portaria, deve-se ter cuidados para evitar contaminação dos alimentos, sendo esta definida como “presença de substâncias ou agentes estranhos, de origem biológica, química ou física que sejam considerados nocivos ou não para a saúde humana”. Para evitá-la, é necessário realizar a etapa de desinfecção que segundo a referida Portaria, significa “redução, através de agentes químicos ou métodos físicos

adequados, do número de microorganismos no prédio, instalações, maquinários e utensílios, a um nível que não origine contaminação do alimento que será elaborado”.

Ainda, quanto ao abastecimento de água, discorre que se deve “dispor de um abundante abastecimento de água potável [...] com pressão adequada e temperatura conveniente, com um adequado sistema de distribuição e com proteção eficiente contra contaminação. No caso necessário de armazenamento, deve-se dispor ainda de instalações apropriadas [...]. É imprescindível um controle freqüente da potabilidade da água”. Para o “vapor e o gelo utilizados em contato direto com alimentos ou superfícies que entram em contato direto com estes, não devem conter nenhuma substância que possa ser perigosa para a saúde ou contaminar o alimento, obedecendo ao padrão de água potável”.

No processo de higienização, a Portaria diz que após a limpeza e desinfecção com detergente e desinfetante, os utensílios e equipamentos devem ser finalizados quanto à remoção dos resíduos com a lavagem cuidadosa com água potável antes que volte ao contato com o alimento. Esse processo também deve ser realizado nas estruturas auxiliares, paredes e no piso da área de manipulação de alimentos.

Quanto à utilização da água, a Portaria estabelece: “Como princípio geral na manipulação de alimentos somente deve ser utilizada água potável. Pode ser utilizada água não potável para a produção de vapor, sistema de refrigeração, controle de incêndio e outros fins análogos não relacionados com alimentos, com a aprovação do órgão competente. A água recirculada para ser reutilizada novamente dentro de um estabelecimento deve ser tratada e mantida em condições tais que seu uso não possa representar um risco para a saúde. O processo de tratamento deve ser mantido sob constante vigilância. Por outro lado, a água recirculada que não tenha recebido tratamento posterior pode ser utilizada nas condições em que o seu emprego não constitua um risco para saúde e nem contamine a matéria-prima nem o produto final. Deve haver um sistema separado de distribuição que possa ser identificado facilmente, para a utilização da água recirculada. Qualquer controle de tratamento para a utilização da água recirculada em qualquer processo de elaboração de alimentos deve ter sua eficácia comprovada e deve ter sido prevista nas boas práticas adotadas pelo estabelecimento e devidamente aprovadas pelo organismo oficialmente competente”.

Em ato normativo complementar à Portaria SVS/MS nº 326/1997, foi instituído pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, a Resolução RDC nº 275 de 21 de outubro de 2002 com o propósito de atualizar a legislação geral, introduzindo o controle contínuo das Boas Práticas de Fabricação - BPF e os Procedimentos Operacionais Padronizados - POP, além de promover a harmonização das ações de inspeção sanitária por meio de instrumento genérico de verificação das BPF.

No que se refere ao uso da água, a resolução 326/1997 diz que os produtores e industrializadores de alimentos devem desenvolver, implementar e manter para a higienização das instalações, equipamentos, móveis e utensílios, para o controle da potabilidade da água e para a higiene e saúde dos manipuladores os respectivos POPs.

BPF são medidas adotadas pelas indústrias de alimentos com a finalidade de garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos produtos alimentícios com os regulamentos técnicos.

Precursora na regulamentação sobre Boas Práticas, a Portaria MS nº 1.428 de 26 de novembro de 1993, dispõe sobre as diretrizes gerais para o estabelecimento de Boas Práticas de Produção e Prestação de Serviços na área de alimentos através do Sistema de Avaliação dos Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), do inglês *“Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)”*.

Buscando uma gestão do APPCC, foi lançada em setembro de 2002 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, a norma NBR 14.900 - Sistema de Gestão da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle – Segurança de Alimentos (HACCP/APPCC). Ela é fundamentada nos princípios do *Codex Alimentarius* quanto ao HACCP ou APPCC e aos elementos de sistema de gestão da qualidade versados na NBR ISO 9.001:2000 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos, e ISO 15.161:2001 – *Guidelines on the Application of ISO 9.001:2000 for the Food and Drink Industry*, além do ISO/FDIS 19.011:2002 – *Guidelines for Quality and/or Environment Systems Auditing*. Os princípios da APPCC são sete, a saber:

- análise de perigos e identificação das medidas preventivas respectivas;
- identificação dos Pontos Críticos de Controle (PCCs);
- estabelecimento dos limites críticos para as medidas preventivas associadas a cada PCC;

- requisito de controle (monitoramento) dos PCCs. Procedimentos para utilização dos resultados do monitoramento para ajuste do processo e manutenção do controle;
- ações corretivas para o caso de desvio dos limites críticos;
- registro de todos os controles;
- procedimentos de verificação do sistema.

Pela Portaria nº 368 de 04 de setembro de 1997 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento foi aprovado o Regulamento Técnico sobre as condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores/Industrializadores de Alimentos. Esta Portaria foi baseada no Decreto nº 30.691 de 29 de março de 1952.

Conforme o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal aprovado pelo Decreto Federal nº 30.691 de 29 de março de 1952, “os estabelecimentos de produtos de origem animal devem satisfazer às seguintes condições básicas e comuns, como:

- dispor de rede de abastecimento de água para atender suficientemente as necessidades do trabalho industrial e às dependências sanitárias e, quando for o caso, de instalações para tratamento de água;
- dispor de água fria e quente abundantes, em todas as dependências de manipulações e preparo, não só de produtos, como de subprodutos não comestíveis;
- possuir canalizações em tubos próprios para a água destinada exclusivamente a serviços de lavagem de paredes e pisos, e a ser utilizada por meio de mangueiras de cor vermelha; a água destinada à limpeza de equipamento, empregada na manipulação de matérias-primas e produtos comestíveis, será usada por meio de mangueiras de cor branca ou preta”.

Em função dos compromissos internacionais assumidos na Organização Mundial de Comércio e conseqüentes disposições do *Codex Alimentarius* e do MERCOSUL, o Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento instituiu o “Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle – APPCC” através da Portaria

nº 46 de 10 de fevereiro de 1998. O APPCC deveria ser implantado gradativamente nas indústrias de produtos de origem animal sob o regime do Serviço de Inspeção Federal – SIF. Segundo a Portaria, “esse sistema é uma abordagem científica e sistemática para o controle de processo, elaborado para prevenir a ocorrência de problemas, assegurando que os controles são aplicados em determinadas etapas no sistema de produção de alimentos, onde possam ocorrer perigos ou situações críticas”. Trata-se de um sistema preventivo e não de inspeção, buscando a produção de alimentos inócuos, livre de contaminação física, química e principalmente biológica. Do ponto de vista de saúde pública, o perigo biológico é mais sério quando comparado aos demais, pois sua disseminação pode se estender a uma população maior. Uma bactéria presente no alimento pode afetar centenas ou milhares de consumidores, enquanto o agrotóxico não tem efeito imediato e geralmente este não é mensurável, e um fragmento ou um material estranho no alimento tem ação pontual, atingindo poucas pessoas.

A Instrução Normativa nº 70 de 6 de outubro de 2003, da Secretaria de Defesa Agropecuária, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, instituiu o “Programa de Redução de Patógenos – Monitoramento Microbiológico e Controle de *Salmonella* sp. em Carcaças de Frangos e Perus”.

Em 2005 foi lançada pela *International Organization for Standardization* (ISO) a norma para certificação de sistemas de gestão de segurança alimentar ISO 22.000:2005 – *Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain* aplicável aos produtores primários, agroindústrias, fabricantes de alimentos, transportadoras, armazenadores, prestadores de serviços, fornecedores de insumos e lojas distribuidoras para o consumo final. Também foi lançada a norma ISO 22.004:2005 – *Food safety management systems – Guidance on the application of ISO 22.000:2005*. A primeira foi publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT como NBRISO 22000 em 05 de junho de 2006 e a segunda como ISO/TS 22004 em 27 de novembro de 2006.

Essa norma facilitará a padronização internacional no campo das normas de segurança alimentar e propiciará a implementação do HACCP ou APPCC através da cadeia de abastecimento de alimentos, uma vez que existem várias normas como o HACCP, o *British Retail Consortium* (BRC), *International Food Standard* (IFS), EUREPGAP e *Good Manufacturing Practice* (GMP), evitando assim, custos desnecessários e duplicação de esforços para o mesmo fim. Ela faz referência a

vários códigos de boas práticas internacionalmente reconhecidos e relacionados com o *Codex Alimentarius*.

Na legislação americana, o *Animal and Plant Health Inspection Service da United States Department of Agriculture - USDA* adota o *Code of Federal Regulations - Title 9 - Animals and Animal Products* de Janeiro de 2002, onde a água de reúso pode ser utilizada para resfriar ou cozinhar produtos semiprontos desde que estejam livres de organismos patogênicos e coliformes fecais e de qualquer contaminação física, química e microbiológica e que possam causar adulteração do produto. A água reusada que teve contato direto com a matéria-prima não pode ter contato direto com o produto para consumo. É importante que essa água não tenha tido contato com o esgoto doméstico. Ela pode ser utilizada para remoção de sólidos pesados, para limpeza do fundo da canaleta de evisceração, ou para lavar áreas anteriores ao abate, gaiolas, caminhões, engradados, ganchos e pisos.

Assim, dentro de uma indústria de abate e processamento de frangos, o sistema de lavagem é considerado como um Ponto Crítico de Controle (PCC) a ser verificado em um adequado sistema de APPCC, desde que a contaminação decresça significativamente durante essa fase do processo. Isso é justificado, pois as carcaças de aves geralmente têm elevado nível de contaminação na pele. Podem apresentar microorganismos que causam indisposição no consumidor pela ingestão como também deteriorar o alimento. Há uma série de microorganismos na superfície da carcaça que pode ser analisada para indicar a qualidade microbiológica, o nível de higiene na produção e manuseio e a correta manutenção na cadeia de resfriamento. Durante os estágios de sacrifício, sangria, escaldo, depenagem e evisceração, ocorre importantes crescimentos de contaminação na superfície das carcaças e também de contaminação cruzada (do manuseio e/ou do meio). Após a evisceração as carcaças são lavadas com água pressurizada e depois resfriadas. O resfriamento com ar no *chiller* também é importante quanto à prevenção da multiplicação da flora microbiológica, sendo que a falha na temperatura pode resultar no crescimento microbiológico. Dessa forma, a temperatura do ar do *chiller* também pode ser considerada como um PCC (GONZÁLES-MIRET et al, 2006).

A indústria de processamento de carnes, inclusive de aves, pode ter vários benefícios através da aplicação da APPCC. A APPCC é a ferramenta de gerenciamento mais eficiente, inclusive quanto à questão econômica, produzindo alimentos seguros com emprego de tecnologia. A APPCC também pode minimizar

ou prevenir a ocorrência de problemas com a segurança no alimento, e consequentemente mantendo a confiança do consumidor e garantindo a sua comercialização (TOMPKIN, 1994).

3.2.3. Relação das Normas, Procedimentos e Legislações de Interesse

Todo processo industrial deve seguir diretrizes estabelecidas internamente à indústria como normas e procedimentos e também estar em conformidade com as legislações dos órgãos públicos.

Além das regulamentações que regem os processos, a indústria também deve seguir legislações que afetam as captações e os lançamentos dos efluentes, além dos processos de tratamento de água e esgoto.

Para a Avícola foram levantadas todas as regulamentações existentes e pertinentes à situação, mesmo algumas não fornecidas pela indústria, conforme Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Normas, Procedimentos e Legislações Aplicáveis à Avícola - continua

Norma, Procedimento, Lei, Decreto, Resolução, Portaria	Origem	Interesse	Descrição
Constituição 1988	Federal	Recursos Hídricos	Constituição da República Federativa do Brasil
Lei nº 12.183/2005	Estadual	Recursos Hídricos	Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, os procedimentos para fixação dos seus limites, condicionantes e valores e dá outras providências.
Lei nº 9.984/2000	Federal	Recursos Hídricos	Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.

Tabela 3.1 – Normas, Procedimentos e Legislações Aplicáveis à Avícola - continuação

Norma, Procedimento, Lei, Decreto, Resolução, Portaria	Origem	Interesse	Descrição
Lei nº 9.433/97	Federal	Recursos Hídricos	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Decreto nº 51.449/2006	Estadual	Recursos Hídricos	Aprova e fixa os valores a serem cobrados pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – PCJ.
Decreto nº 50.667/2006	Estadual	Recursos Hídricos	Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, e dá providências correlatas.
Decreto nº 8.468/76	Estadual	Recursos Hídricos	Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente.
Resolução nº 357/2005	Federal	Recursos Hídricos	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 54/2005	Federal	Recursos Hídricos	Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.
Portaria nº 518/2004	Federal	Potabilidade água	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.
Decreto nº 79.367/77	Federal	Potabilidade água	Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água, e dá outras providências.
Decreto nº 30.691/52	Federal	Segurança do Alimento	Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal

Tabela 3.1 – Normas, Procedimentos e Legislações Aplicáveis à Avícola - continuação

Norma, Procedimento, Lei, Decreto, Resolução, Portaria	Origem	Interesse	Descrição
Resolução RDC nº 275/2002	Federal	Segurança do Alimento	Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos.
Resolução nº 01/80	Federal	Segurança do Alimento	Cria no âmbito do INMETRO o Comitê de Coordenação do Codex Alimentarius.
Portaria nº 46/98	Federal	Segurança do Alimento	Institui o SISTEMA DE ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE - APPCC a ser implantado, gradativamente, nas indústrias de produtos de origem animal sob o regime do Serviço de Inspeção Federal - SIF, de acordo com o MANUAL GENÉRICO DE PROCEDIMENTOS.
Portaria nº 368/97	Federal	Segurança do Alimento	Aprova o Regulamento Técnico sobre as condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores / Industrializadores de Alimentos.
Portaria SVS/MS nº 326/97	Federal	Segurança do Alimento	Aprova o Regulamento Técnico; "Condições Higiênicos-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos".

Tabela 3.1 – Normas, Procedimentos e Legislações Aplicáveis à Avícola - conclusão

Norma, Procedimento, Lei, Decreto, Resolução, Portaria	Origem	Interesse	Descrição
Portaria MS nº 1.428/93	Federal	Segurança do Alimento	Aprova, na forma dos textos anexos, o "Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos", as "Diretrizes para o Estabelecimento de Boas Práticas de Produção e de Prestação de Serviços na Área de Alimentos" e o "Regulamento Técnico para o Estabelecimento de Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ's) para Serviços e Produtos na Área de Alimentos". Determina que os estabelecimentos relacionados à área de alimentos adotem, sob responsabilidade técnica, as suas próprias Boas Práticas de Produção e/ou Prestação de Serviços, seus Programas de Qualidade, e atendam aos PIQ's para Produtos e Serviços na Área de Alimentos.
Instrução Normativa nº 70	Federal	Segurança do Alimento	Institui o Programa de Redução de Patógenos – Monitoramento Microbiológico e Controle de Salmonella sp. em Carcaças de Frangos e Perus, em conformidade com o Anexo desta Instrução Normativa.
Codex Alimentarius	Internacional	Segurança do Alimento	Proteger a saúde dos consumidores e assegurar práticas eqüitativas no comércio dos alimentos.
Boas Práticas de Fabricação	Própria indústria	Segurança do Alimento	Garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos produtos alimentícios com os regulamentos técnicos.
Norma NBR 14.900/2002	ABNT	Segurança do Alimento	Sistema de Avaliação dos Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC).

A partir do exposto, pode se verificar a diversidade de legislações em todas as esferas nacionais e também no âmbito internacional.

Quanto à segurança do alimento e do processo de fabricação, a legislação é bem embasada apresentando histórico desde 1952. O fato das indústrias serem obrigadas a ter suas próprias regras com a adoção das Boas Práticas de Fabricação, já minimiza grande parte dos problemas relacionados à segurança

alimentar. Outra prática importante é a adoção do Sistema de Avaliação dos Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), onde é possível controlar e monitorar os pontos críticos da fabricação do alimento. Esse sistema, instituído pela Portaria nº 46/98 deve ser implantado futuramente pela Avícola.

Quanto à água de reúso ser passível de se utilizar como água potável, conforme cita o *CODEX ALIMENTARIUS*, e podendo ainda ser incorporada ao alimento, no Brasil a realidade é muito diferente frente ao cenário mundial, sendo necessário realizar estudos e instituir legislação própria que garanta a segurança não só do alimento como dos consumidores.

Pela legislação nacional, a água de reúso ainda não pode ter contato com o alimento, sendo que baseado nessa premissa, o estudo não contemplou esse tipo de reúso.

3.3. Conservação e Minimização do Consumo de Água

Com a diminuição de oferta de água nos mananciais superficiais e subterrâneos, torna-se importante buscar meios para a conservação e minimização do consumo de água. Para a ABNT (1997), devido à “crescente pressão demográfica, uma das alternativas para contornar este problema é o reúso de esgoto, sendo esta a política que deve ser seguida tanto no setor produtivo, para o qual prevê-se sensível elevação do custo de água no futuro próximo, quanto pela população em geral”.

Para o abastecimento público, a água deve atender aos padrões de potabilidade, diferentemente da água industrial, que pode exigir água com qualidade elevada ou não, dependendo do uso que se pretende.

Para a conservação de água, é importante inicialmente reduzir o seu consumo através do uso racional, para depois avaliar a implantação da prática de reúso.

A implantação de um programa de conservação e de reúso de água no setor industrial pode trazer grandes benefícios econômicos permitindo aumentar a eficiência produtiva e tendo, conseqüentemente, a redução do consumo de água, do volume de efluente gerado, além de menor consumo de energia e produtos químicos (FIESP/CIESP, 2004). Dessa forma, há contribuição ambiental na preservação dos

recursos hídricos, favorecendo o Desenvolvimento Sustentável; socialmente, provoca o aumento da disponibilidade hídrica à população através da redução da vazão de captação e, finalmente, pela ótica econômica, reduz os custos com insumos como água, energia e produtos químicos, além de racionalizar custos operacionais e de manutenção.

3.3.1. Definição de Conservação de Água

A conservação de água, conforme o manual da FIESP/CIESP (2004), “pode ser compreendida como as práticas, técnicas e tecnologias que aperfeiçoam a eficiência do uso da água”, e ainda a define como qualquer ação que:

- Reduz a quantidade de água extraída das fontes de suprimento;
- Reduz o consumo de água;
- Reduz o desperdício de água;
- Reduz as perdas de água;
- Aumenta a eficiência do uso da água;
- Aumenta a reciclagem e o reúso da água;
- Evita a poluição da água.

Dentro desse conceito, está a otimização do uso da água e a minimização da geração de efluentes, que segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), para atingir seu objetivo, a indústria deve realizar as seguintes tarefas:

- Setorização do consumo;
- Eliminação de desperdícios;
- Mudança de procedimentos operacionais;
- Treinamento de operadores;
- Substituição de dispositivos e equipamentos;
- Alteração do método de produção.

Em complementação a esse raciocínio, o efluente industrial ainda pode ter valor econômico, não sendo necessário descartá-lo como “resíduo”, podendo ser

reaproveitado em outra atividade dependendo de sua qualidade. Assim, a minimização de efluentes e prevenção de poluição é considerada como crucial para determinar um gerenciamento de efluentes e poluição, seguido pela reciclagem, reúso, tratamento e disposição final (TSAI; CHOU, 2004).

A norma NBR 13.969:1997 da ABNT, que trata de projeto de unidades complementares aos tanques sépticos contempla em seu texto questões de conservação de água, citando que para um planejamento do sistema de tratamento de esgotos “é de fundamental importância a redução do seu volume”, exigindo “a mudança de procedimento nas atividades consumidoras de água, no hábito dos usuários, na adoção de equipamento e dispositivos sanitários que demandem menos água para funcionamento, tais como torneiras com menor vazão e mesmo poder de lavagem, vasos sanitários com volume menor de água necessária, no reúso das águas antes do seu lançamento ao sistema de tratamento, etc.”

3.3.2. Conceituação de Reúso de Água

O reúso de água é uma prática que tem crescido em diversas regiões no mundo, mesmo em países que não tem tipicamente problemas de escassez de água. Essa prática tem sido realizada com maior ênfase nos Estados Unidos da América, Europa Ocidental, Austrália e Israel (MILLER, 2006).

O setor industrial geralmente opera dentro do limite das legislações e regulamentações através do sistema “comando e controle”, não buscando superar esse limiar de forma pró-ativa. Tsai e Chou (2004) exemplificam que em Taiwan, somente após vários incidentes ocorridos, foi revelada a incapacidade das indústrias em tratar e dispor adequadamente seus efluentes. Em função disso, o governo de Taiwan tem gradualmente adotado o reúso de efluentes e prevenção da poluição como uma estratégia prioritária para o gerenciamento do efluente industrial.

Conforme descrito no Manual de Conservação e Reúso de Água para a Indústria, elaborado pela FIESP/CIESP (2004), o reúso de água é definido como o uso de água residuária ou água de qualidade inferior, tratadas ou não.

Na visão de Mancuso e Santos (2003) o “reúso subentende uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ela tenha sido usada anteriormente”.

Segundo a NBR 13.969:1997 (ABNT, 1997), o reúso pode ser a “utilização local do esgoto tratado para diversas finalidades, exceto para o consumo humano”.

São várias definições encontradas na bibliografia para reúso de água, onde também diferenciam o conceito da água de reciclagem. Para Mancuso e Santos (2003) o “termo reciclagem é definido como o reúso interno da água para o uso original, antes de sua descarga em um sistema de tratamento ou outro ponto qualquer de disposição. Por outro lado, o termo reúso é utilizado para designar descargas de efluentes que são subsequentemente utilizados por outros usuários, diferentes do original”.

Assim, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (1973) *apud* Mancuso e Santos (2003) têm-se as seguintes definições:

- Reúso indireto: a água já utilizada uma ou mais vezes é descartada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante de forma diluída;
- Reúso direto: uso planejado e deliberado de esgoto tratado para certa finalidade como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- Reciclagem interna: reúso de água internamente às instalações industriais, objetivando economia de água e controle de poluição.

Mattio (sem data) descreve os diferentes critérios de classificação da água de acordo com a finalidade requerida:

- Água de reúso: a água é utilizada mais de uma vez dentro da planta industrial;
- Água de reciclagem: a água é recuperada e reutilizada no mesmo processo;
- Água de reaproveitamento: a água é recuperada e reutilizada em processo diferente da origem, normalmente em quantidades menores e qualidade inferior.

As possíveis aplicações de reúso dependem de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, interesse institucional, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 2002).

Na Figura 3.3, Hespanhol (2002) apresenta os tipos básicos de usos potenciais de esgotos tratados, que podem ser implementados, tanto em áreas urbanas como em áreas rurais.

Figura 3.3 – Formas Potenciais de Reúso de Água

3.3.3. Critérios de Qualidade da Água para Reúso

As indústrias podem ser consideradas grandes fontes de efluentes reusáveis, sendo que deveriam existir incentivos por parte do governo para a implantação de programas que visem maior eficiência no uso da água, maior possibilidade de reciclagem e gerenciamento de seu uso (MOHSEN; JABER, 2002).

A água utilizada nas indústrias tem várias finalidades, e sua qualidade deve ser compatível para cada tipo de uso. Para atender aos padrões de qualidade exigidos,

a água deve passar por processos de tratamento capazes de remover os contaminantes presentes (FIESP/CIESP, 2004).

Segundo Hespanhol (2002), as unidades de refrigeração semi-abertas não necessitam de água com elevado grau de pureza, podendo o efluente tratado ser utilizado nesse caso, desde que evite corrosão ou formação de depósitos ou crescimento de microorganismos em seu interior. Sistemas que utilizam água para produção de vapor, para lavagem de gases de chaminés e processos industriais específicos, podem necessitar de sistemas de tratamento avançados que, conseqüentemente, exigem maiores investimentos.

Os fatores que afetam a qualidade da água para reúso incluem a qualidade na fonte geradora, o tratamento da água residuária, a confiabilidade no processo de tratamento e o projeto e a operação dos sistemas de distribuição. Os critérios para a qualidade da água dependem do tipo de utilização e incluem os seguintes aspectos:

- Proteção à saúde pública: a água de reúso deve ser segura tanto microbiologicamente como também física e quimicamente de modo a evitar contaminação dos funcionários da indústria como os consumidores;
- Requisitos de uso: as qualidades físicas, químicas e microbiológicas podem limitar a aplicabilidade da água para reúso em determinados processos ou locais;
- Aspectos estéticos: a água de reúso, dependendo da utilização a ser dada, não deve apresentar cor e odor; e durante o período de reservação não deve favorecer o crescimento de algas;
- Percepção da população e/ou usuário: a água de reúso deve transmitir segurança e ser aceita em algumas etapas do processamento de alimentos e os órgãos de controle devem divulgar tais garantias;
- Realidades políticas: as regulamentações existentes são fundamentadas por conjunturas políticas, percepção da população, por crenças ou tendências pessoais e por aspectos econômicos. Para tanto, há ainda resistência ao reúso de água nas indústrias alimentícias.

Para Hespanhol e Prost (1994), os critérios para determinar os limites de qualidade de água não podem ser realizados única e exclusivamente pelas questões toxicológicas e epidemiológicas. Os limites variam conforme desenvolvimento científico, econômico e os aspectos culturais de cada sociedade.

Crook (1993) cita o estado da Califórnia nos Estados Unidos da América, onde há longa tradição de reúso, tendo desenvolvido suas primeiras regulamentações em 1918. Os critérios do Estado, vigentes para Recuperação da Qualidade das Águas Residuárias (Estado da Califórnia, 1978) foram adotadas em 1979 e têm servido de base para os padrões de reúso em outros estados e países.

Ainda, dentro desses critérios, há especial atenção dada ao padrão de qualidade a ser seguido, devendo ser garantida a ausência de níveis mensuráveis de enterovirus, fundamentado nas presunções de que um número reduzido de vírus pode iniciar processos infecciosos e de que os processos de tratamento de efluentes capazes de controlar enterovirus produziram água recuperada livre de qualquer patógeno para humanos, sendo, portanto, segura para os usos pretendidos.

Crook (1993) apresenta cronologicamente as diretrizes da Organização Mundial de Saúde – OMS referentes aos critérios de padrões de qualidade de água de reúso, sendo que um dos objetivos da OMS é propor regulamentações e recomendações com o intuito de garantir a saúde pública internacional:

- Em 1971, a OMS publicou um relatório técnico sugerindo processos e tratamento para atendimento dos critérios protetores à saúde nos reúsos voltados para a irrigação, aquícultura, usos industriais, reúsos municipais potáveis e não potáveis. Embora tenham sugerido processos de tratamento para reúso potável, reconheceram incertezas quanto à prática, concluindo que as recomendações de potabilidade eram totalmente inadequados para determinação da segurança no consumo de água de reúso para fins potáveis e que os efeitos agudos e crônicos devido aos elementos químicos demandariam a realização de pesquisas.
- Em 1985 foi realizada nova reunião na Suíça, tendo sido publicado o Relatório Engelberg com o objetivo de discutir os riscos para a saúde decorrentes da irrigação com águas residuárias, tendo sido concluído que são mínimos os riscos para a saúde desse tipo de irrigação, e que

as diretrizes bacteriológicas vigentes eram injustificadamente restritivas.

- Em relatório publicado pela OMS em 1989, as novas orientações reafirmaram as recomendações do Relatório Engelberg. As recomendações feitas foram baseadas na conclusão de que os riscos à saúde humana nos países em desenvolvimento são devidos a doenças provocadas por helmintos, sendo necessária alta remoção de helmintos para o reúso seguro da água na agricultura e na aquicultura. Nessas orientações, a OMS reconhece as lagoas de estabilização de esgotos como método interessante em climas quentes, principalmente onde há disponibilidade de terra a um custo razoável. A qualidade microbiológica pode ser alcançada através de lagoas em série.

Quanto aos critérios de utilização de água de reúso, a ABNT (1997) através da norma NBR 13969:1997 classifica e dá valores de parâmetros para esgotos domésticos ou similares, conforme o reúso (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Critérios de Utilização de Água de Reúso - continua

		Classificação			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Reúso		-lavagem de carros; -contato direto do usuário com água; -aspiração de aerossóis	-lavagem de pisos e calçadas; -irrigação dos jardins; -manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	-descarga de vasos sanitários	-reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual
Parâmetros		-Turbidez < 5; -coli fecal < 200 NMP/100mL; -SDT < 200 mg/L; -pH entre 6 e 8; -cloro residual entre 0,5 e 1,5 mg/L.	-Turbidez < 5; -coli fecal < 500 NMP/100 mL; -cloro residual > 0,5 mg/L	-Turbidez < 10; -coli fecal < 500 NMP/100 mL	-Coli fecal < 5000 NMP/100 mL; -OD > 2,0 mg/L

Tabela 3.2 – Critérios de Utilização de Água de Reúso – conclusão

	Classificação			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Tratamento Necessário	-tratamento aeróbio seguido por filtração convencional e cloração. -Pode substituir filtração convencional por membrana filtrante	-tratamento biológico seguido de filtração de areia e desinfecção. -Pode substituir filtração por membrana filtrante	-tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção	-não tem necessidade de tratamento. -as aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita

Fonte: ABNT, 1997

Verifica-se que esta norma necessita ser revisada, pois não trata de outros tipos de reúso, como por exemplo, o reúso industrial, na construção civil, recarga de aquíferos e potável indireto, conforme a EPA (2004) aborda e é apresentada a seguir.

Em publicação da EPA (2004), foi criado um manual de reúso de água, onde são sugeridas diretrizes para o desenvolvimento de um programa de reúso com base em experiências de vários estados norte americanos, visto que ainda não existe regulamentação federal própria para essa prática. São os seguintes estados que já possuem regulamentações e diretrizes a respeito: Arizona, Califórnia, Colorado, Flórida, Geórgia, Havaí, Massachusetts, Nevada, Nova Jérsei, Novo México, Carolina do Norte, Ohio, Oregon, Texas, Utah, Washington e Wyoming. O objetivo desses Estados é aproveitar ao máximo a água de reúso e ao mesmo tempo proteger o meio ambiente e a saúde pública.

Essas diretrizes apresentam possibilidades de processos de tratamento de efluentes, qualidade da água recuperada, monitoramento e distâncias de segurança a serem mantidas dos vários tipos de água de reúso, sendo as diretrizes apresentadas nas seguintes categorias: reúso urbano, área restrita para irrigação, reúso agrícola (plantio para consumo humano), reúso agrícola (plantio para o consumo não humano), locais para recreação, locais paisagísticos, usos na construção civil, reúso industrial, reúso ambiental, recarga de aquífero e reúso potável indireto, conforme apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Sugestão de Diretrizes para Água de Reúso (EPA) - continua

Tipo de Reúso	Tratamento	Qualidade Água Recuperada	Monitoramento da Água Recuperada	Distância de Segurança	Comentários
Reúso Urbano (irrigação de parques e cemitérios, lavagem de veículos, descarga de sanitários, sistema de incêndio, ar condicionado)	-Secundário -Filtração -Desinfecção	-pH entre 6 e 9 -DBO $\leq$ 10 mg/L -Turbidez $\leq$ 2 NTU -Zero coliformes termotolerantes por 100 mL -Cloro residual mínimo 1 mg/L	-pH semanal -DBO semanal -Turbidez contínuo -Coliformes diário -Cloro residual contínuo	15 m do poço de abastecimento de água potável caso o fundo não seja selado	-Necessário descloração para proteção das espécies aquáticas. -Água recuperada não deve irritar olhos e pele, deve ser limpa e inodora. -Remover nutrientes para evitar crescimento de algas. -Aplicar coagulante e/ou polímero para melhorar qualidade. -Não apresentar patógenos viáveis. -Pescados devem ser comestíveis.
Área restrita para irrigação (pastagens, silviculturas, áreas de acesso proibido ao público)	-Secundário -Desinfecção	-pH entre 6 e 9 -DBO $\leq$ 30 mg/L -SST $\leq$ 30 mg/L - $\leq$ 200 coliformes termotolerantes por 100 mL - Cloro residual mínimo 1 mg/L	-pH semanal -DBO semanal -SST diário -Coliformes diário -Cloro residual contínuo	-90 m do poço de abastecimento de água potável -30 m de área de acesso ao público (se irrigação por aspersão)	-Se irrigação por aspersão, será necessário SST menor que 30 mg/L para evitar obstrução dos "sprinklers"
Reúso Agrícola – plantio para o consumo humano (sem processamento)	-Secundário -Filtração -Desinfecção	-pH entre 6 e 9 -DBO $\leq$ 10 mg/L -Turbidez $\leq$ 2 NTU -Zero coliformes termotolerantes por 100 mL -Cloro residual mínimo 1 mg/L	-pH semanal -DBO semanal -Turbidez contínuo -Coliformes diário -Cloro residual contínuo	15 m do poço de abastecimento de água potável	-Aplicar coagulante e/ou polímero para melhorar qualidade. -Não apresentar patógenos viáveis.
Reúso Agrícola – plantio para o consumo humano (processados)	-Secundário -Desinfecção	-pH entre 6 e 9 -DBO $\leq$ 30 mg/L -SST $\leq$ 30 mg/L - $\leq$ 200 coliformes termotolerantes por 100 mL - Cloro residual mínimo 1 mg/L	-pH semanal -DBO semanal -SST diário -Coliformes diário -Cloro residual contínuo	-90 m do poço de abastecimento de água potável -30 m de área de acesso ao público (se irrigação por aspersão)	-Se irrigação por aspersão, será necessário SST menor que 30 mg/L para evitar obstrução dos "sprinklers"
Reúso Agrícola – plantio para o consumo não humano (pastagens para gado leiteiro, capim, fibras, sementes)	-Secundário -Desinfecção	-pH entre 6 e 9 -DBO $\leq$ 30 mg/L -SST $\leq$ 30 mg/L - $\leq$ 200 coliformes termotolerantes por 100 mL - Cloro residual mínimo 1 mg/L	-pH semanal -DBO semanal -SST diário -Coliformes diário -Cloro residual contínuo	-90 m do poço de abastecimento de água potável -30 m de área de acesso ao público (se irrigação por aspersão)	-Se irrigação por aspersão, será necessário SST menor que 30 mg/L para evitar obstrução dos "sprinklers"

Tabela 3.3 – Sugestão de Diretrizes para Água de Reúso (EPA) – continuação

Tipo de Reúso	Tratamento	Qualidade Água Recuperada	Monitoramento da Água Recuperada	Distância de Segurança	Comentários
Locais para recreação (pesca, navegação, natação)	-Secundário -Filtração -Desinfecção	-pH entre 6 e 9 -DBO $\leq$ 10 mg/L -Turbidez $\leq$ 2 NTU -Zero coliformes termotolerantes por 100 mL -Cloro residual mínimo 1 mg/L	-pH semanal -DBO semanal -Turbidez contínuo -Coliformes diário -Cloro residual contínuo	15 m do poço de abastecimento de água potável caso o fundo não seja selado	-Necessário descloração para proteção das espécies aquáticas. -Água recuperada não deve irritar olhos e pele, deve ser limpa e inodora. -Remover nutrientes para evitar crescimento de algas. -Aplicar coagulante e/ou polímero para melhorar qualidade. -Não apresentar patógenos viáveis. -Pescados devem ser comestíveis.
Locais Paisagísticos (não é permitido o contato humano com a água)	-Secundário -Desinfecção	-DBO $\leq$ 30 mg/L -SST $\leq$ 30 mg/L - $\leq$ 200 coliformes termotolerantes por 100 mL - Cloro residual mínimo 1 mg/L	-DBO semanal -SST diário -Coliformes diário -Cloro residual contínuo	15 m do poço de abastecimento de água potável caso o fundo não seja selado	-Necessário descloração para proteção das espécies aquáticas. -Remover nutrientes para evitar crescimento de algas.
Usos na construção civil (compactação de solo, controle de poeira, lavagem de agregados, produção de concreto)	-Secundário -Desinfecção	-DBO $\leq$ 30 mg/L -SST $\leq$ 30 mg/L - $\leq$ 200 coliformes termotolerantes por 100 mL - Cloro residual mínimo 1 mg/L	-DBO semanal -SST diário -Coliformes diário -Cloro residual contínuo		-Contato do operário com a água deve ser minimizado. -Aumentar nível de desinfecção quando contato frequente do operário com a água.
Reúso Industrial (resfriamento de uma passagem)	-Secundário -Desinfecção	-pH entre 6 e 9 -DBO $\leq$ 30 mg/L -SST $\leq$ 30 mg/L - $\leq$ 200 coliformes termotolerantes por 100 mL - Cloro residual mínimo 1 mg/L	-pH semanal -DBO semanal -SST diário -Coliformes diário -Cloro residual contínuo	-90 m da área de acesso ao público	-Gotas de aspersão não devem alcançar locais de acesso de operários.
Reúso Industrial (torres de resfriamento)	-Secundário -Desinfecção -Coagulação química e filtração podem ser necessárias	-Variáveis dependem da taxa de recirculação -pH entre 6 e 9 -DBO $\leq$ 30 mg/L -SST $\leq$ 30 mg/L - $\leq$ 200 coliformes termotolerantes por 100 mL - Cloro residual mínimo 1 mg/L	-pH semanal -DBO semanal -SST diário -Coliformes diário -Cloro residual contínuo	-90 m da área de acesso ao público (pode ser reduzido ou eliminado se houver alto grau de desinfecção)	-Gotas de aspersão não devem alcançar locais de acesso de operários. -Tratamento adicional para evitar incrustação, corrosão, crescimento biológico e espumas.

Tabela 3.3 – Sugestão de Diretrizes para Água de Reúso (EPA) – conclusão

Tipo de Reúso	Tratamento	Qualidade Água Recuperada	Monitoramento da Água Recuperada	Distância de Segurança	Comentários
Reúso Ambiental (wetlands, pântanos, habitats selvagens, acréscimo de vazão em rios)	-Variável -Secundário e desinfecção	-Variável, mas sem exceder: -DBO $\leq$ 30 mg/L -SST $\leq$ 30 mg/L - $\leq$ 200 coliformes termotolerantes por 100 mL	-DBO semanal -SST diário -Coliformes diário -Cloro residual contínuo		-Necessário descloração para proteção das espécies aquáticas. -Possíveis efeitos no aquífero devem ser avaliados. -A temperatura da água recuperada não pode afetar o ecossistema.
Recarga de Aquíferos (infiltração ou injeção de água em aquífero para uso não potável)	-Variável -Primário (mínimo para infiltração) -Secundário (mínimo para injeção)	-Variável	-Variável	-Variável	-Garantir que a água recuperada não atingirá aquífero de água potável. -Para infiltração, pode ser necessário tratamento secundário para evitar obstrução. -Para injeção, pode ser necessário filtração e desinfecção para evitar obstrução.
Reúso Potável Indireto (recarga de aquífero potável por infiltração)	-Secundário -Desinfecção -Filtração ou tratamento avançado	-padrão de potabilidade	-padrão de potabilidade	-150 m do poço de extração.	-Tempo de retenção mínimo de 6 meses. -Tratamento depende das características do solo local. -Instalação de poços de monitoramento.
Reúso Potável Indireto (recarga de aquífero potável por injeção)	-Secundário -Filtração -Desinfecção -Tratamento avançado	-padrão de potabilidade	-padrão de potabilidade	-600 m do poço de extração.	-Tempo de retenção mínimo de 9 meses. -Instalação de poços de monitoramento. -Tempo contato maior para desinfecção cloro.
Reúso Potável Indireto (incremento de vazão no manancial superficial)	-Secundário -Filtração -Desinfecção -Tratamento avançado	-padrão de potabilidade	-padrão de potabilidade	-Variável	-Nível de tratamento depende da qualidade do corpo receptor, tempo e distância desse, fator de diluição. -Água recuperada não pode apresentar patógenos viáveis. -Tempo de contato maior para desinfecção cloro ou residual de cloro maior.

Ainda no manual da EPA (2004), é apresentado um resumo dos parâmetros de qualidade conforme sua significância nos sistemas de reúso de água, apresentando também os parâmetros do efluente secundário e da água recuperada (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 – Resumo dos Parâmetros de Qualidade de Água de Interesse para Reúso (EPA)

Parâmetro	Significância para Reúso	Valores no Efluente Secundário	Valores para Água Recuperada
Sólidos Suspensos	-Pode ser associado à contaminação microbiana.	5 mg/L a 50 mg/L	< 5 mg SS/L a 30 mg SS/L
Turbidez	-Pode interferir na desinfecção. -Obstrução em sistemas de irrigação. -Deposição.	1 NTU a 30 NTU	< 0,1 NTU a 30 NTU
DBO ₅	-Substrato orgânico para crescimento microbiano.	10 mg/L a 30 mg/L	< 10 mg DBO/L a 45 mg DBO/L
DQO	-Pode favorecer novo crescimento bacteriano no sistema de distribuição e "fouling" microbiano.	50 mg/l a 150 mg/L	< 20 mg DQO/L a 90 mgDQO/L
COT		5 mg/L a 20 mg/L	< 1 mg C/L a 10 mg C/L
Coliformes Totais	-Risco de infecção através da potencial presença de patógenos.	< 10 cfu/100 mL a 107 cfu/100 mL	< 1 cfu/100 mL a 200 cfu/100 mL
Coliformes Fecais	-Pode favorecer "biofouling" em sistemas de resfriamento.	< 1 a 106 cfu/100 mL	< 1 cfu/100 mL a 103 cfu/100 mL
Ovos Helminthos		< 1 / L a 10 / L	< 0,1 / L a 5 / L
Vírus		< 1 / L a 100 / L	< 1 / 50 L
Metais Pesados	Elementos específicos (Cd, Ni, Hg, Zn etc) são tóxicos para plantas e há limites máximos de concentração para irrigação.	-	< 0,001 mg Hg / L < 0,01 mg Cd / L < 0,1 mg Ni /L a 0,02 mg Ni /L
Inorgânicos	Alta salinidade e concentração de boro (> 1 mg/L) são prejudiciais para irrigação	-	> 450 mg SDT/L
Cloro residual	-Para prevenir crescimento bacteriano. -Excesso de cloro na forma livre (>0,05) pode danificar algumas plantações mais sensíveis.	-	0,5 mg Cl /L a > 1 mg Cl /L
Nitrogênio	-Fertilizantes por irrigação.	10 mg N/L a 30 mg N/L	< 1 mg N/L a 30 mg N/L
Fósforo	-Pode contribuir no crescimento de algas, corrosão e formação de incrustação.	0,1 mg P/L a 30 mg P/L	< 1 mg P/L a 20 mg P/L

Fonte: EPA, 2004

3.3.4. Técnicas de Tratamento de Água para Reúso

Conforme descrito no Manual publicado pela FIESP/CIESP (2004), a implantação de um programa de conservação e reúso de água varia em função do tipo de indústria. Assim, cada indústria deve identificar os maiores consumidores de água, para que a redução no consumo seja significativa. Na maioria das indústrias, as ações de intervenção serão basicamente:

- Modificações quanto ao uso da água em equipamentos e processos, com a incorporação de novas tecnologias e/ou procedimentos;
- Otimização dos processos de resfriamento;
- Reúso aplicado em diversos setores da planta industrial;
- Implantação de sistema de Gestão de Água.

O tipo de tratamento de água necessário é definido com base nas características do efluente disponível e dos requisitos de qualidade exigidos para o uso.

São vários os tipos de tratamento para a água como para os efluentes, indo de tecnologias mais simples até as mais complexas, podendo essas técnicas ser individuais ou em combinação com outras. Dentre as técnicas existentes no mercado, podem ser citadas (MIERZWA; HESPANHOL, 1999):

- Filtração;
- Adsorção em carvão ativado;
- Precipitação química, coagulação/floculação e sedimentação;
- Flotação;
- Tratamento biológico;
- Oxidação/redução química;
- Ozonização;
- Troca iônica;
- Tecnologias de separação por membranas (ultrafiltração, osmose reversa, eletrodialise e pervaporação);
- Extração por solventes;
- Evaporação;
- Incineração de líquidos;

- Imobilização; e
- Outras.

Segundo FIESP/CIESP (2004), para determinados contaminantes presentes na água há tecnologias apropriadas para sua remoção, conforme mostra a Tabela 3.5. Os efluentes industriais ou domésticos têm suas características determinadas em função do ramo de atividade da empresa, da capacidade de produção e do método de produção utilizado (FIESP/CIESP, 2004). O tratamento do efluente é determinado em função da característica e do uso a que se pretende dar ao efluente tratado, se para lançamento final ou reúso.

A Tabela 3.6 apresenta algumas tecnologias disponíveis para tratamento de efluentes e a sua eficiência para redução de alguns contaminantes.

Um exemplo pode ser dado para o efluente de torres de resfriamento que contém muitas partículas, colóides, microorganismos e sais, especialmente alta concentração de alguns íons como Ca_2^+ , Mg_2^+ , CO_3^{2-} e HCO_3^- , que impossibilitam o reúso direto desse efluente. O tratamento convencional (coagulação, sedimentação e filtração) pode remover sólidos suspensos (SS), alguns colóides e microorganismos, mas essa água não pode ser reutilizada devido à alta concentração de sais, que pode causar depósitos ou precipitados em sistemas de reúso. Dessa forma, torna-se necessário a dessalinização do efluente das torres de resfriamento. Como alternativa de dessalinização, existem as seguintes tecnologias: osmose reversa (OR) e nanofiltração (NF), sendo interessante a utilização dessas em conjunto com outras técnicas ou interação entre elas mesmas (WANG et al., 2006).

Crook (1993) apresenta para a água de resfriamento, como sendo necessário no mínimo o tratamento secundário, sendo preferível o tratamento terciário, incluindo filtração e desinfecção. Para sistemas com recirculação dessa água, as indústrias costumam incluir as tecnologias citadas na Tabela 3.7.

Tabela 3.5 – Principais Categorias de Contaminantes Presentes na Água e Tecnologias para sua Remoção

Técnica de Tratamento	Classes de Compostos					
	Sólidos Dissolvidos Ionizáveis	Gases Dissolvidos Ionizáveis	Compostos Orgânicos Dissolvidos	Particulados	Bactérias e Vírus	Endotoxinas
Evaporação	E / B ^a	NE	B	E	E	E
Deionização, Eletrodiálise e Eletrodeionização	E	E	NE	NE	NE	NE
Osmose Reversa	B ^b	NE	B	E	E	E
Carvão Ativado	NE	NE ^c	E / B ^d	NE	NE	NE
Desinfecção com radiação ultravioleta	NE	NE	NE ^e	NE	B ^f	NE
Filtração em meio granular ou poroso	NE	NE	NE	E	NE	NE
Microfiltração	NE	NE	NE	E	NE	NE
Ultrafiltração	NE	NE	NE	E	E	NE
Oxidação ou Redução Química ^{g,h}	B	B	B	NE	B	E ⁱ
Abrandamento	B ^j	NE	NE	B	NE	NE
Coagulação, floculação e sedimentação	NE	NE	NE	E	NE	NE

Fonte: FIESP/CIESP, 2004

E = Eficaz (Remoção completa ou quase total)

B = Bom (Remoção de grandes porcentagens)

NE = Não eficaz (Baixa remoção ou ineficaz)

^a a resistividade da água produzida por destilação é menor que aquela obtida pelo processo de deionização, principalmente devido à presença de CO₂;

^b a concentração residual de sólidos dissolvidos ionizáveis depende da concentração na água de alimentação.

^c o carvão ativado irá remover cloro residual;

^d alguns tipos de carvão apresentam capacidade para remover traços de compostos orgânicos;

^e alguns sistemas por radiação ultravioleta são especificamente projetados para a remoção de compostos orgânicos;

^f os sistemas de radiação por ultravioleta, embora não removam fisicamente as bactérias e vírus, apresentam capacidade para a inativação de vários microorganismos;

^g uso de variados agentes químicos;

^h pode transformar o contaminante em uma espécie menos tóxica;

ⁱ através do uso de agentes oxidantes específicos;

^j possibilita a remoção de íons responsáveis pela dureza da água.

Tabela 3.6 – Tecnologias para Tratamento de Efluentes e Campo de Aplicação

Variáveis	Técnicas de Tratamento							
	Tratam. Primário	Lodos Ativados	Nitrificaç.	Desnitrific.	Filtro Biológico	Biodisco	Coagulaç. Floculação Sediment.	Stripping da amônia
DBO	B	E	E	NE	E	E	E	NE
DQO	B	E	E	NE	E		E	NE
SST	E	E	E	NE	E	E	E	NE
NH ₃ -N	NE	E	E	B		E	NE	E
NO ₃ -N				E			NE	NE
Fósforo	NE	B	E	E			E	NE
Alcalinidade		B					B	NE
Óleos e Graxas	E	E	E				B	NE
Coli Total		E	E		NE		E	NE
Arsênio	B	B	B				B	NE
Bário		B	NE				B	NE
Cádmio	B	E	E		NE	B	E	NE
Cromo	B	E	E		NE	E	E	NE
Cobre	B	E	E		E	E	E	NE
Flúor							B	NE
Ferro	B	E	E		B	E	E	NE
Chumbo	E	E	E		B	E	E	NE
Manganês	NE	B	B		NE		B	NE
Mercúrio	NE	NE	NE		NE	E	NE	NE
Selênio	NE	NE	NE				NE	NE
Prata	E	E	E		B		E	NE
Zinco	B	B	E		E	E	E	NE
Cor	NE	B	B		NE		E	
Substâncias Tensoativas	B	E	E		E		B	
Turbidez	B	E	E	NE	B		E	
COT	B	E	E	NE	B		E	NE

Fonte: FIESP/CIESP, 2004

E = Eficaz (Remoção completa ou quase total).

B = Bom (Remoção de grandes porcentagens).

NE = Não eficaz (Baixa remoção ou ineficaz).

As células em branco denotam insuficiência de dados, resultados não conclusivos ou aumento da concentração.

Ainda, segundo Crook (1993), na prática é comum para torres de resfriamento um aumento das concentrações dos constituintes da água variando de cinco a oito vezes no efluente da purga do sistema em relação à água de reposição no sistema.

Os principais problemas no sistema de resfriamento são crescimento biológico, formação de depósitos, incrustação e corrosão nos componentes do sistema.

Tabela 3.7 – Tecnologias para Tratamento de Água em Sistemas com Recirculação de Água de Resfriamento

Variáveis	Técnicas de Tratamento
Remoção de nutrientes	Clarificação com cal ou precipitação com sulfato de alumínio
Remoção de dureza	Troca iônica
Controle de pH e alcalinidade	Ácido sulfúrico
Controle de corrosão	Polifosfatos
Desestabilização	Fosfanatos ou fosfatos de cálcio
Dispersão de sólidos em suspensão	Poliacrilatos
Controle biológico	Cloro
Dispersão de espumas causadas pelos fosfatos e alguns compostos orgânicos	Agentes antiespumantes

Fonte: adaptado de CROOK, 1993

Em publicação de Tomaz (sem data), é citado trabalho realizado pela *J. M. Montgomery Consulting Engineers* - “*Water Treatment Principles and Design*”, onde são apresentados os parâmetros de qualidade requeridos para a água de resfriamento, conforme mostrado na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Qualidade da Água para Resfriamento - continua

Características	Qualidade da Água para Resfriamento (mg/L)			
	Sistema com passagem única		Sistema com recirculação	
	Água Doce	Água Salobra	Água Doce	Água Salobra
Sílica	50	25	50	25
Alumínio	-	-	0,1	-
Ferro	-	-	0,5	-
Manganês	-	-	0,5	-
Cobre	-	-	-	-
Cálcio	200	420	50	420

Tabela 3.8 – Qualidade da Água para Resfriamento - conclusão

Características	Qualidade da Água para Resfriamento (mg/L)			
	Sistema com passagem única		Sistema com recirculação	
	Água Doce	Água Salobra	Água Doce	Água Salobra
Magnésio	-	-	-	-
Sódio e Potássio	-	-	-	-
Amônia	-	-	-	-
Bicarbonato	600	-	25	-
Sulfato	680	2700	200	2700
Cloreto	600	-	50010	-
Fluoreto	600	19000	500	19000
Nitrato	-	-	-	-
Fosfato	-	-	-	-
Sólidos Dissolvidos	1000	35000	500	35000
Sólidos Suspensos	5000	2500	100	2500
Dureza	850	6250	130	6250
Alcalinidade	500	115	20	115
pH	5,0-8,3	-	-	-
Cor	-	-	-	-
Orgânico				
MBAS ^a	-	-	1	-
Solvente CCl ₄	-	-	1	-
COD	75	75	75	75
Oxigênio Dissolvido	-	-	-	-
Temperatura (°C)	37,38	48,89	37,78	48,89
Turbidez (JTU)	5000	100	-	-

Fonte: TOMAZ, sem data

^a Substâncias ativas ao azul de metileno

Para Crook (1993), a alimentação de caldeiras com água de reúso requer um rigoroso tratamento adicional, não sendo recomendado esse tipo de reúso, conforme mostra a Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Principais Problemas com Água de Reúso para Alimentação de Caldeiras

Variáveis	Principais Problemas
Sais de cálcio e magnésio	Incrustações e depósitos em aquecedores, devendo a água ser tratada para eliminar a dureza
Alcalinidade excessiva	Formação de espumas, resultando em depósitos nos aquecedores, trocadores de calor e em unidades de turbina
Sílica e alumínia	Formação de crosta dura nas superfícies dos trocadores de calor
Elevadas concentrações de potássio e sódio	Formação de espumas excessivas nos aquecedores

Fonte: adaptado de CROOK, 1993

Ainda na publicação de Tomaz (sem data), são apresentadas as qualidades de água requerida para alimentação de caldeiras conforme mostrado na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 – Qualidade da Água para Alimentação de Caldeiras - continua

Características	Qualidade da Água para Pressão na Caldeira (mg/L)			
	0 a 150 psi ou 0 a 103,44 (N/cm ²)	150 a 700 psi ou 103,44 a 482,72 (N/cm ²)	700 a 1500 psi ou 482,72 a 1034,4 (N/cm ²)	1500 a 5000 psi ou 1034,4 a 3448 (N/cm ²)
Sílica	30	10	1,0	0,01
Alumínio	5	0,1	0,01	0,01
Ferro	1	0,3	0,05	0,01
Manganês	0,3	0,01	0,01	-
Cobre	0,5	0,05	0,05	0,01
Cálcio	-	0	0	-
Magnésio	-	0	0	-
Sódio e Potássio	-	-	-	-
Amônia	0,1	0,1	0,1	0,7
Bicarbonato	170	120	50	-
Sulfato	-	-	-	-
Cloreto	-	-	-	-
Flúor	-	-	-	-
Nitrato	-	-	-	-
Fosfato	-	-	-	-

Tabela 3.10 – Qualidade da Água para Alimentação de Caldeiras - continuação

Características	Qualidade da Água para Pressão na Caldeira (mg/L)			
	0 a 150 psi ou 0 a 103,44 (N/cm ²)	150 a 700 psi ou 103,44 a 482,72 (N/cm ²)	700 a 1500 psi ou 482,72 a 1034,4 (N/cm ²)	1500 a 5000 psi ou 1034,4 a 3448 (N/cm ²)
Sólidos Dissolvidos	700	500	200	0,5
Sólidos Suspensos	10	5	0	0
Dureza	20	1,0	0,1	0,07
Alcalinidade	140	100	40	0
pH	8,0-10,0	8,0-10,0	8,2-9,2	5,0-8,3
Cor	-	-	-	-
Orgânico				
MBAS ^a	-	-	-	-
Solvente CCl ₄	-	-	-	-
COD	5	5	5	0
Oxigênio Dissolvido	<0,03	<0,03	<0,03	<0,005
Temperatura (°C)	48,89	48,89	48,89	37,78
Turbidez (JTU)	10	5	0,5	0,05

Fonte: TOMAZ, sem data

^a Substâncias ativas ao azul de metileno

3.3.5. Aspectos Positivos dos Programas de Conservação e de Reúso de Água

A implantação de um programa de conservação e reúso de água traz uma imagem positiva da empresa, demonstrando a conscientização em relação à preservação ambiental e responsabilidade social, além de trazer benefícios econômicos, como maior competitividade no mercado. Para Miller (2006), essa prática é uma solução viável de longo prazo para a crescente demanda por água tanto no setor municipal, industrial como o setor agrícola. Assim, segundo CIESP/FIESP (2004), os principais benefícios esperados são:

- Economia devido à redução do consumo de água;
- Economia devido à redução dos efluentes gerados;

- Conseqüente economia de outros insumos como energia e produtos químicos;
- Redução de custos operacionais e de manutenção dos sistemas hidráulicos e de equipamentos;
- Aumento da disponibilidade de água;
- Agregação de valor aos produtos;
- Minimização dos impactos da cobrança pelo uso da água;
- Complementação às ações de responsabilidade social da empresa.

Os benefícios citados anteriormente resultam dos seguintes fatores:

- Aumento do valor agregado dos produtos;
- Redução dos custos quanto à captação, abastecimento e tratamento de água, e também dos efluentes gerados, reduzindo custos relativos à cobrança pelo uso da água e do efluente lançado no corpo receptor;
- Redução dos custos de manutenção corretiva, uma vez que a implantação de uma gestão da água implica em estabelecer rotinas de manutenção preventiva.

3.4. Conservação e Reúso da Água no Setor Industrial

A água é um elemento essencial para a manutenção da vida. Acreditava-se que a água era um bem ilimitado com alta capacidade de regeneração. Com o crescimento da população e das atividades industriais foi verificado que a crença era falsa e a quantidade de água é, na verdade, limitada, assim como a sua qualidade decai com o crescimento da população (BEECKMAN, 1998).

O conceito do termo escassez de água ou “*water stress*” foi postulado por Malin Falkenmark e citado por Beeckman (1998), com base na necessidade mínima de água per capita para manter uma qualidade de vida adequada em regiões com certo desenvolvimento em zonas áridas, onde foi estimado um consumo de água de 100 L/hab.dia como valor mínimo para garantir o asseio da casa e manter um nível de

saúde aceitável. Em países desenvolvidos, esse valor sobe de cinco a vinte vezes devido às atividades econômicas serem maiores.

Como se pode verificar no Brasil, os pólos industriais estão localizados nas regiões com elevado grau de urbanização e as indústrias têm sido obrigadas a reduzir o consumo de água e procurar novas fontes de abastecimento, além de implantar sistemas fechados de utilização de água. As indústrias que necessitam de qualidade de água não potável têm maior potencial para o reaproveitamento nos diversos processos (CIESP/FIESP, 2004).

Devido aos custos elevados da água industrial e das crescentes demandas por água, as indústrias têm visto como alternativa, seu uso racional, além da possibilidade de recirculação de água ou até mesmo o seu reúso. Elas também têm procurado minimizar os custos com o efluente que é despejado em corpos receptores ou sistemas de esgotamento sanitário público. Os principais motivos para a redução desses custos são (MCINTYRE, 1998):

- O custo da água potável;
- O custo do tratamento adicional para atender aos limites de lançamento;
- Disponibilidade hídrica;
- Consciência ambiental e social.

Antes de pensar em reúso na indústria, devem ser implantadas medidas para otimizar o consumo e redução de perdas e desperdícios, além de conscientização e treinamento dos funcionários.

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), para iniciar um programa de otimização de consumo de água em uma indústria, é recomendado realizar as seguintes atividades:

- Avaliação dos processos industriais com base em dados de literatura. Embora importante, as informações disponíveis em literatura geralmente referem aos processos industriais de outros países com realidades diferentes, como desenvolvimento técnico e operacional, restrições de ordem legal e econômica e escassez de recursos naturais. Esses dados servem como parâmetro para comparar com dados reais;

- Avaliação dos processos industriais com base em documentos da própria indústria como fluxogramas, documentos descritivos, rotinas operacionais. Essa etapa é uma das formas mais eficientes para obtenção do consumo e qualidade da água e do efluente. Além dos documentos, é importante a coleta de dados junto ao corpo técnico, pois a partir de operações secundárias como fornecimento de vapor para aquecimento ou resfriamento pode se obter informações importantes. Quanto melhor a compreensão das atividades, mais fácil estabelecer uma relação entre a atividade de produção e o consumo de água e geração de efluente;
- Visitas de campo para confirmar os dados obtidos na indústria e identificar possíveis alterações. São importantes para confrontar as informações teóricas com a realidade, sendo aconselhável o acompanhamento de profissionais responsáveis das respectivas áreas, dando detalhes e esclarecendo dúvidas, além de fornecer informações úteis para criar estratégias de gerenciamento de águas e efluentes. Quando não existem informações sobre consumo de água e geração de efluentes, torna-se necessário a realização de medidas em campo e coleta de amostras de efluentes para sua caracterização.

Após a realização dessas etapas, as informações devem ser agrupadas e as demandas de água e geração de efluentes devem ser identificadas por categoria de uso para obter uma melhor compreensão do sistema, possibilitando realizar um balanço hídrico da unidade industrial.

Outros aspectos que devem ser observados para a redução do consumo de água e a geração de efluentes são (MIERZWA; HESPANHOL, 2005):

- Eliminação de desperdícios: o consumo excessivo de água pode ocorrer devido ao mau funcionamento ou uso inadequado de dispositivos, condições operacionais inadequadas, ausência de monitoramento no processo e cultura de abundância de água. Podem ocorrer desperdícios também por perdas através de vazamentos, falta de manutenção no sistema, uso de equipamentos que consomem muita água etc.

- Mudança de procedimentos operacionais: os procedimentos operacionais propostos inicialmente na sua implantação pertencem a uma realidade diferente quando comparado ao processo já operando há um determinado tempo. Assim, tornam-se necessárias alterações nos processos para que fiquem adequados às condições do dia-a-dia, não tornando obsoletos. Nesse processo devem ser incorporados avanços tecnológicos que sejam aliados aos problemas de escassez de recursos naturais, desde que viável técnica e economicamente.
- Treinamento de operadores: o fator humano é o mais difícil de se ter o controle, principalmente devido à questão cultural de cada indivíduo e os vícios de trabalho. Dessa forma, é importante a implementação de programa de treinamento e aperfeiçoamento e também a conscientização das pessoas envolvidas nos processos operacionais.
- Substituição de dispositivos e equipamentos: a substituição é importante principalmente em indústrias mais antigas, onde a probabilidade de existir equipamentos com consumo elevado de água é grande. No mercado há equipamentos e dispositivos com tecnologias mais avançadas que permitem um menor consumo de água.
- Alteração do método de produção: esse aspecto é o mais difícil de se implantar, pois a viabilidade de sua implantação depende do ramo de atividade da indústria, capacidade de produção, variedade de produtos, demanda de mercado e custo de implantação.

Após otimizar o consumo e redução de perdas e desperdícios, além da realização de conscientização e treinamento dos funcionários, a indústria pode partir para as opções de reúso de água. O valor típico obtido em um sistema de reúso está em torno de 30 a 40% de redução de consumo de água (BEECKMAN, 1998).

A recirculação de água industrial tomou corpo na década de 1970. Desde então, no Japão e na Alemanha Ocidental, o consumo de água industrial não tem crescido, mesmo com o aumento no número de indústrias. As indústrias siderúrgicas americanas que consumiam 280 toneladas de água para cada tonelada de aço fabricado, hoje utilizam apenas 14 toneladas de água, sendo o restante proveniente de recirculação (BEECKMAN, 1998).

Segundo Crook (1993), aproximadamente 75% de todo reúso industrial é destinado aos sistemas de refrigeração.

Na publicação da FIESP/CIESP (2004) são apresentados aspectos restritivos quanto ao reúso dos tipos macro externo e macro interno na indústria:

Reúso macro externo: utilização de água de reúso proveniente de estações de tratamento de efluentes de origem doméstica em sistemas de refrigeração. Para esse tipo de reúso deve-se considerar os seguintes fatores para verificar a viabilidade de sua implantação:

- Políticas e planos diretores de reúso das empresas concessionárias;
- Localização das estações de tratamento próxima aos pólos industriais;
- Implantação de infra-estrutura para abastecimento da água de reúso;
- Garantia e controle da qualidade;
- Garantia de cumprimento dos contratos firmados; e
- Regulamentação normativa e legal.

Reúso macro interno: deve-se ter consciência que a água de reúso não substitui completamente a necessidade de água de uma planta industrial, uma vez que há limitações de ordem técnica, operacional e ambiental que restringem sua utilização em sistema de circuito fechado. Esse tipo de reúso deve ser realizado após uma avaliação integrada do uso da água na indústria, devendo estar contemplada em um programa de conservação e reúso de água. Esse programa deve ser composto por um conjunto de ações específicas de racionalização do uso da água na unidade industrial, devendo ser detalhada a partir da realização de uma análise de demanda e oferta de água, em função dos usuários e atividades consumidoras, considerando a viabilidade técnica e econômica para a implantação das mesmas.

Os fatores determinantes para o tratamento de efluentes e seu reúso são citados por Asano (1991):

- Redução da poluição hídrica nos corpos receptores;
- Viabilidade de tratamentos avançados dos efluentes com várias possibilidades de usos;
- Possibilitar por longo tempo o suprimento seguro de água próximo às cidades;

- Demanda de água e controle da seca abordados nos planejamentos de recursos hídricos; e
- Política pública incentivando a conservação e o reúso de água.

3.4.1. Tipos de Uso e Reúso de Água no Setor Industrial

Na indústria, a água é utilizada em vários processos e também para a higiene pessoal dos funcionários. Conforme citado na publicação da FIESP/CIESP (2004), os usos da água podem ser para:

- Consumo humano: em ambientes sanitários, vestiários, cozinhas e refeitórios, bebedouros, equipamentos de segurança (lava-olhos, por exemplo);
- Matéria prima: água a ser incorporada ao produto final, ou para a obtenção de outros produtos;
- Uso como fluido auxiliar: água para preparo de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, veículo, ou para lavagem;
- Uso para geração de energia: água para transformação da energia cinética, potencial ou térmica em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica;
- Uso como fluido de aquecimento e/ou resfriamento: água como fluido de transporte de calor para remoção do calor de misturas reativas ou outros dispositivos que necessitem de resfriamento devido à geração de calor, ou então, devido às condições de operação estabelecidas, pois a elevação de temperatura pode comprometer o desempenho do sistema, bem como danificar algum equipamento;
- Outros usos: água para combate a incêndio, rega de áreas verdes ou incorporação em diversos subprodutos gerados nos processos industriais.

Hespanhol (2002) cita os usos industriais com possibilidade de aproveitamento de água de reúso:

- Torres de resfriamento como água de reposição;
- Caldeiras;
- Construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para compactação de solo;
- Irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de pisos e alguns tipos de peças, principalmente na indústria mecânica;
- Processos industriais.

Ainda, segundo Hespanhol (1997, 2002), um critério para estabelecer prioridades para usos que já possuem demanda imediata e que não exijam níveis elevados de tratamento é recomendável concentrar a fase inicial do programa de reúso industrial em torres de resfriamento. O efluente de esgotos domésticos tem sido utilizado como água de resfriamento em sistemas com e sem recirculação, e apesar de apresentar temperatura maior que a água natural, a oscilação na temperatura é menor.

Outra forma de aproveitamento da água de reúso é quanto à recarga de aquíferos, onde os objetivos são (CROOK, 1993):

- Evitar a intrusão de cunhas salinas no aquífero costeiro de água doce;
- Armazenar água de qualidade recuperada para uso futuro;
- Evitar a depleção dos níveis d'água do lençol subterrâneo;
- Controlar ou prevenir a ocorrência de recalques do solo; e
- Aumentar a reserva do aquífero potável ou não potável.

A recarga de aquíferos pode ser realizada por irrigação superficial, por injeção direta e por infiltração no solo, devendo o efluente tratado possuir determinadas características para que não ocorra carreamento de substâncias químicas para o subsolo, contaminando o lençol freático.

3.4.2. Uso e Reúso de Água na Indústria Alimentícia

Segundo a Portaria SVS/MS nº 326 de 1997, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, deve-se ter como princípio geral a manipulação de alimentos somente com água potável. “A água recirculada para ser reutilizada novamente dentro de um estabelecimento deve ser tratada e mantida em condições tais que seu uso não possa representar um risco para a saúde. O processo de tratamento deve ser mantido sob constante vigilância...”

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, através da Portaria SVS/MS nº 326 de 30 de julho de 1997, apresenta no Anexo I o regulamento de boas práticas de fabricação para o setor industrial alimentício, exigindo garantia de segurança à saúde pública.

Conforme a *Codex Alimentarius Commission* (FAO/WHO) (2001), a água de reúso pode ter contato primário com insumos comestíveis, ou não, e com o produto final comestível ou não. Ainda diz que essa água pode não ser usada somente para limpeza, transporte ou lavagem, como também ser incorporada ao produto. Para este último uso deve-se ter muito cuidado, pois pode haver risco de contaminação caso a água não tenha qualidade adequada para o devido fim. O tipo de uso é limitado em função da característica da água de reúso.

A prática de reúso potável em aplicação industrial requer cuidados especiais e legislação específica. Para o caso brasileiro, esse tipo de utilização ainda não é regulamentado e, devido a questões de segurança e à falta de estudos correlatos, não é recomendada no país.

É extenso o uso da água nas operações de processamento de alimentos. Deve-se garantir que a água reutilizada deva ser segura e adequada para o propósito intencionado.

Ainda, segundo a *Codex Alimentarius Commission* (FAO/WHO) (2001), o processamento de alimentos consiste em qualquer operação do processo de limpeza, separação ou empacotamento do alimento, incluindo a limpeza dos equipamentos e utilidades.

Uma das grandes dificuldades para adequar a qualidade da água de reúso aos requisitos exigidos é a caracterização da qualidade do efluente a ser tratado, pois há

incertezas em relação à presença, identificação e quantificação de substâncias que podem trazer algum risco à saúde pública.

Na Figura 3.4, é mostrado um gráfico com a distribuição do consumo de água em uma indústria alimentícia (DPPEA, 2004b). A partir de levantamentos desse tipo, é possível priorizar as áreas de foco para a implantação de práticas de conservação e de reúso de água.

Figura 3.4 – Balanço de Água em Indústria Alimentícia

3.5. Uso e Reúso de Água na Indústria de Processamento de Aves

3.5.1. Processamento de Frangos

Para a completa compreensão da necessidade da água, é descrita a seguir cada etapa do processo de abate de frangos em uma indústria avícola (FACTA, 1994), sendo essas: recepção, atordoamento, sangria, escaldagem, depenagem,

escaldagem dos pés e das cutículas, evisceração, lavagem final, resfriamento, gotejamento, embalagem, armazenamento e aproveitamento dos subprodutos.

Recepção: As aves são trazidas ao abatedouro através de caminhões dentro de gaiolas com capacidade para alojar entre 15 a 20 aves em média. As aves não devem permanecer por muito tempo na área de recepção, mas devido às flutuações que podem ocorrer no sistema de entrega, elas chegam a ficar no local de recepção por algumas horas. Assim, para minimizar a mortalidade, essas áreas são providas de ventiladores e chuveiros. As aves doentes ou mortas são separadas para a produção de farinha, juntamente com outros subprodutos. No final do processo, a área é lavada e a água de lavagem é encaminhada para o sistema de esgotos.

Atordoamento: Na área de recepção, as aves são presas pelos pés no transportador aéreo para o atordoamento. Esse processo consiste na aplicação de choque elétrico (70 V) na região da cabeça, imobilizando a ave e facilitando o relaxamento muscular, permitindo a extração de maior quantidade de sangue. O atordoador comumente utilizado contém um líquido, geralmente salmoura, para transmitir uma corrente elétrica até a cabeça das aves suspensas na nória.

Sangria: As aves são sangradas através do seccionamento da veia jugular, e passam por um túnel onde o sangue é coletado em canaletas e conduzido a recipientes coletores. Geralmente o sangue é encaminhado às instalações de fabricação de farinha, mas também pode ser lançado no sistema de esgotos. Terminado o abate, a área é lavada e a água da lavagem é encaminhada ao sistema de esgotos.

Escaldagem: Após a sangria, as aves são imersas em um tanque com água quente. Essa etapa pode ser considerada como a primeira operação de lavagem das aves, para remover impurezas e o sangue da superfície externa e, principalmente, facilitar a retirada das penas. A temperatura da água varia de 55 a 60 °C, durante 90 a 120 segundos. A água é mantida à temperatura desejável pela adição contínua de água quente, o que resulta num efluente líquido contínuo desta área.

Depenagem: Esta operação consome grande quantidade de água. A depenagem é realizada mecanicamente em máquinas depenadeiras em série, com alimentação

contínua de água fria através de chuveiros, com vazão constante por todo o período de abate. As penas removidas caem numa canaleta no piso e são transportadas para fora da indústria pela água dos chuveiros. As penas são recolhidas na saída da canaleta, armazenadas e enviadas para a fabricação de ração. As águas de transporte de penas podem e devem ser recirculadas para injeção na canaleta, diminuindo consideravelmente a vazão dos efluentes finais.

Escaldagem de Pés e Remoção de Cutículas: Após a depenagem, as aves são transferidas para outro transportador, onde são presas pela cabeça, ficando os pés livres para serem escaldados. A escaldagem é realizada através da imersão dos pés em um tanque com água quente, 80 °C, para o amolecimento da membrana dos pés, que são removidas através de máquinas semelhantes às depenadeiras.

Evisceração e Lavagem Final: Após a limpeza externa, procede-se à evisceração, que consiste, basicamente, das seguintes operações:

- Abertura do abdome;
- Exposição das vísceras;
- Retirada das vísceras abdominais;
- Retirada dos pulmões; e
- Separação dos miúdos.

Os pulmões são lançados em um tanque fechado, onde são armazenados sob pressão. Nessa fase, ocorre separação da água, que é retirada por vácuo e encaminhada para o esgoto. No final do abate, o tanque é aberto e os pulmões são posteriormente utilizados na fabricação de ração, o mesmo ocorrendo com as vísceras não comestíveis. A moela recebe lavagem contínua. Os miúdos são selecionados e encaminhados a um tanque aberto de água com gelo a 4°C, para resfriamento. A carcaça limpa recebe uma lavagem final, com vazão contínua através de esguichos e é encaminhada para o resfriamento.

Resfriamento: Após a evisceração, as carcaças desligam-se dos ganchos transportadores caindo em um tanque aberto com água à temperatura ambiente onde é feito o pré-resfriamento. As carcaças são transportadas através de esteira e

o tanque aberto é descarregado após cada período de abate. Esse tanque é chamado de *Pré-Chiller*. Na sequência, as carcaças passam para outro tanque (*Chiller*) para terminar o resfriamento. A temperatura da água no tanque permanece a 4 °C, através da adição de gelo em escamas. Após esta operação, a água é removida das carcaças. O tempo de permanência do frango no *Chiller* é de aproximadamente 30 minutos.

Gotejamento: Após o resfriamento, as aves são presas no terceiro transportador, onde durante certo tempo percorrerão determinado percurso para remoção do excesso de água. Ao final, as carcaças são removidas do transportador para uma mesa de aço inoxidável onde as vísceras comestíveis e os pés pré-resfriados serão anexados a elas para posterior embalagem em sacos plásticos. As aves ainda poderão ser enviadas para corte e embalagem. A água da “área limpa” é recolhida em canaletas secundárias ligadas a uma principal e é encaminhada ao separador de vísceras. Os sistemas de recuperação das vísceras são os mesmos descritos para a recuperação de penas.

Embalagem e Armazenamento: Após o resfriamento, as carcaças são pesadas e embaladas e encaminhadas para câmaras frias, aguardando expedição.

Aproveitamento de Subprodutos: As instalações para aproveitamento de subprodutos são constituídas basicamente de autoclaves e digestores. As vísceras separadas são enviadas para a autoclave onde é extraído o óleo. A água separada é encaminhada para o sistema de esgotos. Após extrair o óleo, as vísceras são encaminhadas juntamente com as penas e sangue aos digestores para a fabricação de farinha. A extração do óleo na autoclave e o cozimento no digestor são realizados com introdução de vapor (indireto). Após o cozimento, a farinha é secada, moída e embalada para comercialização.

A área de processamento é dividida da seguinte forma:

- Área Suja: envolve as etapas de escaldagem, depenagem e remoção de cutículas.
- Área Limpa: são as demais etapas do processo.

Ainda, segundo a publicação da FACTA (1994), os principais locais com geração de efluentes líquidos em um abatedouro de aves são a área de recepção, área suja (sangria, escaldagem, depenagem e remoção de cutículas) e área limpa (evisceração, resfriamento e gotejamento) e da graxaria, conforme mostra a Tabela 3.11. Deve ser somado a esses, a operação de limpeza e sanitização dos equipamentos que geram grande quantidade de efluentes.

Na Figura 3.5 é mostrado um fluxograma das etapas geralmente encontradas em um processo de abate de aves, conforme apresentado por FACTA (1994).

Tabela 3.11 – Efluentes líquidos gerados em matadouros de aves

Operação	Despejos
Recepção	Água de lavagem de pisos e paredes
Sangria	Água de lavagem de pisos e do túnel de sangria
Escaldagem	Água de extravasamento e drenagem dos tanques no fim do período de processamento
Depenagem	Água utilizada para o transporte de penas e lavagem de carcaça
Remoção de cutículas	Água de lavagem de pés
Evisceração	Água utilizada para o transporte de vísceras e lavagem de carcaça
Pré-resfriamento e resfriamento	Água de extravasamento e drenagem dos tanques no fim do período de processamento
Gotejamento	Água removida das carcaças
Limpeza e sanitização	Água da lavagem e sanitização dos equipamentos

Fonte: adaptado de FACTA (1994)

Figura 3.5 – Fluxograma do Processo de Abate de Aves

Fonte: FACTA (1994)

3.5.2. Aspectos Quantitativos e Qualitativos da Água

FIESP/CIESP (2004) cita dados internacionais de distribuição do consumo de água na indústria por tipo de atividade e a necessidade de água na indústria como um todo, sendo que os dados para o segmento de processamento de aves são apresentados na Tabela 3.12 e Tabela 3.13.

Tabela 3.12 – Distribuição do Consumo de Água na Indústria de Abatimento e Limpeza de Aves

Resfriamento	Processos e Atividades Afins	Uso Sanitário e Outros
12 %	77 %	12 %

Fonte: VAN Der LEEDEN; TROISE e TODD, 1990, *apud* FIESP/CIESP, 2004

Tabela 3.13 – Necessidade de Água na Indústria de Abatimento e Limpeza de Aves

Indústria/ Produto/ País	Unidade de Produção (tonelada, exceto onde especificado)	Necessidade de Água por Unidade de Produção (litros)
Aves, Canadá		6.000 – 43.000
Frangos, Israel	Tonelada de frango depenado	33.000
Frangos, Estados Unidos	Por ave	25
Perus, Estados Unidos	Por ave	75

Fonte: VAN Der LEEDEN; TROISE e TODD, 1990, *apud* FIESP/CIESP, 2004

Esse tipo de indústria com programa de redução do consumo de água consegue reduzir o custo de água e de esgoto entre 10 e 15 % por litro de água. A quantidade de água utilizada por ave é função do processo e depende do tamanho da ave, técnica de abate, método de limpeza da carcaça e do grau de automação. O consumo de água quente representa cerca da metade do total de água consumido, sendo utilizada em temperatura entre 40 e 60° C (ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY BEST PRACTICE PROGRAMME, 2000).

Na Tabela 3.14 é mostrado o consumo específico de água por ave e nas Figuras 3.6, 3.7 e 3.8 a distribuição de consumo no abate de perus, todos os dados retirados

da publicação ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY BEST PRACTICE PROGRAMME (2000).

Tabela 3.14 – Consumo Específico de Água por Ave

Consumo específico de água (L/ave)	Tipo de ave
8 – 15	Frango
40 – 60	Peru

Fonte: ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY BEST PRACTICE PROGRAMME, 2000

Figura 3.6 – Porcentagem de Água Utilizada no Processamento de Perus

Figura 3.7 – Consumo de Água Fria no Processamento de Perus (60% do consumo total)

Figura 3.8 – Consumo de Água Quente no Processamento de Perus (40% do consumo total)

Na publicação da EPA (2002), "*Development Document for the Proposed Effluent Limitations - Guidelines and Standards for the Meat and Poultry Products Industry - Point Source Category (40 CFR 432)*", é apresentado o consumo necessário de água para algumas unidades para abate e processamento de aves, baseado em dados da "*United States Department of Agriculture – USDA*":

Tabela 3.15 – Consumo de Água por Ave em Unidade de Processamento

Unidade de Produção	Volume de Água por Ave (litros/ave)	Observação
Tanque de Escaldagem	1,00	Redução de potencial contaminação microbiológica
<i>Chiller</i>	2,00	O efluente do primeiro <i>Chiller</i> pode ser utilizado para descarga de vísceras

Fonte: EPA, 2002

Deve ser alertado que há a absorção de água pela carcaça, sendo que esse processo depende da extensão da incisão para remoção das vísceras e a fricção entre as carcaças durante a imersão no resfriador (*Chiller*). Não há modelos matemáticos para determinar a quantidade de água absorvida (MEAD, 1996).

A absorção é importante para repor parte da água perdida durante as operações de pré-abate. Segundo normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, a hidratação não deve ultrapassar 6% do peso da carcaça; entretanto, o

Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA aceita índices de até 8%.

3.5.3. Aspectos Quantitativos e Qualitativos do Efluente

O Guia da Environmental Technology Best Practice Programme (2000) informa que o processamento de aves utiliza grande quantidade de água e gera um grande volume de efluente com alta concentração de DQO e SS.

Os principais constituintes dos efluentes do processamento de aves são uma variedade de compostos orgânicos rapidamente biodegradáveis, gorduras e proteínas primárias, presentes nas formas particuladas e dissolvidas. Parte desses contaminantes fica retida no peneiramento, mas mesmo assim, a concentração de contaminantes ainda presente é maior do que no esgoto doméstico comparando quanto às concentrações de DBO, DQO, SST, nitrogênio e fósforo.

Os maiores responsáveis pela alta concentração de DBO são o sangue não coletado, a gordura solubilizada e as fezes das aves. Essas fezes são muito importantes como fonte de DBO, pois o esterco provavelmente seja o contribuinte mais significativo como fonte desse parâmetro no efluente. Nas fezes também podem existir agentes patogênicos de origem entérica como a *Salmonella sp.* e *Campylobacter jejuni*, parasitas gastrointestinais e vírus. Esses agentes não são identificados diretamente. O método é a identificação da presença de coliformes fecais ou termotolerantes que indicam a possível presença de agentes patogênicos (EPA, 2002).

Para Del Nery et al (2006), a indústria de abate de frangos gera efluentes, sendo que a maior parte é proveniente dos processos de abate, lavagem de equipamentos e das unidades de processamento, além da unidade de produção de subprodutos. O efluente é caracterizado pela alta concentração de sólidos suspensos, óleos e graxas, nitrogênio e fósforo, que variam de indústria para indústria devido às diferenças entre os processos e de consumo de água por frango abatido.

Efluentes desse tipo de indústria podem apresentar os seguintes valores de parâmetros de qualidade (CHÁVES et al, 2005):

- pH entre 6,1 e 7,1;
- DBO_{5,20} entre 4.500 e 12.000 mg/L;
- Grande porcentagem de sólidos sendo a maior parte coágulo de sangue com alta concentração de gorduras.

Segundo DPPEA (2004a), a água de resfriamento e de escaldado é reutilizada em várias plantas de processamento de aves como água para descarga na remoção de vísceras e penas. O fator limitante para o uso é o potencial de contaminação bacteriológica por coliformes ou por *Escherichia coli*. Assim, a reciclagem é limitada pelas características do efluente e pelo potencial de contaminação dos produtos alimentícios. Dessa forma, para o acondicionamento da água de resfriamento é recomendado o tratamento por filtração e radiação ultravioleta.

O resfriamento tem como utilidade não só manter a temperatura da carne baixa, mas também garantir a qualidade e segurança do produto, evitando o crescimento microbológico. Não há legislação na União Européia que determine um tempo para resfriamento, indicando somente a temperatura máxima final de 4°C antes de ser transportado ou cortado. Nos Estados Unidos da América, é regulamentado que a carcaça seja resfriada a 4,4°C (JAMES et al, 2006).

Ainda segundo a EPA (2002), as operações da graxaria são grandes consumidoras de água e geram grande quantidade de efluente. A água utilizada nos processos da graxaria inclui o cozimento da matéria-prima e esterilização, vapor condensado do cozimento, limpeza da planta, lavagem dos tanques e caminhões dos materiais provenientes de plantas externas à indústria, controle de odor e geração de vapor. Muitas dessas atividades geram efluentes. São aproximadamente 1,5 toneladas de água consumida para cada tonelada de material produzido na graxaria. Quanto aos efluentes líquidos, são gerados cerca de 814 m³ por dia nas graxarias e 130 m³ por dia nos demais processos.

Buscando minimizar a geração de efluentes e o uso de água, a Environmental Technology Best Practice Programme (2000) apresenta algumas medidas constantes na Tabela 3.16 a seguir.

Tabela 3.16 – Etapas para Minimização de Geração de Efluentes e Uso de Água na Indústria Processadora de Aves

Passo	Operação	Medidas para Melhoria
Entrega das aves no local	Lavagem dos engradados e veículos	Otimizar o tempo entre a última alimentação das aves e o abate Instalar reservatório graduado para água
Abate das aves		Melhorar a eficiência do atordoamento das aves Melhorar coleta de sangue
Evisceração e processamento	Lavagem da carcaça	Acertar direção dos aspersores de spray
	Resfriamento com Spray	Controle da utilização da água Manutenção dos aspersores
Operações gerais de limpeza	Limpeza de sobras de carne	Coleta e limpeza a seco Uso de limpadores a vácuo
	Limpeza da área	Uso apropriado de métodos de limpeza
	Condução da limpeza	Fazer uso apropriado dos produtos químicos de limpeza
Tratamento do Efluente		Manutenção do gradeamento para otimizar a performance

Legenda

Operação do Processo

Operação de Limpeza

Fonte: ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY BEST PRACTICE PROGRAMME, 2000

3.5.4. Sistemas de Tratamento de Efluentes em Indústrias de Processamento de Aves

O sistema de tratamento de efluentes de uma indústria de processamento de frangos é similar ao utilizado para esgotos domésticos (EPA, 2002):

- Tratamento primário (remoção de sólidos sedimentáveis e suspensos);
- Tratamento secundário (remoção da maior parte do material orgânico);
- Tratamento terciário (remoção de nitrogênio ou fósforo ou sólidos suspensos ou alguma combinação desses).

Muitos dos contaminantes presentes nos efluentes industriais do processamento de frangos podem ser reduzidos em unidades de tratamento através de operações e processos unitários e em arranjos entre si (DEL NERY et al, 2006).

Na sequência é apresentada uma tabela com as técnicas de tratamento mais comumente encontrados em indústria processadora de aves (EPA, 2002):

Tabela 3.17 – Processos Unitários de Tratamento de Efluentes na Indústria Processadora de Aves

Categoria de Tratamento	Processo Unitário
Tratamento Primário	Gradeamento
	Remoção de Óleo e Graxa
	Flotação com Ar Dissolvido
	Tanque de Equalização
Tratamento Secundário e Terciário	Tratamento Biológico ¹
	Filtração
	Desinfecção

¹ O Tratamento Biológico inclui qualquer combinação de: lagoa aerada, lagoa anaeróbia, lagoa facultativa, processo de lodos ativados, e ou outro processo biológico como filtro percolador.

Fonte: EPA (2002)

Quanto ao tratamento biológico, Del Nery et al (2006) afirmam que muitas indústrias utilizam como opção, sistemas de lodos ativados, lagoas de estabilização e reatores anaeróbicos. Entretanto, a aeração requer consumo de energia elevado, o que encarece a operação do sistema, além da grande produção de lodo. Em função disso, um sistema em digestão anaeróbia traz grandes vantagens como baixo consumo de energia e menor geração de lodo. Reatores anaeróbios de fluxo ascendente são muito utilizados em abatedouros de frango, indústrias processadoras de carne, cerveja e de alimentos em geral. Na indústria de processamento de frangos, a configuração de um sistema que utilize flotação por ar dissolvido seguido de reator anaeróbio de fluxo ascendente pode remover mais de 90% da matéria orgânica do efluente produzido.

Como alternativa ao tratamento desse tipo de efluente, Kobya et al (2006), sugere a utilização do sistema em eletrocoagulação. Segundo o autor, trata-se de um processo novo e eficiente que adequa o efluente tratado às legislações. Esse método é caracterizado por utilizar equipamento simples, de fácil operação, e o

efluente é mantido no sistema em curto tempo de retenção, praticamente sem adição de produto químico e o precipitado que sedimenta rapidamente. Complementando, segundo Silva e Mainier (2005), esse tipo de sistema consiste na aplicação de eletrodos de alumínio ou ferro que formarão hidróxidos insolúveis, promovendo a desestabilização dos colóides existentes no efluente líquido, ocorrendo na realidade duas reações eletroquímicas distintas e complementares denominadas “eletroflotação” e “eletrocoagulação”. O reator é composto por uma célula eletrolítica com cátodo e ânodo alternados e conectados a uma fonte de corrente elétrica externa. Assim o ânodo sofre corrosão em função das reações de oxidação e o cátodo é sujeito a reações de redução. Na eletroflotação ocorre geração de micro-bolhas de oxigênio e de hidrogênio que sobem em direção à superfície da célula eletrolítica, levando consigo a matéria em suspensão presente, ocorrendo assim a clarificação do efluente. Na eletrocoagulação, ocorre a eletrólise nos ânodos de sacrifício (alumínio ou ferro). A passagem de corrente elétrica através desses ânodos provoca a dissolução do alumínio e do ferro gerando respectivos cátions e liberação de elétrons. Mantidos em pH entre 6,5 e 9, há formação de hidróxidos através de reação entre os grupos hidroxilas (OH^-) e os cátions livres, reagindo inclusive com os contaminantes ainda presentes no resíduo.

Quanto à possibilidade de reúso do efluente tratado, segundo a EPA (2002), essa prática será possível após o tratamento terciário, podendo a água ser utilizada no condensador evaporativo, no estacionamento e limpeza da área da ETE. Outra opção é submeter o efluente do tratamento secundário por processo adicional de tratamento, de forma a obter uma água com qualidade equivalente a água potável, possibilitando reutilizar em processos desde a plataforma de desembarque até a limpeza da carcaça, enxágüe do intestino grosso, unidades da graxaria e para a caldeira.

Como pode ser observado, existem vários estudos quanto às possibilidades de técnicas de tratamento desse tipo de efluente. Entretanto, não são encontrados bibliografias e estudos que abordam a minimização do volume de efluentes a serem tratados.

Nas indústrias em geral a coleta dos efluentes é centralizada e esses são encaminhados ao tratamento. Caso seja adotada a coleta segregada dos efluentes gerados quanto à sua qualidade, isto é, evitando misturar efluentes com alta concentração de contaminantes com aqueles de baixa concentração, o seu reúso

será facilitado e o efluente a ser encaminhado à ETE passará a ter uma vazão menor.

3.5.5. Conservação e Minimização do Consumo da Água em Indústrias de Processamento de Aves

Segundo EPA (2002), as unidades de processamento podem ter redução de custos com simples modificações no processo e que podem ter considerável redução do uso de água e emissão de efluente líquido. Um exemplo é a identificação da vazão dos escaldadores e *Chillers* para determinar os excessos, e também a medição e a regulagem da pressão da água na lavagem de carcaça. Os processos de limpeza e sanitização também podem ter o consumo de água reduzido, adotando processo de limpeza a seco, isto é, realizar coleta de sobras de carne e outros materiais sólidos antes de realizar a lavagem com água. As mangueiras podem ter os bicos trocados por válvulas que fecham automaticamente quando não estão em uso. Outra mudança possível é o uso múltiplo da água: uso da água do escaldo para transportar as penas do depenador e usar a água do *Chiller* para transportar as vísceras para serem retidas na grade e serem aproveitadas na graxaria. Outra opção para minimizar o consumo de água é utilizar vapor para escaldo ao invés de escaldo por imersão e também usar sistemas de limpeza de baixo volume através de bicos com spray de alta pressão.

Outra alternativa apresentada por EPA (2002), mas que requer um investimento maior, é a água do *Chiller* sendo reaproveitada após uma filtração e desinfecção como água de reposição do escaldo ou para transporte de vísceras comestíveis. Nesse caso, há a segregação do efluente, o que facilita o seu reúso e minimiza a geração de efluentes a ser encaminhado à ETE.

3.6. Aspectos Técnicos e Econômicos

Segundo Mierzwa e Hespanhol (1999), na implantação de programas de conservação e reúso de água com relação aos aspectos técnicos, é importante a participação de pessoal responsável pelos processos existentes na indústria, tendo conhecimento dos pontos de consumo de água e geração de efluentes, grau de qualidade exigido para a água consumida e as principais substâncias que entrarão em contato com esta água, quando a mesma não for incorporada ao produto final. Assim, é possível adotar um programa racional de água, produzindo-se apenas a quantidade necessária para cada aplicação e possibilitando um sistema de reúso.

Economicamente, com as informações técnicas obtidas, é possível aperfeiçoar os sistemas de tratamento de água e de efluentes, produzindo apenas quantidade necessária de água, procurando maximizar a reutilização e tratando adequadamente cada tipo de efluente.

Para Asano (1991), deve ser realizada uma análise monetária, verificando a questão econômica e financeira da indústria para implantar um sistema de reúso.

A análise econômica deverá focar o valor monetário a ser investido em um projeto para a construção e operação desse sistema, computando inclusive em valor presente, para dar subsídio quanto à viabilidade econômica.

Quanto à análise financeira, será possível verificar se o projeto é exeqüível. A indústria deverá ter capital suficiente para custear os gastos com a manutenção do novo sistema de reúso de água e também com os equipamentos dos processos já existentes.

4. METODOLOGIA

Baseado nos conceitos de conservação e reúso de água na indústria de alimentos e ao processamento de abate de frangos, a metodologia da presente pesquisa consistiu no desenvolvimento da avaliação dos processos existentes consumidores de água e da possibilidade de minimizar seu consumo, além de procurar aproveitar a água de um processo em outro, mesmo após um tratamento para redução de determinados contaminantes, procurando a sustentabilidade do sistema e a segurança alimentar.

A indústria por apresentar-se em constante processo de alterações operacionais e reformas, teve seu cenário mantido conforme as primeiras visitas, pois caso contrário a execução da pesquisa seria tornaria difícil.

Inicialmente foi realizada a caracterização da indústria e de todos os processos e atividades existentes, procurando compreender seu funcionamento e suas rotinas.

O levantamento de materiais e dados consistiu na obtenção de projetos de lay-out, distribuição de água, sistema de rede de esgoto e drenagem, especificação de equipamentos, consumos de produtos químicos e energia elétrica, além de documentos legais aos quais a indústria deve seguir.

Uma das etapas desse trabalho era a realização de aferição de dados de consumo de água e período de operação. Entretanto não foi possível sua realização devido a dificuldades de ordem física e operacional. Assim, foram utilizados dados levantados anteriormente por uma empresa terceirizada.

Com os dados coletados, foi realizada a setorização da indústria em função do consumo de água e em função da geração de efluentes, tendo sido possível estudar cada setor individualmente e identificando a entrada e saída de água. O prédio da produção foi dividido em setores em função das atividades desenvolvidas, enquanto todo o uso doméstico da indústria foi agrupado em um único setor.

Na seqüência foi elaborado um fluxograma do consumo de água e de geração de efluentes, e com os dados de consumo fornecidos anteriormente, foi realizado o balanço de massa da água na indústria. Primeiramente foi realizado o balanço nos setores individualmente (micro-fluxos) e com essas informações foi realizado o

balanço da indústria mostrando o caminhamento da água entre os setores (macro-fluxo).

No estudo de conservação e reúso de água foram identificadas as demandas de água em função da temperatura em cada ponto de consumo e a totalização no setor. Nessa mesma etapa foram definidas as qualidades mínimas requeridas em cada ponto de consumo quais sejam: potável, bruta e reúso.

Para priorizar os consumos a serem estudados mais detalhadamente, foram classificados os pontos e setores com maior consumo de água através do conceito da Curva ABC, onde graficamente é possível identificar os itens com maior impacto no consumo de água.

Foi estudado o uso racional da água na Avícola, tendo sido avaliada física e operacionalmente procurando identificar possíveis falhas como perdas físicas de água e operações inadequadas. Consequentemente foi possível obter redução no consumo de água e de geração de efluentes.

Na seqüência foi realizada a avaliação quanto à possibilidade de adoção de reúso de água, sendo que foram estudados os setores importantes na geração de efluentes e o seu tratamento.

Não foi realizado o estudo do reúso do efluente tratado da ETE, uma vez que a indústria deverá manter o atual sistema de tratamento cujo efluente continuará a ser lançado no coletor tronco existente. Esse fato tornou importante a prática do reúso da água antes da mistura dos efluentes e encaminhamento para a ETE.

Com o intuito de promover um programa de conservação e reúso da água na indústria, foram estudadas algumas hipóteses de implantação dos sistemas analisados de forma integrada visando buscar a redução do consumo de água, de geração de efluentes e também o aumento na produção.

Para aumentar a oferta de água e conseqüentemente a produção, foram avaliadas as possibilidades de aumento da vazão dos mananciais existentes para a vazão outorgada e a adoção de novas fontes de abastecimento de água.

Para todas as alternativas estudadas, foram levantados os custos de implantação e de manutenção do sistema, além da avaliação do período de retorno do investimento.

Por fim, foi realizada uma avaliação quanto à viabilidade da implantação da prática de reúso de água no setor alimentício baseado nas questões legais existentes.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme foi mostrado nos capítulos anteriores, um programa que busque a conservação, o uso racional e o reúso de água em uma indústria é possível desde que esta se comprometa a esse fim, possibilitando no final, além do ganho econômico, a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente.

Buscando verificar a possibilidade de otimização do uso da água no setor industrial, em especial à indústria alimentícia, cuja necessidade de água com qualidade elevada é grande e verificando a diminuição da oferta de água no meio ambiente que viabilize sua utilização, foi pesquisado o setor de abate de frangos.

A opção por este tipo de indústria justifica-se em função da quantidade de água utilizada nos processos, apresentando elevado consumo de água, o que possibilita obter resultados significativos, além de existir poucos estudos que tratem desse tema na indústria alimentícia.

A Avícola pesquisada é considerada de grande porte. Basicamente em todo o processo produtivo há utilização de água, tanto como utilidade como insumo. Por tratar-se de produção de alimento, há normas e diretrizes que a indústria deve seguir para garantir a segurança na manipulação e também no produto acabado.

A primeira reunião com a Diretoria da indústria ocorreu em 11 de novembro de 2005, sendo apresentado o objetivo e a metodologia da pesquisa a ser realizada. As atividades iniciaram em dezembro de 2005, com a visita inicial às instalações da indústria.

A partir desta visita, realizaram-se outras subseqüentes, sendo que a indústria passou por processo de reformas no “lay-out” da produção, o que de certa forma foi um complicador na fase inicial da pesquisa, pois o funcionário responsável pelo acompanhamento e fornecimento de materiais e dados também era responsável pelo acompanhamento da reforma.

5.1. Apresentação da Indústria

A Avícola está localizada no município de Várzea Paulista, no Estado de São Paulo. Hidrograficamente, ela pertence à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 05 e também à Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ), representada pelo Comitê de Bacias do PCJ.

O terreno da indústria é atravessado pelo Córrego do Pinheirinho, afluente direto do Rio Jundiaí, onde é realizada a captação superficial de água bruta. Esse córrego é enquadrado na Classe 2 do Decreto Estadual n. 8.468/76.

Após a contribuição do Córrego Pinheirinho, na divisa dos municípios de Várzea Paulista e Jundiaí, o Rio Jundiaí passa a ser enquadrado na Classe 4.

A planta industrial abate atualmente cerca de 155.000 frangos/dia. Como produtos finais são fornecidos ao mercado consumidor o frango resfriado e congelado inteiro e partes do frango como coxas, sobrecoxas, peitos e miúdos. Segundo informações da Diretoria da Avícola, há intenção de aumentar a produção para 200.000 frangos abatidos por dia.

Em seu processo produtivo, há elevado consumo de água, o que tornou importante o estudo para sua minimização.

5.2. Descrição dos Processos Industriais da Avícola

A atual produção diária na Avícola encontra-se em torno de 155.000 aves abatidas. Os frangos são provenientes de granjas que ficam basicamente nas regiões de São Carlos, Descalvado e Pirassununga.

Diariamente são descarregados na avícola de 38 a 40 caminhões, cujas capacidades médias variam entre 3.400 e 4.370 frangos cada um.

A produção é dividida em 2 turnos, sendo compostos por 382 funcionários cada, totalizando 764 funcionários. Nos serviços administrativos e no escritório trabalham 168 funcionários, e nos setores de apoio (graxaria, caldeira, ETA, ETE e manutenção) somam 59 funcionários.

Do abate, os produtos finais para o mercado consumidor são fornecidos o frango resfriado e congelado inteiro e as partes separadas do frango.

Como subproduto, tem-se a carne mecanicamente separada (CMS) que é obtida a partir de sobras presas às carcaças, e é vendida a frigoríficos produtores de embutidos. Também é produzida a farinha, sendo esta obtida a partir das penas, do sangue e de partes reprovadas pelo controle do Serviço de Inspeção Federal (SIF). Essa farinha é utilizada como ração para as aves das granjas pertencentes à indústria. Finalmente, como subproduto, tem-se o óleo extraído das aves que é vendido para fábricas de cosméticos.

Como meta, a indústria pretende em curto prazo aumentar a produção para 200.000 abates diários. Entretanto, como muitas outras indústrias existentes, a Avícola enfrenta problemas quanto à oferta de água, o que tem restringido seu crescimento.

Assim, a realização desta pesquisa possibilitou verificar os locais com potencial de aumento de oferta de água através de um programa que vise a conservação e o reúso de água de uma indústria do setor alimentício, cujas normas e leis vigentes são rígidas e claras quanto à segurança dos produtos e dos consumidores.

No Anexo 1, são apresentadas as divisões produtivas da indústria, apresentando os “lay outs” dos três pavimentos.

Para a realização da pesquisa foi importante conhecer os processos que utilizam água e que geram efluentes, podendo esses ser apresentados tanto no estado líquido, como no estado sólido ou gasoso.

As descrições dos processos estudados na indústria estão apresentados no Apêndice A.

5.3. Características da Água e do Efluente nos Processos Industriais

Na seqüência são apresentados os setores e unidades que têm relevância quanto ao consumo de água e geração de efluentes.

5.3.1. Resfriamento

Segundo informado pela Avícola, o atual consumo específico de água nos *Chillers* é de 4 litros de água para cada quilo de frango. Considerando que cada frango pese em média 1,9 kg, o consumo de água é de 7,6 litros/frango.

A caracterização da água que sai dos *chillers* é apresentada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Características da Água de Saída dos *Chillers*

Parâmetro	Valor
Óleos e Graxas	3000 mg/L
Sólidos Suspensos Totais	9 mg/L
DBO	680 mg/L
DQO	Não mensurável
Temperatura	6°C
pH	6,8
Teor de ClO ₂	5 mg/L

5.3.2. Sistema de Abastecimento de Água

A vazão outorgada dos poços soma um total de 1.740 m³/dia. Somado ao Córrego Pinheirinho, a avícola tem disponíveis 2.940 m³/dia de água para exploração.

Não há dados quanto à vazão explorada nos mananciais, visto a inexistência de dispositivos de medição. Dessa forma, através do balanço hídrico realizado para a indústria, conforme mostrado mais adiante foi adotado um valor médio para essas vazões de captação, quais sejam:

- Captação superficial: 1.232,54 m³/dia;
- Captação subterrânea: 1.424,28 m³/dia.

Nas Tabelas 5.2 e 5.3 são apresentadas as características físico-química e biológica da água bruta captada na lagoa e da água tratada na ETA.

Com relação à ETA, a água de lavagem dos filtros e a água de descarga de fundo do decantador são lançadas na drenagem existente, sendo encaminhadas a jusante

da captação. O efluente dos filtros soma 15 m³/dia em épocas de cheia, sendo 3 descartes de 5 m³/dia, e 10 m³/dia na estiagem (2 descartes de 5 m³/dia). Com relação ao decantador, a limpeza ocorre semanalmente, sendo descartado 112 m³.

O consumo médio de produtos químicos utilizados no processo de tratamento e de água para o preparo de soluções é apresentado no Anexo 2. O consumo de água, Tabela 5.4, foi obtido através dos dados de consumo de produtos químicos e suas concentrações nas soluções fornecidas pela indústria. Para os cálculos do balanço hídrico, foram utilizados os valores médios de consumo de água.

Tabela 5.2 – Caracterização da Água Bruta da Lagoa

EXAMES FÍSICO-QUÍMICOS			
Parâmetro	Resultado	Conama 357/05*	Unidade
Cor	174,3	75	mg Pt/L
pH	7,4	6 a 9	-
Turbidez	21,1	100,00	UNT
DBO	1,9	5,0	mg/L O ₂
OD	6,5	> 5	mg/L O ₂
EXAMES BACTERIOLÓGICOS			
Parâmetro	Resultado	Conama 357/05*	Unidade
Coliformes Fecais	1125,0	1000,0	NCMF/100 ml
Coliformes Totais	2610,0	Sem referência	NCMF/100 ml
Células de cianobactérias	45,0	50000,0	Células/mL

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

obs. Valores médios de 4 amostras

temperatura média da amostra 18,7°C

* Referência para Classe II

Tabela 5.3 – Caracterização da Água Tratada na ETA

EXAMES FÍSICO-QUÍMICOS			
Parâmetro	Resultado	Portaria 518/04	Unidade
Cor	8,0	15,00	mg Pt/L
pH	7,48	6 a 9,5	-
Turbidez	1,1	5,00	UNT
Alumínio	0,03	0,20	mg/L Al
Amônia	0,04	1,50	mg/L NH ₃
Cloreto	7,83	250,00	mg/L Cl
Cloro residual livre	1,6	0,2 a 2	mg/L Cl
Dureza total	45,30	500,00	mg/L CaCO ₃
Ferro total	não detectado	0,30	mg/L Fe
Nitrogênio - Nitrato	0,39	10,00	mg/L N
Nitrogênio - Nitrito	0,002	1,00	mg/L N
Sólidos totais dissolvidos	160,06	1000,0	mg/L
Sulfato	31,4	250	mg/L SO ₄
THM	0,02	0,10	mg/L
EXAMES BACTERIOLÓGICOS			
Parâmetro	Resultado	Portaria 518/04	Unidade
Coliformes Totais	ausente	ausente	NCMF/100 ml
E. coli	ausente	ausente	NCMF/100 ml

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

obs. Valores médios de 5 amostras

temperatura média da amostra 20,4°C

Tabela 5.4 – Consumo de Água na ETA – Preparo Soluções

Mês de Referência	Volume de Água Consumido	Volume Médio de Água Consumido
	(m ³ /d)	(m ³ /d)
janeiro/2006	2,33	2,29
fevereiro/2006	2,63	
março/2006	2,99	
abril/2006	2,56	
maio/2006	1,67	
junho/2006	1,41	
julho/2006	2,43	

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

Considerando o consumo diário total de água potável de 2.504,28 m³/dia, conforme o balanço hídrico realizado, e o volume total de reservação de 595 m³, os reservatórios são abastecidos 4,21 vezes ao dia.

Na saída dos reservatórios não há controle de medição de vazão, como hidrômetros em linha. Em visita realizada em dezembro de 2005, era verificado que havia um considerável vazamento no barrilete, muito devido às tubulações com remendos precários. Como consequência, era iminente a possibilidade de um comprometimento da fundação do reservatório caso perdesse a sustentação através do solo sendo levado pela água. Logo após reportar esse problema ao responsável do setor, foi realizado o reparo das conexões, sendo visível a redução no vazamento e feita a recomposição do solo perdido.

5.3.3. Resfriadores Evaporativos

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), as operações de resfriamento em sistemas semi-abertos são úteis para situações de alto consumo de água e pouca disponibilidade dessa.

A perda de água por evaporação e a reposição da água perdida aumentam a concentração das substâncias presentes no sistema, sendo que o excesso pode trazer problemas tanto no sistema de resfriamento como nos dispositivos onde a água entra em contato, principalmente onde ocorre a troca térmica. Para manter a concentração dos sais em um valor limite que não prejudique o sistema, é realizado o descarte de uma pequena fração da água que circula, denominado purga (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

O que determina a purga do sistema de resfriamento são a qualidade da água de reposição e a concentração máxima de sais na água de resfriamento (MIERZWA; HESPANHOL, 2005; DREW, 1979). No sistema em questão, a sílica é o componente determinante da concentração máxima.

Em um sistema de resfriamento semi-aberto é utilizada a equação (1) (MIERZWA; HESPANHOL, 2005):

$$P + A = \frac{E}{N - 1} \quad (1)$$

onde

P = purga do sistema, em % da vazão de circulação

A = arraste, em % da vazão de circulação

E = evaporação, em % da vazão de circulação

N = ciclos de concentração, em % da vazão de circulação

Também há outra relação, baseada na perda de água por evaporação que equivale a 0,185% da água que circula no sistema para cada grau Celsius de variação de temperatura e que a perda de água por arraste equivale no máximo a 0,2% da vazão de circulação, conforme podem ser expressas pelas equações (2) e (3) (MIERZWA; HESPANHOL, 2005):

$$E = 0,185\% \times \Delta t \times Q \quad (2)$$

$$A = 0,15\% \times Q \quad (3)$$

Na seqüência são apresentados os balanços hídricos dos resfriadores para variação de temperaturas de 5°C, 10°C, 15°C e 20°C na Tabela 5.5, e os gráficos de variação de purga e de reposição para cada temperatura nas Figuras 5.1 e 5.2.

Tabela 5.5 – Balanço Hídrico* nos Resfriadores para Diversas Temperaturas

Q = 670,00 m³/h				
Parâmetros	Variação de Temperatura (°C)			
	5,00	10,00	15,00	20,00
E = 0,18% x Δt x Q (m³/h)**	6,03	12,06	18,09	24,12
E % da vazão de recirculação	0,9	1,8	2,7	3,6
E (m³/dia)	144,72	289,44	434,16	578,88
A = 0,15% x Q (m³/h)	1,005	1,005	1,005	1,005
A % da vazão de recirculação	0,15	0,15	0,15	0,15
A (m³/dia)	24,12	24,12	24,12	24,12
N = (E+A)/A, para P=0	7,00	13,00	19,00	25,00
P = E/(N-1) - A, adotado N=2 (m³/h)	5,03	11,06	17,09	23,12
P (m³/dia) para 24 horas	120,6	265,32	410,04	554,76
R = E+A+P (m³/dia)	289,44	578,88	868,32	1157,76

* o balanço hídrico foi realizado para o conjunto dos resfriadores pois encontram-se sob o mesmo regime de operação

** adotado pela indústria, 0,18% de Perda por evaporação em função da vazão de recirculação

Figura 5.1 – Variação da Purga em Função do Ciclo de Concentração nos Resfriadores Evaporativos

Figura 5.2 – Variação da Reposição em Função do Ciclo de Concentração nos Resfriadores Evaporativos

Resumidamente, a seguir na Tabela 5.6 e Figura 5.3 são apresentados os resultados do balanço hídrico no sistema de resfriadores evaporativos.

Tabela 5.6 – Vazões Atuais nos Resfriadores Evaporativos

Local	Vazão (m³/dia)
Reposição Q	289,44
Purga P	120,6
Evaporação E	144,72
Arraste A	24,12

Figura 5.3 – Balanço Hídrico Atual nos Resfriadores Evaporativos

Na Tabela 5.7 a seguir são apresentadas as características dos resfriadores evaporativos existentes na indústria, baseados em dados obtidos do balanço hídrico realizado no sistema.

Como pode ser verificado, o ciclo máximo de concentração para que a água do sistema atinja a concentração máxima de sílica dissolvida é de 7 vezes.

Baseado nos dados de vazões de reposição dos resfriadores fornecidos pela indústria, foi verificado que o atual ciclo de concentração encontra-se em 2 vezes, sendo que este pode ser aumentado.

Tabela 5.7 – Características dos Resfriadores Evaporativos Existentes na Indústria

ITEM	TORRE DE RESFRIAMENTO							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Marca / Modelo*	Madef 500	Alve. (600)	Madef 1200	Madef 1200	Madef 600	Madef 1200	Madef 1400	-
Regime de Operação (h/dia)*	24	24	24	24	24	24	24	24
Regime de Operação (dia/mês)*	30	30	30	30	30	30	30	30
Volume Total (m ³ / Bacia)*	1,00	3,00	2,40	2,40	2,40	2,30	2,60	16,1
Vazão de recirculação (m ³ /h)*	50,00	60,00	120,00	120,00	60,00	120,00	140,00	670
Gradiente de Temperatura (°C)*	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Origem da Água de Reposição*	ETA + Poços	ETA + Poços	ETA + Poços	ETA + Poços	ETA + Poços	ETA + Poços	ETA + Poços	ETA + Poços
Perda por Evaporação (m ³ /dia) **	10,80	12,96	25,92	25,92	12,96	25,92	30,24	144,72
Perda por Arraste (m ³ /dia) **	1,80	2,16	4,32	4,32	2,16	4,32	5,04	24,12
Ciclo de Concentração Máximo **	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Ciclo de Concentração Real ***	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Purgas (m ³ /dia) **	9,00	10,8	21,6	21,6	10,8	21,6	25,2	120,6

*Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria.

** Valor calculado

*** Valor adotado com base nos dados fornecidos pela indústria

Segundo Drew (1979), atenção especial deve ser dada aos problemas de incrustação, principalmente devido à presença de íons cálcio, magnésio, sílica, carbonatos, bicarbonatos e sulfatos, comumente encontrados na água. Na água

superficial, o cálcio e a sílica são os compostos que limitam os ciclos de concentração.

No sistema de resfriamento da avícola é visível a formação de incrustação nas haletas resultante da precipitação de sais minerais como CaCO_3 , CaSO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Fe_2O_4 , SiO_2 , $2\text{MgO}-2\text{SiO}_2$ e MO .

Na sequência são apresentados os gráficos dos resultados de análises da água do sistema fornecidos pela Avícola.

Pela Figura 5.4, foram verificados alguns pontos que se encontram fora da nuvem de pontos, sendo que em função disso, foram descartados os valores abaixo de 5, tendo sido obtido um valor médio de pH de 7,38.

Figura 5.4 – Resultados de pH da Água nos Resfriadores Evaporativos

Analogamente ao pH, pelos resultados apresentados para a dureza total, Figura 5.5, foram desconsiderados os valores acima de 1500 ppm.

Piveli e Kato (2005) definem a dureza como a capacidade da água de precipitar sabão, ou seja, em águas com dureza, os sabões transformam-se em complexos insolúveis, não formando espuma. A dureza é causada pela presença, principalmente de cálcio e magnésio, mas também de outros cátions como ferro, manganês, estrôncio, zinco, alumínio, hidrogênio, associados a ânions carbonato e sulfato, além de outros como nitrato, silicato e cloreto. São quatro os principais

compostos que definem a dureza: bicarbonato de cálcio, bicarbonato de magnésio, sulfato de cálcio e sulfato de magnésio.

Segundo Libânio (2005), a dureza é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio (CaCO_3), podendo ser classificada em:

- Mole ou branda: < 50 mg/L de CaCO_3 ;
- Dureza moderada: entre 50 e 150 mg/L de CaCO_3 ;
- Dura: entre 150 e 300 mg/L de CaCO_3 ;
- Muito dura: > 300 mg/L de CaCO_3 .

Conforme a classificação apresentada por Piveli e Kato (2005), essa classificação difere da definida anteriormente por Libânio (2005) para águas mole ou branda, sendo o limite máximo de 75 mg/L de CaCO_3 . Piveli e Kato (2005) ainda afirmam que existem diversas escalas de dureza sendo que a apresentada é uma das escalas americanas, utilizada internacionalmente.

Figura 5.5 – Resultados de Dureza Total da Água nos Resfriadores Evaporativos

Assim, dentre os valores tabulados, a maioria das amostras apresentavam água muito dura, conforme Figura 5.6 a seguir:

Figura 5.6 – Variação da Água nos Resfriadores Evaporativos quanto à Dureza Total

Para os dados fornecidos de ferro total, foram descartados os valores acima de 0,3 ppm, conforme Figura 5.7, seguindo a mesma metodologia dos demais parâmetros considerados. Assim, a média da concentração de ferro total na água do sistema é de 0,082 ppm.

Figura 5.7 – Resultados de Ferro Total da Água nos Resfriadores Evaporativos

Quanto à alcalinidade, são três as formas de se manifestar em função do pH, a saber (LIBÂNIO, 2005):

- Águas com pH entre 4,4 e 8,3: alcalinidade devido apenas a bicarbonatos;
- Águas com pH entre 8,3 e 9,4: alcalinidade devido a carbonatos e bicarbonatos;
- Águas com pH maior que 9,4: alcalinidade devido a hidróxidos e carbonatos.

Conforme mostrado na Figura 5.4, a faixa de pH encontra-se 4,4 e 8,3, indicando que a alcalinidade é basicamente em função de bicarbonatos.

Na Figura 5.8, são apresentados os valores de alcalinidade de bicarbonato de magnésio, sendo que desconsiderando os valores acima de 200 ppm, o valor médio é de 61,12 ppm.

Figura 5.8 – Resultados de Alcalinidade da Água nos Resfriadores Evaporativos

A condutividade elétrica das águas analisadas mostra grande variação de valores, conforme Figura 5.9, sendo que foram desconsiderados os valores acima de 12.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, obtendo-se um valor médio de 3.673 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 5.9 – Resultados de Condutividade Elétrica da Água nos Resfriadores Evaporativos

A concentração de cloreto na água do sistema, Figura 5.10, apresentou média de 96,41 ppm, sendo desconsiderados os valores acima de 300 ppm por estarem fora da nuvem de pontos.

Figura 5.10 – Resultados de Concentração de Cloretos na Água nos Resfriadores Evaporativos

A sílica, composto inorgânico, é solúvel apenas em água (DREW, 1979). Para evitar a incrustação no sistema, deve-se limitar a concentração de sílica em cerca de 175 ppm na água circulante.

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005) e Drew (1979), as concentrações recomendadas de cálcio e sílica na água de refrigeração são 1800 mg/L e 150 mg/L, respectivamente, devendo-se adotar, para a determinação do ciclo máximo de concentração, o valor mais restritivo, determinado por meio de balanço de massa no sistema, caso este não ultrapasse o ciclo máximo de concentração referente à operação do sistema de resfriamento.

No sistema estudado, o composto restritivo é a sílica, sendo que pela Figura 5.11, pode ser verificado que os valores máximos não ultrapassam 140 ppm ou mg/L no sistema.

A partir dos resultados de análises apresentados na Figura 5.11, a média de concentração de sílica solúvel é de 53,91 ppm.

Figura 5.11 – Resultados de Concentração de Sílica Solúvel na Água nos Resfriadores Evaporativos

Os sais de molibdato são utilizados para a inibição de corrosão no sistema de refrigeração, e o molibdênio apresenta baixa toxidez, sendo menos impactante ao meio ambiente comparado a outros metais pesados como o cromo e o zinco.

Na Figura 5.12, são apresentadas as concentrações de molibdênio no sistema, sendo que para a obtenção da média foram excluídos os valores acima de 0,4 ppm por apresentarem-se fora da nuvem de pontos e os valores nulos por caracterizar ausência desse composto devido à não realização do tratamento contra inibição de corrosão. Dessa forma, a média considerada no sistema é de 0,163 ppm.

Figura 5.12 – Resultados de Concentração de Molibdênio na Água nos Resfriadores Evaporativos

Na Tabela 5.8 são apresentados resumidamente os valores médios obtidos nos resfriadores evaporativos.

Tabela 5.8 – Características da Água do Sistema dos Resfriadores Evaporativos*

Parâmetro	Valor
pH	7,38
Dureza	Muito dura
Ferro Total	0,082 ppm
Alcalinidade	61,12 ppm HCO_3^-
Condutividade Elétrica	3673 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Cloreto	96,41 ppm
Sílica	53,91 ppm
Molibdênio	0,163 ppm

* Ciclo de concentração 2

5.3.4. Produção de Vapor d'Água

O vapor utilizado na indústria é produzido na caldeira.

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), “é importante observar que ocorrem perdas no sistema durante o transporte do vapor até o ponto de consumo, tanto por condensação do vapor nas linhas de distribuição como por vazamentos”. Em função disso, a água perdida deve ser reposta. Também deve ser considerado que a água que permanece no interior da caldeira tem sua concentração de sais aumentada devido à reposição de água no sistema.

O aumento da concentração de sais na água da caldeira pode trazer vários problemas devido à corrosão e formação de depósitos, o que pode reduzir a eficiência de produção de vapor ou mesmo facilitar o rompimento dos tubos do gerador de vapor (DREW, 1979). Para evitar esses problemas, costuma-se adicionar produtos químicos na água da caldeira e realizar purgas da água do gerador de vapor, mantendo a concentração de sais dentro dos limites aceitáveis (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

A descarga da Caldeira é realizada através de duas válvulas de fundo. O intervalo de abertura é de 30 minutos, sendo que são descartados a cada abertura, 42,86 l/s, totalizando 12,34 m³/dia.

Na Figura 5.13, é mostrado o balanço hídrico da Caldeira, sendo que o ciclo de concentração (C) dada pela equação (4) é de 14,6 ciclos.

Embora não existam dados referentes às concentrações de sólidos dissolvidos totais, pode ser verificado que a concentração da água de purga apresenta concentração 14,6 vezes maior que a água de reposição.

Considerando que a concentração de sólidos dissolvidos totais não tenha sofrido alteração desde a saída da ETA, o valor da água de reposição será de 160,06 mg/L. Assim, pode-se considerar que a água de purga apresenta concentração de 2.336,88 mg/L, sendo que desse valor, não estão incorporados os produtos químicos aplicados à água do sistema de geração de vapor.

$$C = \frac{M_{\text{reposição}}}{M_{\text{purga}}} = \frac{[SDT]_{\text{purga}}}{[SDT]_{\text{reposição}}} \quad (4)$$

onde

C = ciclo de concentração

M = vazão mássica de água (kg/h; m³/dia)

[SDT] = concentração de sólidos dissolvidos totais (mg/l)

Figura 5.13 – Balanço Hídrico na Caldeira

5.3.5. Sistema de Tratamento de Efluentes

Todo esgoto doméstico produzido nos sanitários da portaria, gerência da produção, vestiário, escritório de manutenção e almoxarifado, além das instalações do refeitório são tratados em um sistema de tanque séptico seguido de filtro anaeróbio, sendo posteriormente encaminhados ao coletor tronco CERJU. Somam ao todo, 112,8 m³/dia, sendo que no balanço hídrico foi considerado um sistema conservativo, sem perdas no sistema.

Ainda são lançados no coletor tronco a água de descarga de fundo da caldeira, correspondendo a 12,34 m³/dia e a água do degelo das salas de congelamento com 27,15 m³/dia.

Como fontes de efluente industrial estão todos os demais setores: recepção dos frangos para abate, área suja e limpa, água de lavagem da sala de cortes, graxaria, água de lavagem dos caminhões e do chuveiro dos frangos. Esses são

encaminhados ao tratamento na ETE localizado próximo à graxaria, sendo que a caracterização físico-química e biológica é apresentada na Tabela 5.9.

Na Tabela 5.10 é apresentado o resultado da análise de caracterização físico-química e biológica do efluente tratado quando o sistema opera adequadamente.

Tabela 5.9 – Caracterização do Efluente Industrial Bruto - continua

EXAMES FÍSICO-QUÍMICOS		
Parâmetro	Resultado	Unidade
Alcalinidade Bicarbonato	262,5	mg/L CaCO ₃
Alcalinidade Carbonato	ND	mg/L CaCO ₃
Alcalinidade Hidróxido	ND	mg/L CaCO ₃
Alumínio	0,025	mg/L Al
Cádmio	0,012	mg/L Cd
Cloreto	197,54	mg/L Cl
Cobre	0,71	mg/L Cu
DBO	4.593	mg/L O ₂
DQO	9115	mg/L O ₂
Dureza em Cálcio	56,0	mg/L CaCO ₃
Dureza em Carbonato	74,0	mg/L CaCO ₃
Dureza em Não Carbonato	ND	mg/L CaCO ₃
Dureza Total	74,0	mg/L CaCO ₃
Fenóis	0,340	mg/L Fenóis
Ferro Total	83,65	mg/L Fe
Fosfato Total	114,0	mg/L P
Magnésio	4,37	mg/L Mg
Merúrio	ND	mg/L Hg
Nitrogênio Total	147,75	mg/L N
Óleos e Graxas	969,44	mg/L
pH	6,3	-
Resíduo Sedimentável	202,75	mg/L
Sílica*	32,28	mg/L Si
Sólidos Dissolvidos Totais	1.530,0	mg/L
Sulfeto	0,480	mg/L S ₂ ⁻
Zinco	0,840	mg/L Zn

Tabela 5.9 – Caracterização do Efluente Industrial Bruto - conclusão

EXAMES FÍSICO-QUÍMICOS		
Parâmetro	Resultado	Unidade
EXAMES BACTERIOLÓGICOS		
Parâmetro	Resultado	Unidade
Coliformes Totais	$5,2 \times 10^7$	NMP/100ml
Coliformes Fecais	$4,7 \times 10^7$	NMP/100ml
Bactérias Heterotróficas	$4,2 \times 10^7$	UFC (35°C/48h)

fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

obs. Valores médios de 7 amostras; temperatura média da amostra 29,18°C

*concentração elevada proveniente da purga dos resfriadores evaporativos

Tabela 5.10 – Caracterização do Efluente Industrial Tratado na ETE - continua

EXAMES FÍSICO-QUÍMICOS			
Parâmetro	Resultado	Conama 357/05*	Unidade
Alcalinidade Bicarbonato	ND	-	mg/L CaCO ₃
Alcalinidade Carbonato	ND	-	mg/L CaCO ₃
Alcalinidade Hidróxido	ND	-	mg/L CaCO ₃
Alumínio	0,010	-	mg/L Al
Cádmio	ND	0,2	mg/L Cd
Cloreto	332,70	-	mg/L Cl
Cobre	0,14	1,0	mg/L Cu
DBO	596	-	mg/L O ₂
DQO	1065	-	mg/L O ₂
Dureza em Cálcio	100,0	-	mg/L CaCO ₃
Dureza em Carbonato	ND	-	mg/L CaCO ₃
Dureza em Não Carbonato	102,0	-	mg/L CaCO ₃
Dureza Total	102,0	-	mg/L CaCO ₃
Fenóis	0,02	0,5	mg/L Fenóis
Ferro Total	17,76	15,0	mg/L Fe
Fosfato Total	6,9	-	mg/L P
Magnésio	0,49	-	mg/L Mg
Merúrio	ND	0,01	mg/L Hg
Nitrogênio Total	31,50	20,0	mg/L N
Óleos e Graxas	229,25	50	mg/L
pH	5,08	5 a 9	-

Tabela 5.10 – Caracterização do Efluente Industrial Tratado na ETE - conclusão

EXAMES FÍSICO-QUÍMICOS			
Parâmetro	Resultado	Conama 357/05*	Unidade
Resíduo Sedimentável	8,13	-	mg/L
Sílica	12,21	-	mg/L Si
Sólidos Dissolvidos Totais	1.057,80	-	mg/L
Sulfeto	ND	1,0	mg/L S ₂ ⁻
Zinco	0,750	5,0	mg/L Zn
EXAMES BACTERIOLÓGICOS			
Parâmetro	Resultado	Conama 357/05**	Unidade
Coliformes Totais	1,4x10 ⁵	-	NMP/100ml
Coliformes Fecais	8x10 ⁴	-	NMP/100ml
Bactérias Heterotróficas	2x10 ⁵	-	UFC (35°C/48h)

fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

obs. Valores médios de 5 amostras; temperatura média da amostra 29,27°C

* Padrões de lançamento de efluentes

** Pela Resolução Conama 357/05, o parâmetro bacteriológico passa a ser coliformes termotolerantes. Padrões de qualidade de água

O consumo médio dos produtos químicos utilizados no processo de tratamento e da água utilizada para o preparo de soluções encontram-se apresentados no Anexo 3.

O consumo de água, conforme mostrado na Tabela 5.11, foi obtido através dos dados de consumo de produtos químicos e suas concentrações nas soluções fornecidas pela indústria. Para os cálculos do balanço hídrico, foram utilizados os valores médios de consumo de água.

Tabela 5.11 – Consumo de Água na ETE – Preparo Soluções

Mês de Referência	Volume de Água Consumido	Volume Médio de Água Consumido
	(m³/d)	(m³/d)
janeiro/2006	9,40	15,49
fevereiro/2006	14,38	
março/2006	10,80	
abril/2006	18,89	
maio/2006	12,99	
junho/2006	22,80	
julho/2006	19,19	

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

O lodo resultante da ETE corresponde a 8 m³/dia, sendo que 5% referem-se aos sólidos suspensos totais (SST). É utilizado um decanter centrífugo com auxílio de polímero, alcançando um valor de 25% de desaguamento para reduzir o volume de água no lodo. A seguir são apresentados na Tabela 5.12, os dados referentes ao lodo bruto e desaguado da avícola.

Tabela 5.12 – Características do Lodo Gerado na ETE

Lodo Bruto				Lodo Desaguado		
Q (m ³ /dia)	Concent. SST (%)	Q _{SST} (m ³ /dia)	Q _{água} (m ³ /dia)	% desaguamento	Q _{água,desaguada} (m ³ /dia)	Q _{água,lodo} (m ³ /dia)
8,00	5	0,4	7,6	25	1,9	5,7

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria.

5.4. Setorização do Consumo de Água e Geração de Efluentes e Definição dos Fluxos

Para iniciar o estudo do consumo de água e geração de efluentes na indústria, foi realizada a setorização dessa, buscando facilitar seu entendimento.

O critério adotado para a divisão dos setores consistiu na própria cadeia produtiva existente e na configuração dos prédios, que conseqüentemente segregam os diversos tipos de usos da água.

As edificações cujo uso é somente doméstico foram consideradas como um único setor.

Nas Figuras 5.14 a 5.19 são apresentadas as setorizações realizadas dentro do prédio principal da indústria, tendo sido separadas em função do consumo de água ou geração de efluentes.

É importante também identificar as linhas de água de abastecimento quanto a pressão e temperatura, para possibilitar o levantamento dos fluxos, sendo essas linhas mostradas na Figura 5.20.

Figura 5.14 – Setorização do Consumo de Água – Primeiro Piso

Figura 5.15 – Setorização do Consumo de Água – Piso Inferior

Figura 5.16 – Setorização do Consumo de Água – Cobertura

Figura 5.17 – Setorização da Geração de Efluente – Primeiro Piso

Figura 5.18 – Setorização da Geração de Efluente – Piso Inferior

Figura 5.19 – Setorização da Geração de Efluente – Cobertura

Baseado nos dados fornecidos pela Avícola, na setorização realizada e no levantamento do fluxograma realizado (Figura 5.21), foi feito o estudo quanto à entrada de água e saída dessa, na forma de efluente ou perda por evaporação ou incorporação no frango.

Assim, o fluxograma apresenta o balanço de massa da água no sistema de forma macroscópica, sendo identificado o consumo de água bruta e da água potável através dos setores da avícola. O maior consumo de água ocorre na Produção, onde a perda por evaporação e incorporação também é considerável.

O esgoto sanitário é segregado do efluente industrial. O primeiro é tratado em um sistema fossa-filtro e depois lançado no coletor tronco, enquanto o efluente industrial é tratado na ETE, sendo que parte do efluente tratado é aproveitada para a lavagem de gás e o excedente é lançado no coletor tronco.

A partir dos dados fornecidos pela indústria, as vazões e consumos foram conferidos e corrigidos através da avaliação individual de cada ponto de consumo de água e geração de efluente, sendo realizado o balanço hídrico de toda a indústria.

Quanto ao micro fluxo, o caminhamento de água foi verificado através dos pontos de consumo, possibilitando um estudo mais detalhado. Dentro do micro fluxo, foram analisadas as estações de tratamento de água e de esgoto e os diversos setores da indústria (Figura 5.22 a 5.32), onde há consumo de água e geração de efluentes.

Figura 5.20 – Instalação de Água Fria e Quente

Figura 5.21 – Macro Fluxo e Balanço Hídrico na Indústria

Figura 5.22 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na ETA

Figura 5.23 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na Chegada de Aves

Figura 5.24 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na Plataforma e Recepção

Figura 5.25 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na Produção

Figura 5.26 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na Caldeira

Figura 5.27 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na Graxaria

Figura 5.28 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico no Tratamento de Gases

Figura 5.29 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico no Sistema de Resfriamento

Figura 5.30 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico no Degelo

Figura 5.31 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico nas Edificações

Figura 5.32 – Micro Fluxo e Balanço Hídrico na ETE

5.5. Demandas de Água na Avícola

Para a realização do estudo de conservação e reúso de água, foi importante o conhecimento das demandas de água na indústria, sendo esses diferenciados nos diversos processos existentes, podendo assim ser identificados aqueles mais críticos quanto à necessidade de água.

Através de informações e dados obtidos junto à indústria, foi possível realizar o levantamento dos atuais consumos nos diversos pontos e setores da mesma, e com o de balanço hídrico foram corrigidos dados que apresentavam valores não consistentes.

Devido à impossibilidade de realização de medições diretas na indústria devido à conformação das instalações, foram adotados os dados de medições realizadas anteriormente pela indústria. Esses dados foram obtidos através de uma empresa terceirizada a qual realizou as medições através de instalação de equipamentos de medição e que ao término do serviço, foram retirados.

No Anexo 3 são apresentadas as demandas de água nos equipamentos e a qualidade mínima necessária da água em função de sua temperatura. Essas demandas são resultantes do balanço hídrico realizado anteriormente e mostrado nos micro-fluxos.

Nas Figuras 5.33 e 5.34 são apresentados os gráficos das demandas em função da temperatura e da qualidade necessária ao uso.

É importante caracterizar o uso da água demandada em função da temperatura para auxiliar no estudo do reúso da água, pois influenciará no processo de tratamento a ser adotado ou indicará a necessidade de sistema de troca de calor. Ela também possibilita o reúso direto em cascata em outro setor ou não.

Como pode ser observado pela Figura 5.33, o consumo de água em temperatura ambiente representa quase metade da demanda, enquanto a Figura 5.34 mostra a demanda por água potável em 77% do consumo. Nessa segunda figura, mostra uma demanda de 20% de água que pode ser utilizada como água de reúso. Esse volume na indústria é considerável, sendo que dentro desse uso, é importante segregar os usos em função da temperatura.

Figura 5.33 – Distribuição do Consumo de Água em Função da Temperatura

Figura 5.34 – Distribuição do Consumo de Água em Função da Qualidade Mínima Necessária

Resumidamente, as tabelas a seguir apresentam os volumes de água para cada tipo de demanda.

Tabela 5.13 – Demanda de Água em Função da Temperatura

Temperatura	Volume de Demanda (m ³ / dia)
Ambiente (próximo de 20°C)	1.737,50
Fria (entre 4 e 16°C)	419,30
Quente (próximo de 60°C)	1.518,02

Tabela 5.14 – Demanda de Água em Função da Qualidade Mínima Necessária

Qualidade	Volume de Demanda (m ³ / dia)
Potável	2.837,06
Reúso	720,34
Bruta	117,43

Tabela 5.15 – Demanda de Água de Reúso em Função da Temperatura

Temperatura	Volume de Demanda (m ³ / dia)
Ambiente (próximo de 20°C)	537,34
Fria (entre 4 e 16°C)	183,00
Quente (próximo de 60°C)	0,00

Dentre os consumidores de água potável estão os setores apresentados na Tabela 5.16 e de água bruta na Tabela 5.17.

Tabela 5.16 – Setores Consumidores de Água Potável na Avícola e Respectivas Quantidades

Setor	Tipo de Uso	Consumo de Água (m ³ /dia)
Graxaria, Caldeira, Tratamento Gases	Industrial	836,6
Galpão de Descanso de Frango Vivo	Industrial	214,2
Plataforma/ Recepção	Industrial	19,2
Produção (abate)	Industrial	1.836,16
Refeitório, SIF, Vestiários, Manutenção	Sanitário	84,0
Portaria, Recrutamento, Residências	Sanitário	28,8
Preparo solução – ETA	Industrial	2,29
Preparo solução – ETE	Industrial	15,49

Tabela 5.17 – Setor Consumidor de Água Bruta na Avícola e Respectiva Quantidade

Setor	Consumo de Água (m ³ /dia)
Chuveiro Frango Vivo	117,43

Pela Figura 5.35 pode ser visto que as atividades que estão ligadas diretamente com a Produção respondem por cerca de 95,80% do consumo de água na indústria mostrando a importância desse insumo.

Figura 5.35 – Distribuição do Consumo de Água na Indústria

Quanto à qualidade da água captada proveniente dos mananciais, atualmente a média de consumo de água na indústria divide-se da seguinte forma:

- água potável: 2.504,28 m³/dia
- água bruta: 117,43 m³/dia.

A somatória desses dois valores difere das tabelas de demanda mostradas anteriormente, pois há usos múltiplos para a mesma água na indústria, e os valores aqui apresentados referem-se aos volumes captados conforme mostrado no macro-fluxo para os setores.

Pelo balanço hídrico apresentado na Figura 5.21, o consumo total de água na indústria encontra-se em 2.621,71 m³/dia, sendo que considerando quantidade máxima de água permitido a captar de 2.940 m³/dia, será possível aumentar a exploração em apenas 318,29 m³/dia.

A partir do balanço hídrico, com a obtenção do volume total captado de água de 2.621,71 m³/dia e uma produção de 155.000 aves/dia, o consumo específico atual de água na indústria é de 16,91 L/ave, cujo valor encontra-se dentro da projeção fornecida pela Avícola e é apresentada no Anexo 5.

Considerando esse consumo específico de água, para a vazão máxima de captação, a produção passará a 173.861 aves/dia.

Para o setor de Produção, com o consumo de 746,06 m³/dia e produção de 155.000 aves/dia, o consumo específico é de 4,81 L/ave, equivalendo a 28,44% do consumo específico total da indústria.

Assim, para estudar qualquer alternativa de aumento nas captações, deve-se realizar uma melhor gestão do consumo da água na indústria, buscando identificar os maiores consumidores de água para minimizar sua demanda.

Baseado no balanço hídrico apresentado anteriormente, foram realizadas análises para identificação dos maiores consumidores de água tanto por Setor como por Unidade existente na indústria. Para tanto, foi adotada a metodologia de análise da Curva ABC, onde é possível graficamente identificar os itens que mais impactam na análise.

De acordo com a apostila da Faculdade de Ciências Administrativas Contábeis de Lins (2005), a Curva ABC é obtida através da ordenação dos itens conforme a sua importância relativa. Ela define as seguintes classes que dividem a curva:

- Classe A: grupo de itens mais importante que devem ser trabalhados com atenção especial;
- Classe B: grupo intermediário;
- Classe C: grupo de itens menos importantes, nem por isso requerem menos atenção.

O conceito da Curva ABC, segundo Solano (2003), é “mais do que um gráfico ou uma curva, mas uma filosofia de gestão para classificar itens importantes com a finalidade de dedicar esforços e recursos para controle do processo da produção”. Segundo o mesmo, as Curvas ABC surgiram na Itália com Wilfredo Pareto com o nome de Lei 20 x 80. Esse nome se deu, pois foi constatado que 20% da população absorvia 80% da renda.

Ainda segundo Solano (2003), a Curva ABC, tem esse nome, pois ela é dividida em três partes, sendo elas: A, B e C. Não há uma porcentagem certa a ser adotada para cada parte, sendo que segundo Fucci (2000) *apud* Solano (2003) a designação das classes ou partes é arbitrária, “podendo existir qualquer número de classes (A, B, C, D, E, F) e que as percentagens dos itens e dos valores destes itens acumulados varia de uma classificação para outra a critério do gerente de produção”. Assim, obedece a critério de bom senso e conveniência dos controles a serem estabelecidos.

No presente estudo, a determinação das classes foi baseada nos pontos de inflexão existentes na curva.

Na Tabela 5.18 são apresentados os 16 setores da indústria consumidores de água classificados em ordem decrescente de consumo de água.

A partir dessa tabela foi construído o gráfico mostrado na Figura 5.36, onde pode ser verificado que apenas 6 setores são responsáveis pelo consumo de 81,25% de água de toda a indústria, mostrando que esses são os setores mais importantes quando analisado o aspecto consumo de água. Esses setores encontram-se na área correspondente à faixa “A” da curva:

- Escaldagem / Produção;
- Sala de Máquinas / Sistema de Resfriamento (Resfriadores evaporativos);

- Evisceração;
- Plataforma/Produção;
- *Chillers* (Frango Inteiro); e
- Logística.

Esses setores consomem ao todo 2.522,77 m³/dia de água. Em função de sua grande proporção comparado aos demais, torna-se mais interessante estar trabalhando nesses setores buscando reduzir o seu consumo de água ou buscando alternativas de fontes de água de outras atividades como água de reúso, reduzindo o consumo de água proveniente somente do sistema de água potável (ETA e poços).

Com menor impacto, representando 14,65% do consumo, estão três setores da faixa “B” da curva: Sistema de Geração de Vapor; Injetoras Automáticas e Manual; e Setor de Uso não Produtivo. O consumo nessa faixa corresponde a um total de 454,89 m³/dia.

Os demais setores não são tão representativos quanto esses anteriores, mas caso haja alguma possibilidade de minimização de consumo de água, é importante seu estudo. São 7 setores (Sala de Miúdos, Sala de Cortes, CMS, ETE, Graxaria, Sistema de Desinfecção Microbiológica e ETA) que representam 4,10% de consumo, totalizando 127,46 m³/dia de água.

Tabela 5.18 – Classificação dos Setores Quanto ao Consumo de Água - continua

N. Item	% N. Item	Setores	Cons./dia (m ³ /dia)	Cons./dia acum. (m ³ /dia)	% Acumulada
1	6,25	Escaldagem / Produção	622,90	622,90	20,06
2	12,50	Sala de Máq./ Sistema de Resfriamento	492,44	1.115,34	35,92
3	18,75	Evisceração	382,80	1.498,14	48,25
4	25,00	Plataforma / Produção	346,10	1.844,24	59,39
5	31,25	Chillers (Frango Inteiro)	343,30	2.187,54	70,45
6	37,50	Logística	335,23	2.522,77	81,25
7	43,75	Sistema de Geração de Vapor	180,00	2.702,77	87,04

Tabela 5.18 – Classificação dos Setores Quanto ao Consumo de Água - conclusão

N. Item	% N. Item	Setores	Cons./dia (m³/dia)	Cons./dia acum. (m³/dia)	% Acumulada
8	50,00	Injetoras Automáticas e Manual	162,09	2.864,85	92,26
9	56,25	Uso não Produtivo	112,80	2.977,65	95,90
10	62,50	Sala de Miúdos	57,48	3.035,13	97,75
11	68,75	Sala de Cortes	23,40	3.058,53	98,50
12	75,00	CMS	19,50	3.078,03	99,13
13	81,25	ETE - Estação de Trat. Efluentes	15,49	3.093,52	99,63
14	87,50	Graxaria	5,10	3.098,62	99,79
15	93,75	Sistema de Desinfecção Microbiológica	4,20	3.102,82	99,93
16	100,00	ETA - Estação de Trat. Água	2,29	3.105,11	100,00

Figura 5.36 – Curva ABC – Consumo de Água por Setor

Resumidamente, no gráfico apresentado na Figura 5.37, tem-se os setores que representam os maiores consumidores, pertencentes na faixa “A” da Curva ABC.

Figura 5.37 – Setores Consumidores de Água – Faixa A da Curva ABC

Seguindo a mesma metodologia, foi realizada análise para as 75 unidades existentes na indústria, sendo que a classificação do maior consumidor para o menor consumidor é mostrada na Tabela 5.19.

Na curva ABC da Figura 5.38 são verificadas 9 unidades que representam 49,03% do consumo de água de toda a indústria, somando 1.522,50 m³/dia, sendo essas:

- Lavador de Caixas;
- Fábrica de Gelo;
- Depenadeira;
- Caldeira ATA AW15;
- Máquina de Moela;
- *Pré-Chiller* – Água Temperatura Ambiente;
- *Chiller* – Água Gelada + Gelo;
- Depenadeira de Sambica; e
- Depenadeira Escaldadora de pé.

Quanto à faixa "B", esta apresenta 14 pontos de consumo que totalizam 953,12 m³/dia de consumo de água, representando 30,70% de toda a indústria.

Na faixa "C" estão os 52 pontos restantes com consumo total de 629,49 m³/dia, representando 20,27% do total de unidades consumidoras de água na indústria.

Tabela 5.19 – Classificação das Unidades Quanto ao Consumo de Água - continua

N. Item	% N. Item	Setores	Unidades	Cons./dia (m³/dia)	Cons./dia acum. (m³/dia)	% Acumulada
1	1,33	Plataforma / Produção	Lavador de Caixas	239,40	239,40	7,71
2	2,67	Sala de Máq./ Sistema de Resfriamento	Fábrica de Gelo	183,00	422,40	13,60
3	4,00	Escaldagem / Produção	Depenadeira	180,50	602,90	19,42
4	5,33	Sistema de Geração de Vapor	Caldeira ATA AW15	180,00	782,90	25,21
5	6,67	Evisceração	Máquina de Moela	166,60	949,50	30,58
6	8,00	Chillers (Frango Inteiro)	Pré Chiller - Água °C Ambiente	144,00	1.093,50	35,22
7	9,33	Chillers (Frango Inteiro)	Chiller - Água Gelada + Gelo	144,00	1.237,50	39,85
8	10,67	Escaldagem / Produção	Depenadeira de Sambica	142,50	1.380,00	44,44
9	12,00	Escaldagem / Produção	Depenadeira Escaldadora de Pé	142,50	1.522,50	49,03
10	13,33	Logística	Bicos de Aspersão	119,00	1.641,50	52,86
11	14,67	Logística	Chuveiro Frango Vivo - Água da Lagoa	117,43	1.758,93	56,65
12	16,00	Uso não Produtivo	Refeitório / Manutenção / SIF/ Sanitários	84,00	1.842,93	59,35
13	17,33	Plataforma / Produção	Limpeza/Higienização produção	78,50	1.921,43	61,88
14	18,67	Escaldagem / Produção	Tanque de Escaldagem	76,00	1.997,43	64,33
15	20,00	Logística	Jato de Pressão - Lavagem Caixas / Caminhões	64,60	2.062,03	66,41
16	21,33	Injetoras Automáticas e Manual	Sala de Tempero - Salmoura	61,00	2.123,02	68,37
17	22,67	Sala de Máq./ Sistema de Resfriamento	Resfriador Evaporativo	60,48	2.183,50	70,32
18	24,00	Sala de Máq./ Sistema de Resfriamento	Resfriador Evaporativo	51,84	2.235,34	71,99
19	25,33	Sala de Máq./ Sistema de Resfriamento	Resfriador Evaporativo	51,84	2.287,18	73,66
20	26,67	Sala de Máq./ Sistema de Resfriamento	Resfriador Evaporativo	51,84	2.339,02	75,33
21	28,00	Evisceração	Lavador de Moela	49,30	2.388,32	76,92
22	29,33	Chillers (Frango Inteiro)	Chuveiro	49,30	2.437,62	78,50
23	30,67	Escaldagem / Produção	Depildor de Pé	38,00	2.475,62	79,73
24	32,00	Evisceração	Lavador Final	35,70	2.511,32	80,88

Tabela 5.19 – Classificação das Unidades Quanto ao Consumo de Água - continuação

N. Item	% N. Item	Setores	Unidades	Cons./dia (m³/dia)	Cons./dia acum. (m³/dia)	% Acumulada
25	33,33	Evisceração	Evisceradora (2 bicos de chuveiro)	32,30	2.543,62	81,92
26	34,67	Logística	Mangueiras de Água do Setor	30,60	2.574,22	82,90
27	36,00	Uso não Produtivo	Residências / Portaria / Recrutamento	28,80	2.603,02	83,83
28	37,33	Sala de Máq./ Sistema de Resfriamento	Resfriador Evaporativo	25,92	2.628,94	84,66
29	38,67	Sala de Máq./ Sistema de Resfriamento	Resfriador Evaporativo	25,92	2.654,86	85,50
30	40,00	Evisceração	Chuveiro da Evisceração	25,50	2.680,36	86,32
31	41,33	Sala de Máq./ Sistema de Resfriamento	Resfriador Evaporativo	21,60	2.701,96	87,02
32	42,67	Escaldagem / Produção	Chuveiro da Escaldagem (Lavador de Carcaça)	20,90	2.722,86	87,69
33	44,00	Evisceração	Empurrador da Moela	20,40	2.743,26	88,35
34	45,33	Sala de Máq./ Sistema de Resfriamento	Câmara de Congelamento	20,00	2.763,26	88,99
35	46,67	Injetoras Automáticas e Manual	Injetora de Coxa - Corte Automático	17,07	2.780,33	89,54
36	48,00	Injetoras Automáticas e Manual	Injetora de Coxa Manual	16,44	2.796,77	90,07
37	49,33	Sala de Cortes	Mangueira - Água Quente	16,00	2.812,77	90,59
38	50,67	Plataforma / Produção	Sensibilizador para Corte do Frango	15,20	2.827,97	91,07
39	52,00	Escaldagem / Produção	Mangueira da Escaldagem	15,00	2.842,97	91,56
40	53,33	CMS	Mangueira	14,00	2.856,97	92,01
41	54,67	Evisceração	Abdômem	13,60	2.870,57	92,45
42	56,00	Sala de Miúdos	Mangueira do Miúdo	12,48	2.883,05	92,85
43	57,33	Evisceração	Cloaca	11,90	2.894,95	93,23
44	58,67	Evisceração	Mangueira da Evisceração 2	11,50	2.906,45	93,60
45	60,00	Sala de Miúdos	Chiller de Fígado + Coração - Água Gelada + Gelo	10,80	2.917,25	93,95
46	61,33	Evisceração	Mangueira da Evisceração 1	10,50	2.927,75	94,29
47	62,67	Sala de Miúdos	Chiller de Moela - Água Gelada + Gelo	10,20	2.937,95	94,62

Tabela 5.19 – Classificação das Unidades Quanto ao Consumo de Água - continuação

N. Item	% N. Item	Setores	Unidades	Cons./dia (m³/dia)	Cons./dia acum. (m³/dia)	% Acumulada
48	64,00	Injetoras Automáticas e Manual	Injetora de Peito	9,48	2.947,43	94,92
49	65,33	ETE - Estação de Trat. Efluentes	Tanques de Polímeros - Flotador	9,15	2.956,58	95,22
50	66,67	Plataforma / Produção	Mangueira Plataforma	9,00	2.965,58	95,51
51	68,00	Sala de Miúdos	Chiller de Pé - Água Gelada + Gelo	9,00	2.974,58	95,80
52	69,33	Sala de Miúdos	Chiller de Cabeça - Água Gelada + Gelo	9,00	2.983,58	96,09
53	70,67	Injetoras Automáticas e Manual	Injetora de Asa Manual	7,59	2.991,17	96,33
54	72,00	Escaldagem / Produção	Jato da Escaldagem	7,50	2.998,67	96,57
55	73,33	Injetoras Automáticas e Manual	Bomba de Limpeza de Filtros	6,96	3.005,63	96,80
56	74,67	Injetoras Automáticas e Manual	Bomba de Limpeza de Filtros	6,72	3.012,35	97,01
57	76,00	Injetoras Automáticas e Manual	Injetora de Asa Automática	6,64	3.018,99	97,23
58	77,33	Injetoras Automáticas e Manual	Bomba de Limpeza de Filtros	6,60	3.025,59	97,44
59	78,67	Injetoras Automáticas e Manual	Bomba de Limpeza de Filtros	6,60	3.032,19	97,65
60	80,00	Injetoras Automáticas e Manual	Bomba de Limpeza de Filtros	6,60	3.038,79	97,86
61	81,33	Injetoras Automáticas e Manual	Bomba de Limpeza de Filtros	6,60	3.045,39	98,08
62	82,67	ETE - Estação de Trat. Efluentes	Tanque de Polímero do Lodo	6,34	3.051,73	98,28
63	84,00	Chillers (Frango Inteiro)	Jato de Pressão	6,00	3.057,73	98,47
64	85,33	Sala de Miúdos	Jato de Pressão	6,00	3.063,73	98,67
65	86,67	Sala de Cortes	Jato de Pressão	6,00	3.069,73	98,86
66	88,00	Evisceração	Jato de Pressão	5,50	3.075,23	99,04
67	89,33	CMS	Jato de Pressão	5,50	3.080,73	99,21
68	90,67	Graxaria	Mangueiras	5,10	3.085,83	99,38
69	92,00	Sistema de Desinfecção Microbiológica	Produção de Dióxido de Cloro	4,20	3.090,03	99,51
70	93,33	Plataforma / Produção	Assepsia Funcionários / Lavador Botas	4,00	3.094,03	99,64
71	94,67	Injetoras Automáticas e Manual	Injetora de filé	3,79	3.097,82	99,77

Tabela 5.19 – Classificação das Unidades Quanto ao Consumo de Água - conclusão

N. Item	% N. Item	Setores	Unidades	Cons./dia (m³/dia)	Cons./dia acum. (m³/dia)	% Acumulada
72	96,00	Logística	Filtro Biológico	3,60	3.101,42	99,88
73	97,33	ETA - Estação de Trat. Água	Produtos Químicos	2,29	3.103,71	99,95
74	98,67	Sala de Cortes	Lavador de Botas Produção Geral	1,00	3.104,71	99,99
75	100,00	Sala de Cortes	Lavador de Avental	0,40	3.105,11	100,00

* higienização e limpeza

Figura 5.38 – Curva ABC – Consumo de Água por Unidade da Indústria

Analogamente à análise dos setores, é apresentado na Figura 5.39, o gráfico das unidades que mais consomem água na indústria pertencentes à faixa “A” da Curva ABC.

Figura 5.39 – Unidades Consumidoras de Água – Faixa A da Curva ABC

5.6. Oferta de Água na Avícola

Devido ao atual cenário de oferta de água onde há restrição quanto ao aumento da produção ao patamar desejado pela Avícola, foram estudadas as alternativas de minimização de consumo de água e geração de efluente, sendo essas:

- Uso racional da água;
- Reúso de água; e
- Abastecimento de água de outras fontes.

5.6.1. Estudo do Uso Racional da Água na Avícola

Antes de qualquer proposição de modificação estrutural, foi realizada vistoria na indústria para verificar pontos com problemas operacionais ou físicos de simples

reparos, visando a eliminação e/ou redução de perdas, racionalização do consumo e minimização dos efluentes.

Assim, foram estudadas as questões operacionais que demandam pouco custo de investimentos:

- Identificação de Perdas Físicas;
- Identificação de Operações Inadequadas;
- Melhorias Operacionais.

5.6.1.1. IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS FÍSICAS

Nessa fase objetivou-se identificar os fatores operacionais que causavam consumo excessivo de água ou ocorrência de perdas físicas. Esses fatores representam prejuízos à empresa, sendo que ao serem resolvidos, há redução de custos à mesma.

Na primeira vistoria realizada na indústria, já foram verificados alguns pontos de vazamentos e perdas de água do sistema. Esses problemas foram reportados à época, sendo que já de imediato foram sanados, não tendo sido possível levantar as respectivas vazões perdidas. Os pontos identificados foram:

a) Vazamento de água no barrilete de saída do reservatório central

Em todo o barrilete era visível a grande perda de água através das emendas das tubulações e das bombas. Essa água ao infiltrar no solo, já causava o processo erosivo na base do reservatório, sendo que futuramente causaria problemas estruturais na fundação, por falta de suporte do solo. A indústria então realizou o reparo das conexões do sistema e o vazamento foi estancado, sendo o solo recomposto.

b) Vazamento no reservatório de retorno de condensado

Junto ao prédio da caldeira está localizado o reservatório elevado onde retorna o condensado do vapor. Este apresentava vazamentos, sendo que foram reparados logo que reportado o problema.

5.6.1.2. IDENTIFICAÇÃO DE OPERAÇÕES INADEQUADAS

Dentre as vistorias nos processos da indústria, foram verificados alguns pontos que merecem atenção dos funcionários quanto ao treinamento para o manuseio correto e a implementação de pequenas melhorias de baixo custo de investimento, sendo esses:

a) Resfriadores Evaporativos

Foi verificado que algumas válvulas da tubulação de purga ficavam fechadas, o que afetava diretamente no ciclo de concentração do sistema. Apesar de terem sido instalados bicos para regular a vazão, é importante o treinamento dos operadores quanto à importância de se manter as válvulas abertas, e que isso não significa perda de água do sistema, e sim, o funcionamento correto desse.

b) Mangueiras para lavagem dos caminhões

O consumo de água é grande na lavagem dos caminhões após a descarga dos frangos. A mangueira não possui válvula para acionamento e controle de vazão, sendo que a água corre constantemente. O tempo de lavagem também não é controlado. É importante a instalação dessas válvulas ou a adoção de lavadoras de pressão cujo consumo é menor, além da realização de treinamento do operador para minimizar o consumo de água.

Considerando que atualmente são consumidos 64,6 m³/dia de água a uma vazão de 3,8 m³/h para lavar uma média de 40 caminhões ao dia, tem-se um período de 25,5 minutos de lavagem para cada caminhão.

Estimando uma redução nesse tempo de lavagem para 15 minutos, o consumo diário passará para 38 m³/dia de água, correspondendo a uma redução de 41,18%. Esse tempo foi inferido como sendo suficiente para a execução do serviço, mas em estudos futuros pode ser avaliada sua validade.

c) Mangueiras para lavagem do piso do galpão de frango vivo

Da mesma forma que para a lavagem dos caminhões, o consumo de água na lavagem do piso do galpão de frango vivo não é controlado, valendo as mesmas observações já feitas.

Sendo que atualmente são consumidos 30,6 m³/dia de água, a uma vazão de 1,8 m³/h para uma média de 40 lavagens ao dia, tem-se um período de 25,5 minutos de lavagem. Reduzindo esse tempo para 7 minutos, o consumo passaria a 8,4 m³/dia, correspondendo a 72,55% de redução. Esse tempo, similarmente ao item anterior, foi inferido, valendo os mesmos comentários realizados.

d) Estação de Tratamento de Água

Não é costume a realização da leitura de vazão de água tratada. Existe uma calha parshall nas instalações, mas é utilizada apenas para a mistura rápida. Para o controle da vazão tratada, é importante a adoção dessa prática.

5.6.1.3. MELHORIAS OPERACIONAIS

Dentre as melhorias possíveis de serem realizadas, estão algumas alterações operacionais quanto ao consumo de água e adequado tratamento do efluente.

a) Ducha de água fria (Frango Vivo)

Os frangos ao chegarem à indústria são levados para a ducha de água fria onde é utilizada água bruta. Esse sistema não possui mecanismo de controle de vazão. É importante a instalação de válvulas ou a adoção de lavadoras de pressão, além da realização de treinamento do operador para minimizar o consumo de água.

Sendo que hoje, para a ducha de 40 caminhões diários são consumidos 117,43 m³/dia de água a uma vazão de 30,5 m³/h, o tempo da ducha é de 5,78 minutos. Considerando que esse tempo, também inferido, passe a ser controlado para 5 minutos, o consumo será de 101,67 m³/dia, representando uma redução de 13,42%.

b) Instalação de Hidrômetros

Na indústria são poucos pontos com hidrômetros instalados. Entretanto não se costuma ter o hábito de realizar leituras, o que impossibilita qualquer controle sobre o consumo. É importante a instalação desses em pontos-chaves à indústria para possibilitar a identificação de perdas físicas, e controlar o consumo por setor. Dentre os pontos importantes, podem ser instalados hidrômetros nos seguintes locais:

- a) na chegada da água bruta à ETA;
- b) em cada saída do barrilete do reservatório central;
- c) na entrada de cada edificação;
- d) nos equipamentos de maior consumo de água como: resfriadores evaporativos, máquinas de fabricação de gelo, máquina de moela, *chillers*, depenadeiras; e
- e) na entrada da ETE.

c) Evisceração e Resfriamento

Durante o período de troca de turno, é realizada a manutenção do sistema para verificação do adequado funcionamento do mesmo. Entretanto, foi identificado que ao ligar os equipamentos, o sistema de alimentação de água também é ligado, ficando esse importante recurso constantemente sendo descartado, tornando-se um fator de custo não produtivo. É interessante a adoção de algum mecanismo independente de acionamento de água aos equipamentos ou um sensor por fotocélula que o ligue caso haja frangos presos à nória.

Considerando que são consumidos 404,6 m³/dia de água a uma vazão de 23,8 m³/h, se essa vazão for reduzida em 75% no período de manutenção, serão consumidos 5,95 m³/h. Essa vazão atualmente não é computada no consumo, não estando dentro dos 404,6 m³/dia. Somando esse valor, o volume utilizado será de 410,55 m³/dia.

d) Resfriamento das Carcaças de Frango

Para o estudo de minimização de consumo de água e de geração de efluente no sistema de resfriamento das aves é importante ter o conhecimento das limitações legais e técnicas existentes.

Segundo a Portaria nº 210 de novembro de 1998 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, para o sistema de resfriamento das aves após as etapas de evisceração e lavagem, devem ser considerados os seguintes aspectos:

- O pré-resfriamento poderá ser realizado através de:
 - a) aspersão de água gelada;
 - b) imersão em água por resfriadores contínuos, tipo rosca sem fim;
 - c) resfriamento por ar (câmaras frigoríficas);
 - d) outros processos aprovados pelo DIPOA.

- É exigida a instalação de hidrômetro para controle do volume da água consumida, de no mínimo 1,5 (um e meio) litros por carcaça, quando trata-se de pré-resfriamento por imersão em água;
- A renovação de água ou água gelada dos resfriadores contínuos tipo rosca sem fim, durante os trabalhos, deverá ser constante e em sentido contrário à movimentação das carcaças (contracorrente), na proporção mínima de 1,5 (um e meio) litros por carcaça no primeiro estágio e 1,0 (um) litro no último estágio;
- A água de renovação do sistema de pré-resfriamento por imersão poderá ser hiperclorada, permitindo-se no máximo 5 ppm de cloro livre;
- A temperatura da água residente, medida nos pontos de entrada e saída das carcaças do sistema de pré-resfriamento por imersão, não deve ser superior a 16°C e 4°C, respectivamente, no primeiro e último estágio, observando-se o tempo máximo de permanência das carcaças no primeiro, de trinta minutos;
- No sistema de pré-resfriamento por aspersão ou imersão por resfriadores contínuos, a água utilizada deve apresentar os padrões de potabilidade previstos no Artigo 62 do RIISPOA, não sendo permitida a recirculação da mesma;
- O reaproveitamento da água nos pré-resfriadores contínuos por imersão poderá ser permitido, desde que venha a apresentar novamente os padrões de potabilidade exigidos, após adequado tratamento;
- Não será permitido o retorno das águas servidas. Permitir-se-á a confluência da rede das águas servidas dos pré-resfriadores para condução de outros resíduos não comestíveis, desde que comprovadamente tais conexões não promovam nenhum inconveniente tecnológico e higiênico-sanitário.

O processo de resfriamento na Avícola é realizado por imersão em água, sendo que seu consumo é elevado, apresentando 144 m³/dia no *Pré-Chiller* e 144 m³/dia no *Chiller*.

Uma alternativa para a redução de consumo de água é a alteração do processo substituindo o *Chiller* pela prática de resfriamento por aspersão de água gelada ou por resfriamento por ar através de câmaras frigoríficas.

Considerando a adoção do resfriamento por ar, o consumo de água será somente no *Pré-Chiller* (144 m³/dia). Para a realização dessa alteração, será necessário modificar os equipamentos, levando a nória à câmara frigorífica.

A partir de informações da indústria, o atual consumo específico de água no *Pré-Chiller* obedece aos valores mínimos estabelecidos pela Portaria n°. 210. Assim, não é possível sua redução.

A redução do consumo de água no setor de resfriamento de frango inteiro será, portanto de 50% ao adotar o resfriamento com ar no lugar do *Chiller*, conforme mostra a Tabela 5.20.

Tabela 5.20 – Redução de Consumo no Resfriamento de Frango Inteiro

Consumo Atual (m ³ /dia)	Consumo Proposto (m ³ /dia)	Redução no Consumo
288,00	144,00	50%

Entretanto, o sistema de cloração também terá redução no consumo de água, uma vez que não será aplicada a solução de dióxido de cloro no *Chiller*. Deixarão de ser consumidos 1,85 m³/dia dos 4,2 m³/dia atuais, reduzindo em 44,05% o consumo de água.

e) Lavagem de Equipamentos e Pisos da Produção

Em todo processo de lavagem (equipamentos e pisos) é utilizada a água proveniente do reservatório central. Apesar de já serem recolhidas as partes sólidas maiores, uma forma de minimizar seu consumo é a adoção de limpeza a seco das partes menores que geralmente não são colhidas, ou seja, a coleta dos sólidos sem a utilização de água antes da realização da lavagem. Esse procedimento pode reduzir consideravelmente o consumo de água.

Tem-se nas áreas de evisceração, sala de miúdos, sala de cortes e de CMS um volume total de 78,5 m³/dia de água consumida. Considerando que são realizadas 5 lavagens ao dia (uma antes do início do primeiro turno, uma no intervalo para almoço, outra no intervalo entre turnos, a quarta no intervalo do segundo turno e a

última ao final do processamento diário), tem-se um consumo de 15,70 m³/lavagem. No processo de lavagem é realizado o primeiro enxágüe para facilitar a limpeza e o segundo enxágüe para finalização.

Adotando limpeza a seco de todas as partes sólidas que tenham ficado no ambiente e nos equipamentos, o primeiro enxágüe pode ter o consumo de água reduzido. Considerando que sejam consumidos com essa redução 12,0 m³ de água por lavagem, tem-se o consumo de 60,0 m³/dia, o que representa uma redução de 23,57%.

f) Resfriadores Evaporativos

Conforme apresentado anteriormente, o atual ciclo de concentração do sistema dos resfriadores evaporativos encontra-se muito abaixo da concentração máxima que o sistema pode atingir para o parâmetro mais restritivo, a sílica.

Para minimizar o consumo de água de reposição no sistema, foi analisado o aumento do ciclo de concentração de 2 para 5.

Pela Tabela 5.21, como pode ser verificado, com o aumento do ciclo de concentração no sistema, o consumo de água de reposição passou de 289,44 m³/dia (vazão atual) para 180,90 m³/dia, representando 37,50% de redução. Por consequência, a purga foi reduzida de 120,6 m³/dia para 12,06 m³/dia, ou seja, 90% de redução na sua produção.

O balanço hídrico dessa nova configuração é apresentado na Tabela 5.22 e na Figura 5.40.

Tabela 5.21 – Projeção das Vazões nos Resfriadores Evaporativos para Ciclo de Concentração 5

ITEM	RESFRIADORES EVAPORATIVOS							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Regime de Operação (h/dia)	24	24	24	24	24	24	24	24
Vazão de recirculação (m ³ /h)	50,00	60,00	120,00	120,00	60,00	120,00	140,00	670
Gradiente de Temperatura (°C)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Origem da Água de Reposição	ETA + Poços	ETA + Poços	ETA + Poços	ETA + Poços	ETA + Poços	ETA + Poços	ETA + Poços	ETA + Poços
Perda por Evaporação (m ³ /dia)	10,80	12,96	25,92	25,92	12,96	25,92	30,24	144,72
Perda por Arraste (m ³ /dia)	1,80	2,16	4,32	4,32	2,16	4,32	5,04	24,12
Purgas (m ³ /dia)	0,90	1,08	2,16	2,16	1,08	2,16	2,52	12,06
Reposição (m ³ /dia)	13,50	16,20	32,40	32,40	16,20	32,40	37,80	180,90

Tabela 5.22 – Vazões nos Resfriadores Evaporativos

Local	Vazão (m ³ /dia)
Reposição Q	180,90
Purga P	12,06
Evaporação E	144,72
Arraste A	24,12

Figura 5.40 – Balanço Hídrico nos Resfriadores Evaporativos para Ciclo de Concentração 5

g) Estação de Tratamento de Esgotos

À época da vistoria, a ETE não se encontrava operando adequadamente, sendo que o tanque de flotação necessitava de manutenção nas pás removedoras de espuma, cuja maioria estava fora de operação. Foi verificado também que o tanque de equalização logo no início do sistema de tratamento não possuía os misturadores para manter a homogeneidade do efluente. Essas unidades em perfeito estado de conservação e operação são de extrema importância na qualidade do efluente tratado.

5.6.1.4. RESULTADOS DO USO RACIONAL

Com base nas avaliações realizadas através do uso racional da água, foram verificadas que são várias as melhorias possíveis antes de qualquer intervenção de maior porte.

Na Tabela 5.23 é apresentado o atual consumo de água nas atividades desenvolvidas e o consumo após a implantação das proposições de otimização do uso. Mesmo havendo aumento no consumo de água em função do volume de água utilizada na manutenção dos equipamentos da evisceração e resfriamento, foi possível a redução de água na indústria. Dos locais analisados, a redução total foi de 29,25%, ou seja, redução de 331,50 m³/dia.

Tabela 5.23 – Resumo da Redução do Consumo da Água nos Locais com Uso Racional

Local	Consumo Atual (m ³ /dia)	Consumo Racional (m ³ /dia)	Redução ou Aumento no consumo (%)
Lavagem dos Caminhões	64,6	38,0	Redução 41,18
Lavagem Piso Galpão Frango Vivo	30,6	8,4	Redução 72,55
Ducha Água Fria (Frango Vivo)	117,43	101,67	Redução 13,42
Evisceração e Resfriamento	404,6	410,55	Aumento 1,47
Resfriamento das Carcaças de Frango	144,0	0	Redução 100,00
Produção de Dióxido de Cloro	4,2	2,35	Redução 44,05
Lavagem Equipam. Piso Produção	78,5	60,0	Redução 23,57
Resfriad. Evapor. (água de reposição)	289,44	180,90	Redução 37,50
Total	1.133,37	801,87	Redução 29,25

Após o balanço hídrico na indústria (Figura 5.41) com a realização das intervenções propostas do uso racional, na Tabela 5.24 é mostrada a redução de 12,64% na demanda total da indústria, havendo uma sobra de oferta de 331,50 m³/dia.

Tabela 5.24 – Redução da Demanda de Água na Indústria

Demanda	Consumo Atual (m³/dia)	Consumo Racional (m³/dia)	Redução no consumo (%)
Água Bruta	117,43	101,67	13,42
Água Potável	2.504,28	2.188,54	12,61
Total	2.621,71	2.290,21	12,64

Considerando que a produção atual de 155.000 aves/dia seja mantida com a demanda de água resultante do uso racional, o consumo específico passa a ser de 14,77 L/ave, representando uma redução de 12,66%.

Com esse novo consumo específico e oferta de água de 2.621,71 m³/dia, a produção poderia ser aumentada para 177.502 aves/dia.

Na seqüência, na Tabela 5.25, é mostrado o efluente final tratado na indústria. Verifica-se que houve uma redução em seu volume diário, resultante da diminuição no consumo de água.

Tabela 5.25 – Redução da Geração de Efluentes com Uso Racional da Água

Local	Geração Atual (m³/dia)	Geração Racional (m³/dia)	Redução (%)
Efluente Final Tratado na ETE	1.560,62	1.278,23	18,09

Figura 5.41 – Macro Fluxo do Balanço Hídrico da Indústria com Uso Racional da Água

5.6.2. Reúso de Água

Após avaliar as possibilidades de minimização do consumo da água através do conceito do uso racional da água, pode-se então partir para outros mecanismos que envolvem maiores investimentos. Dentro desses mecanismos, há possibilidade da adoção das técnicas de aproveitamento da água na forma de reúso, podendo este ser em cascata ou através de efluentes tratados.

Para viabilizar o reúso foi necessário identificar os efluentes gerados nos processos (oferta de água de reúso) conforme mostrado na Tabela 5.26. É importante também a identificação desses em função de sua temperatura de forma a direcionar os possíveis usos. Todas essas informações foram extraídas do balanço hídrico apresentado anteriormente, e também dos volumes resultantes do uso racional propostos para a indústria.

Tabela 5.26 – Geração de Efluentes como Oferta de Água na Indústria - continua

Setores	Produção/dia (m³/dia)	Temperatura da Água
Resfriamento		
Chuveiro	50,03	ambiente
Pré-Chiller	145,85	ambiente
Chiller Miúdos	39,50	fria
<i>Total Gerado no Sistema</i>	<i>235,38</i>	
Degelo		
Túnel de Congelamento	7,15	fria
Câmara Frigorífica	20,00	fria
<i>Total Gerado no Sistema</i>	<i>27,15</i>	
Sistema Resfriamento de Máquinas		
Resfriadores Evaporativos	12,06	ambiente
<i>Total Gerado no Sistema</i>	<i>12,06</i>	

Tabela 5.26 – Geração de Efluentes como Oferta de Água na Indústria - continuação

Setores	Produção/dia (m³/dia)	Temperatura da Água
Evisceração		
Empurrador de Moela	20,70	fria
Máquina de Moela	169,05	fria
Lavador de Moela	50,03	fria
<i>Total Gerado no Sistema</i>	<i>239,78</i>	
ETA		
Descarte de Lodo do Decantador	22,40	ambiente
Lavagem Filtros	15,00	ambiente
<i>Total Gerado no Sistema</i>	<i>37,40</i>	
ETE		
Efluente Tratado	1.278,23	quente
<i>Total Gerado no Sistema</i>	<i>1.278,23</i>	
Total Geral de Oferta de Água	1.830,00	

A partir da tabela anterior, as águas podem ser divididas em função de sua temperatura, onde a maior oferta é de água quente com 1.278,23 m³/dia, podendo ser visualizado na Tabela 5.27.

Tabela 5.27 – Efluente como Oferta de Água na Indústria em Função da Temperatura

Temperatura da Água	Produção (m³/dia)
Ambiente (próximo de 20°C)	245,34
Fria (entre 4 e 16°C)	306,43
Quente (próximo de 60°C)	1.278,23

A representação gráfica dessa oferta de água é mostrada na Figura 5.42 a seguir:

Figura 5.42 – Efluente como Oferta de Água em Função da Temperatura

Com base na avaliação do uso racional da água, alguns valores de demanda sofreram alterações em comparação ao atual cenário mostrado anteriormente no item 5.5.

Dentro da demanda de água de reúso, não há demanda por água quente, sendo requisitado 380,0 m³/dia de água em temperatura ambiente e 39 m³/dia de água fria. A oferta de água de reúso em temperatura ambiente pode ser suprida com a água em temperatura fria, já que esta é bem maior do que a vazão demandada, não sendo necessário o uso da água quente. Deve-se considerar que a água quente por ser proveniente de efluente da ETE, requer um tratamento com tecnologia mais cara e complexa, sendo que sua utilização seria viável a partir do momento que as demais ofertas estivessem esgotadas.

Reúso em Cascata

Pode-se entender como reúso em cascata a utilização de um efluente diretamente em um processo subsequente, onde as características do efluente disponível são compatíveis com os padrões de qualidade da água a ser utilizada (FIESP/CIESP, 2004).

Atualmente na Avícola, todos os efluentes são lançados em canaletas de drenagem onde são misturados entre si para o posterior tratamento na ETE. A premissa do reúso em cascata é o recolhimento do efluente antes de se misturar aos outros, facilitando seu aproveitamento.

Ainda dentro do conceito de reúso em cascata está o aproveitamento do efluente gerado misturado à água do sistema de abastecimento. Essa prática apresenta

vantagem em possibilitar o reúso quando a qualidade do efluente gerado encontra-se com valores de concentração acima das características requeridas e com a diluição na água de abastecimento, sua utilização é viabilizada.

Como recomendação ao reúso em cascata, é importante a realização de teste piloto antes da implantação do sistema para avaliar sua aplicabilidade e depois de implantado, deve ser realizado o monitoramento adequado para garantir a qualidade da água de reúso ao longo do tempo, pois podem ocorrer variações nas vazões geradas e também na qualidade do efluente.

Assim, foram realizadas análises qualitativas de algumas linhas de efluentes de interesse ao reúso, sendo que cada efluente teve seu reúso em cascata analisado individualmente como apresentado mais adiante.

Reúso de Efluentes Tratados

O reúso de efluentes tratados é a utilização de um efluente submetido a um processo de tratamento (FIESP/CIESP, 2004), podendo ocorrer de diversas maneiras, sendo que o efluente pode ser de uma linha específica onde após algum tratamento possa ser utilizado em um outro processo ou retornar ao mesmo, ou então depois de misturados, receber tratamento e ser destinado a algum uso.

Da mesma forma que o reúso em cascata, o reúso de efluentes tratados também é definido em função da qualidade do efluente tratado e da qualidade requerida no processo que o utilizará.

5.6.3 Estudos de Alternativas para Reúso de Água

Com os dados das curvas ABC apresentados anteriormente, foram identificados os setores e as unidades produtivas que mais consomem água. Também foram consideradas unidades que mesmo não estando na faixa A da Curva ABC, possuem potencial de reutilização ou minimização de consumo de água. São esses setores e respectivos locais analisados:

a) Resfriamento dos frangos:

- *Pré-Chiller.*

b) Degelo:

- Túnel de congelamento; e
- Câmara frigorífica.

c) Sistema de resfriamento de máquinas:

- Resfriadores evaporativos.

d) Evisceração:

- Empurrador de moela;
- Máquina de moela; e
- Lavador de moela.

e) ETA:

- Descarte de lodo do decantador; e
- Lavagem do filtro.

5.6.3.1 ESTUDO DE ALTERNATIVAS NO SETOR DE RESFRIAMENTO DAS AVES

Após o estudo do uso racional da água onde o *Chiller* foi substituído por resfriamento com ar em câmara frigorífica, o consumo de água ocorrerá somente no *Pré-Chiller*.

Foi então realizado o estudo do aproveitamento da água na forma de reúso em cascata e reúso de efluente tratado.

Alternativa 1: Reúso em Cascata da Água do Pré-Chiller na Calha de Evisceração

O aproveitamento da água descartada do *Pré-Chiller* sem o prévio tratamento pode ser realizado nas calhas de coleta de vísceras não comestíveis, conduzindo-os ao setor de produção de farinha na graxaria.

Atualmente as vísceras são lançadas na canaleta de drenagem que coleta todos os efluentes da Produção, e encaminhadas à Graxaria. A vantagem da segregação do

efluente gerado do descarte do *Pré-Chiller*, não misturando aos demais efluentes, é o aumento das possibilidades de seu aproveitamento como água de reúso.

Assim, o fato de atualmente não ser utilizada água proveniente do reservatório central nesse setor, não haverá como resultado do reúso da água, a redução do consumo de água na indústria.

Segundo obtido junto à indústria, a vazão média de água necessária nas calhas das vísceras é de 21,06 m³/h. Considerando que o setor trabalha 17 horas por dia, o volume diário de água consumido é de 358,02 m³/dia, conforme mostra a Tabela 5.28.

Tabela 5.28 – Demanda de Água na Calha de Vísceras

Parâmetro	Quantidade
Vazão na calha	21,06 m ³ /h
Horas de trabalho	17 h
Vazão total	358,02 m ³ /dia

No *Pré-Chiller*, o volume diário consumido de água é de 144 m³/dia. Entretanto, o tanque é preenchido no início da operação somando um volume de 56 m³. Assim, o volume que estará repondo a água para manter a temperatura a 16° C resultará em 88 m³/dia. Esse volume é distribuído ao longo das 6 horas de operação de resfriamento, acarretando em uma vazão de reposição de 14,67 m³/h. Assim, o efluente à mesma vazão pode ser direcionado para as calhas de coleta das vísceras. Como o fornecimento dessa água nas calhas de vísceras é restrito a apenas 6 horas e com vazão abaixo do necessário (déficit de 6,39 m³/h), é necessária a complementação dessa vazão e também para as demais 11 horas restantes de operação do setor de evisceração, devendo ser mantido o atual sistema de alimentação (água potável do reservatório) ou a alimentação de água de outro processo. Na tabela a seguir são apresentados os dados da água que alimentará a calha de evisceração.

Tabela 5.29 – Fornecimento de Água do Pré-Chiller na Calha de Evisceração

Parâmetro	Quantidade
Horas de fornecimento	6 h
Vazão de fornecimento do Pré-Chiller	14,67 m ³ /h
Volume total fornecido do Pré-Chiller	88 m ³ /dia
Vazão no período de 6 h (fonte complementar)	6,39 m ³ /h
Volume no período de 6 h (fonte complementar)	38,34 m ³ /dia

Na Figura 5.43, é apresentado o diagrama de blocos proposto de água a ser descartado do *Pré-Chiller* e ser reutilizado na calha de vísceras.

Figura 5.43 – Balanço Hídrico no Pré-Chiller e na Calha de Vísceras

No setor de evisceração, quanto ao aproveitamento da água em cascata na calha de vísceras, é possível obter uma redução de consumo de água potável do reservatório central de 24,58%, conforme apresentado na Tabela 5.30.

Tabela 5.30 – Porcentagem de Reúso de Água na Calha de Vísceras

Local	Volume de Água (m ³ /dia)
Calha de Evisceração (consumo atual)	358,02
Água de reúso do Pré-Chiller	88,00
Porcentagem de água de reúso	24,58%

Alternativa 2: Reúso de Efluente Tratado do Pré-Chiller

Como características principais, tem-se que a água de resfriamento, após sair do *Pré-Chiller*, apresenta concentrações de óleos e graxas e $\text{DBO}_{5,20}$, com os respectivos valores médios de 3.000 mg/L e 680 mg/L.

No *Pré-Chiller*, o volume diário consumido de água é de 144 m³/dia. Entretanto, o tanque é preenchido no início da operação somando um volume de 56 m³. Assim, o volume que estará repondo a água para manter a temperatura resultará em 88 m³/dia. Esse volume é distribuído ao longo das 6 horas de operação de resfriamento, acarretando em uma vazão de reposição de 14,67 m³/h.

Assim, há duas formas de oferta de água de reúso:

- Geração contínua de efluente (14,67 m³/h) por 6 horas;
- Efluente do descarte final do processo de resfriamento (56 m³).

a) Geração Contínua de Efluente

Como alternativa ao reúso, a água descartada do *Pré-Chiller* durante o processo de resfriamento apresenta vazão constante de 14,67 m³/h durante 6 horas. Essa água pode receber tratamento e depois ser reutilizada.

Assim, para manter a vazão constante no sistema de tratamento, foi prevista a instalação a montante desse, de um tanque de equalização de vazão. Esse tanque também tem a função de manter as características físicas e químicas do efluente de forma homogênea, o que facilita o tratamento.

Na seqüência, para remoção do óleo e graxas do efluente, foi previsto um tratamento preliminar composto por um tanque de retenção de óleo. Removido o óleo, partiu-se para o tratamento do efluente através de sistema por membranas de ultrafiltração, podendo obter água com qualidade próxima à potabilidade.

Para o dimensionamento do tanque de equalização têm-se os seguintes parâmetros de entrada:

- *Pré-Chiller*:
 Tempo de operação (T) : 6 h/d
 Vazão média de efluente (Q_e): 14,67 m³/h
- Sistema de Tratamento (membranas):
 Tempo de operação (t): 8 h/d

O volume do tanque de equalização (V_{eq}) é definido conforme equação a seguir:

$$V_{eq} = (Q_e - Q_s) \times t \quad (5)$$

Onde:

Q_e = vazão de entrada (m^3/h)

Q_s = vazão de saída (m^3/h) = $(Q_e \times T) / t$

t = tempo de funcionamento do sistema de tratamento (membranas)

Assim, tem-se:

$Q_s = 11,00 \text{ m}^3/h$

$V_{eq} = 29,36 \text{ m}^3$

$t' = \text{tempo de detenção (h)} = V_{eq} / Q_e$

$t' = 2,0 \text{ h}$

Na seqüência, na Tabela 5.31, são apresentadas as características do tanque de equalização.

Tabela 5.31 – Características do Tanque de Equalização – Geração Contínua de Efluente

Item	Descrição
Largura	3,85 m x 3,85 m
Altura útil	2 m
Altura total	2,4 m
Volume útil	29,65 m^3
Equipamento	2 misturadores submersíveis
Entrada do efluente	superior
Saída do efluente	inferior*

* conduzido por gravidade ao tanque de retenção de óleo

Quanto ao dimensionamento do tanque de retenção de óleo, foram considerados os seguintes parâmetros de projeto:

- Vazão de entrada (Q_e) : $11,00 \text{ m}^3/h$
- Tempo de operação sistema de tratamento (membrana) (t) : 8 h/d
- Temperatura do líquido : $< 25^\circ\text{C}$

- Tempo de detenção (t') : 5 min (função da temperatura do líquido)

O volume do tanque de retenção (V) é definido conforme equação a seguir:

$$V = Q_e \times t \times t' \quad (6)$$

Sendo que a concentração de óleos e graxas é de 3.000 mg/L, tem-se que para uma vazão de efluente de 11,00 m³/h por 8 horas, tem-se uma quantidade removida de óleo de 264,06 kg/dia.

Na sequência são apresentadas as características do tanque de retenção de óleo.

Tabela 5.32 – Características do Tanque de Retenção de Óleo

Item	Descrição
Tipo	Retangular e fundo inclinado*
Volume útil	0,31 m ³
Altura menor (entrada)	0,4 m
Altura maior (saída)	0,85 m
Largura	0,50 m
Comprimento	1,00 m
Equipamento	2 cortinas
Entrada do efluente	superior
Saída do efluente	superior
Quantidade de óleo retido	264,06 kg/dia

* para evitar acúmulo de sólidos grosseiros sedimentáveis

O custo estimado para a aquisição e implantação dos tanques é apresentado na Tabela 5.33.

Tabela 5.33 – Custos dos Tanques para Tratamento de Efluentes

Unidade a Implantar	Custo de Implantação (R\$)*
Tanque de Equalização	17.900,00
Tanque de Retenção de Óleo	18.000,00
Total	35.900,00

* base junho/2006

A jusante do tanque de retenção de óleo foi previsto o sistema de tratamento por membranas. Como esse sistema opera sobre pressão, foi considerado um sistema de recalque para alimentá-lo.

Assim, após a remoção do óleo e graxas, o efluente segue para o sistema de tratamento por membranas, que consiste de módulos de membranas de ultrafiltração, cujo parâmetro de qualidade utilizado para controle do tratamento foi a concentração de DBO. A seguir são apresentados os parâmetros de projeto:

- **Afluente ao sistema de tratamento:**

Vazão de alimentação : $Q_A = 11,00 \text{ m}^3/\text{h}$;

Concentração de DBO : $C_A = 578 \text{ mg/L}$ (para efeito de dimensionamento foi considerado que parte da DBO original ficou retida no tanque de retenção de óleo, ou seja, 15%);

Concentração de SST : 9 mg/L ;

Concentração de ClO_2 : 5 mg/L .

- **Sistema de Tratamento (membranas):**

Tipo de sistema adotado : ultrafiltração;

Fabricante das membranas : Hydranautics;

Modelo dos módulos : HYDRAcap40 – IND;

Taxa de produção da membrana : $q_M = 0,13 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$;

Área de membrana por módulo : $a_M = 29,7 \text{ m}^2$.

A escolha pelo sistema de membranas por ultrafiltração ocorreu em função da possibilidade de viabilizar o reúso da água tratada. Ainda, segundo Metcalf & Eddy (2003), esse tipo de tratamento remove macromoléculas, colóides, proteínas, matéria orgânica biodegradável, grande parte dos poluentes orgânicos, sólidos suspensos totais, grande parte das bactérias, removendo ainda protozoários e ovos de helmintos.

Quanto à remoção de DBO, a AWWA (1996) cita que para um afluente com concentração entre 200 e 1000 mg/L, o efluente chega a atingir concentração menor que 10 mg/L.

Assim, como parâmetro para controle do efluente tratado para possibilitar o estudo de reúso foi utilizado a DBO, pois esta se encontra em elevada concentração

comparado aos demais parâmetros e nesse caso apresenta maior restrição quanto à utilização do efluente.

Para a verificação da possibilidade de reúso, foi realizado dimensionamento do sistema de tratamento por membrana de ultrafiltração e realizado o balanço de massa para identificar as concentrações do permeado e do concentrado. A seguir são apresentados na Tabela 5.34 os resultados do dimensionamento do sistema, sendo que no Anexo 6 é apresentado também o resultado fornecido pelo Software Hydranautics – Sistemas Membranas v. 2006, onde já são informados os custos de produtos químicos e energia elétrica.

Tabela 5.34 – Resultados do Dimensionamento do Sistema por Membranas para Geração Contínua de Efluentes do Pré-Chiller

Item	Resultado
Área de membrana $A_M = Q_P / q_M$	$A_M = 76,92 \text{ m}^2$
Número de módulos $N_M = A_M / a_M$	$N_M = 3 \text{ módulos}$
Número de módulos por vaso $N_V = N_M / n$	$n = 3 \text{ (adotado)}$ $N_V = 1 \text{ vaso}$
Taxa de recuperação $Y = Q_P / Q_A$	$Q_P = 10,00 \text{ m}^3/\text{h}^*$ $Y = 0,94 = 94\%$
Passagem de contaminantes $P_C = C_P / C_A$	$C_P = 10 \text{ mg/L (adotado)}$ $P_C = 0,0173 = 1,73\%$
Taxa de rejeição de contaminantes $R_C = 1 - P_C$	$R_C = 0,9827 = 98,27\%$
Fator de concentração de contaminantes $F_C = \%C_R / \%C_A$	$\%C_R = 1 - Y \cdot P_C = 0,9837 = 98,37\%$ $\%C_A = 1 - Y = 0,06 = 6\%$ $F_C = 16,40 \text{ vezes mais no concentrado}$
Concentração de contaminantes $C_R = C_A \cdot F_C$	$C_R = 9.480,97 \text{ mg/L}$

* resultado do Software Hydranautics – Sistemas Membranas v. 2006

Para determinar as vazões das entradas e saídas do sistema foi realizado o balanço de massa, sendo que para o sistema de separação por membranas não há produção de novos constituintes e nem destruição de contaminantes. Por ser um regime estacionário também não há acúmulo de matéria no sistema. Assim, tudo o que entra ao sistema deve ter a mesma quantidade na saída.

Pelas equações a seguir, foram determinados os valores de vazões e concentrações de cada linha de fluxo.

$$Q_A = Q_P + Q_R \quad (7)$$

$$Q_A \cdot C_A = Q_P \cdot C_P + Q_R \cdot C_R \quad (8)$$

Onde:

Q_A = vazão de alimentação = 11,00 m³/h (dado de entrada)

Q_P = vazão de permeado = 10,00 m³/h (fornecido pelo Software Hydranautics)

Q_R = vazão de concentrado = 1,00 m³/h (determinado no balanço de massa)

C_A = concentração de contaminante na alimentação = 578 mg/L (dado de entrada)

C_P = concentração de contaminante no permeado = 10 mg/L (adotado)

C_R = concentração de contaminante no concentrado = 9.480,97 mg/L (resultado Tabela 5.34)

Nas Tabelas 5.35 a 5.37 a seguir são apresentados os custos referentes à implantação e operação do sistema para o processo de tratamento.

Tabela 5.35 – Custo de Implantação do Sistema de Separação por Membranas

Unidade a Implantar	Custo de Implantação (R\$)**
Tratamento por Ultrafiltração*	200.000,00
Total	200.000,00

* Sistema com automação de válvulas, bombas de alimentação e sistema de limpeza química.

** base junho/2006

Tabela 5.36 – Custo Médio Mensal de Energia Elétrica

Consumo Médio Diário (kw/dia)	Dias Trabalhados	Consumo Médio Mensal (kw/mês)	Custo Unitário de Energia Elétrica (R\$/kw)	Custo Mensal de Energia Elétrica (R\$)
2,3*	25 **	57,5	0,226***	13,0

* valor calculado no Software Hydranautics – Sistemas Membranas v.2006

** média de dias trabalhados - base janeiro a julho/2006

*** base junho/2006

Tabela 5.37 – Custo Médio Mensal de Produtos Químicos

Custo Diário (R\$/dia)	Dias Trabalhados	Custo Mensal de Produtos Químicos (R\$)
4,72*	25 ***	118,02

* valor calculado em dólar** no Software Hydranautics – Sistemas Membranas v.2006

** base US\$1,0 = R\$2,248 (site <http://www.acinh.com.br/cotacao.html>. Acesso em 14/12/2006)

*** média de dias trabalhados - base janeiro a julho/2006

Na Figura 5.44 é apresentado o fluxograma do sistema projetado.

Figura 5.44 – Balanço Hídrico no Sistema de Tratamento de Efluentes do Pré-Chiller (Geração Contínua)

b) Efluente do Descarte Final do Processo de Resfriamento

Ao final do processo de resfriamento, o tanque do *Pré-Chiller* é descarregado e o efluente é encaminhado à ETE, somando um volume de 56 m³. Em função de sua grande quantidade, esse descarte foi estudado quanto ao seu potencial de reaproveitamento.

As características qualitativas desse efluente são idênticas ao estudado anteriormente, sendo que o projeto seguiu a mesma metodologia.

Foi considerado que a descarga do tanque ocorre a uma taxa constante de 11,0 m³/h durante 5,1 horas, não sendo necessária a implantação de tanque de

equalização. Foram previstos tratamento para remoção de óleos e graxas e um sistema de tratamento por membranas através da ultrafiltração. Esses sistemas podem ser os mesmos da avaliação apresentada anteriormente, visto que ficarão ociosos durante o período de operação de resfriamento, ou seja, operarão em períodos diferentes.

Na Figura 5.45 é apresentado o fluxograma para o sistema proposto.

Figura 5.45 – Balanço Hídrico no Sistema de Tratamento de Efluentes do Pré-Chiller (Descarte Final)

c) Estudo de Alternativas de Reúso

Na Tabela 5.38 a seguir são apresentados os montantes disponíveis ao reúso a partir dos sistemas de tratamento projetado.

Tabela 5.38 – Oferta de Água para Reúso do Pré-Chiller

Fonte da Água de Reúso	Volume (m³/dia)	Concentração SST (mg/L)	Concentração DBO (mg/L)
Água do resfriamento (geração contínua)	80,0	0	10
Água do descarte final	51,0	0	10
Total	131,0	-	-

Dentre as atividades existentes na indústria, as que possuem potencial da prática de reúso de água são as listadas na Tabela 5.39 a seguir com os respectivos valores máximos de concentração de DBO permitidos.

Tabela 5.39 – Valores Máximos de Concentração de DBO em Função do Uso Industrial para Água de Reúso

Atividade Industrial	Valor Máximo Recomendado para a Concentração DBO (mg/L)
Ducha de água fria dos frangos vivos	5,0*
Resfriador Evaporativo	30,0**
Lavagem de caminhões após descarga dos frangos	10,0**
Ventiladores e aspersores de água dos frangos vivos	10,0**

* Base na atual qualidade de água utilizada: água bruta de manancial superficial de Classe 2

** EPA (2004)

Conforme pode ser verificado, apenas a ducha de água fria requer água com menor concentração de DBO. Considerando que a água de reúso possui concentração de 10 mg/L, misturar à água bruta não reduziria sua concentração. Assim, essa alternativa foi descartada.

Das possíveis alternativas de reúso, são apresentadas a seguir, na Tabela 5.40, as demandas existentes já considerando o uso racional da água.

Tabela 5.40 – Demandas de Água de Reúso do Pré-Chiller

Atividade Industrial	Demanda (m³/dia)
Resfriador Evaporativo	180,90
Lavagem de caminhões após descarga dos frangos	38,0
Ventiladores e aspersores de água dos frangos vivos	119,0

5.6.3.2 ESTUDO DE ALTERNATIVAS DA ÁGUA DE DEGELO

Conforme visto anteriormente, a água do degelo do túnel de congelamento e da câmara frigorífica é lançada na drenagem existente.

Essa água possui potencial de reúso, visto que não possui contaminantes em quantidades mensuráveis. Entretanto, devido à forma em que é realizada a coleta dessa água (a água degelada escoar superficialmente no piso e é coletada na tubulação de drenagem dos silos), será necessário realizar uma filtração para reter partículas sólidas provenientes do piso dessas unidades de congelamento.

Para esse tipo de água, um sistema de filtração será o suficiente para possibilitar o seu aproveitamento. A Tabela 5.41 apresenta os dados relativos ao efluente gerado no degelo.

Tabela 5.41 – Efluente Gerado no Degelo

Unidade	Periodicidade	Volume
Túnel de Congelamento	semanal	50,0 m ³ /dia
Câmara Frigorífica	diário	20,0 m ³ /dia

Foi dimensionado um sistema de filtração composto por dois filtros de pressão pré-fabricados, devido à vantagem de seu tamanho reduzido e fácil instalação, podendo ser desmontado e deslocado para outra área. Assim, para a água do degelo do túnel de congelamento, os dois filtros poderão operar em paralelo cada um com 25 m³/dia, e para a câmara frigorífica, bastará um desses filtros operando com 20 m³/dia.

Na Tabela 5.42 são apresentadas as características do sistema de filtração e nas Tabelas 5.43 e 5.44, as características das camadas filtrantes.

Tabela 5.42 – Sistema de Filtração da Água de Degelo

Característica	Descrição
Quantidade de filtro	2
Camada filtrante	Dupla: areia e antracito
Temperatura da água de alimentação	6°C
Viscosidade dinâmica ou absoluta	0,001519 Pa.s
Viscosidade cinemática	0,00000151 m ² /s
Velocidade de aproximação	0,01388889 m/s
Peso específico	9806 N/m ³
Vazão de alimentação	20 – 25 m ³ /dia*
Tempo de filtração	10 h/dia

Obs. Adotado o mesmo sistema para a água de degelo do túnel de congelamento e câmara frigorífica

Tabela 5.43 – Características da Camada Filtrante de Areia*

Característica	Descrição
espessura	0,25 m
diâmetro equivalente	1,06 mm
porosidade	45%
esfericidade	0,75

* Parâmetros adotados para o dimensionamento

Tabela 5.44 – Características da Camada Filtrante de Antracito*

Característica	Descrição
espessura	0,40 m
diâmetro equivalente	1,38 mm
porosidade	58%
esfericidade	0,54

* Parâmetros adotados para o dimensionamento

Para alimentar cada filtro é necessário que a montante exista um reservatório de equalização de vazão da água a ser filtrada.

Foram considerados para o dimensionamento do tanque de equalização os seguintes parâmetros:

- Tempo de descongelamento (T) : 8 h/d
- Vazão média de entrada (Qe): 3,125 m³/h
- Tempo de operação filtros (t): 10 h/d

Com base na equação (5) definida anteriormente, para o volume do tanque de equalização, tem-se:

- Vazão de saída (Qs) : 2,50 m³/h
- Volume do tanque de equalização Veq : 5,0 m³.

As características desse tanque são mostradas na Tabela 5.45.

Tabela 5.45 – Características de cada Tanque de Equalização

Item	Descrição
Largura	2,25 m x 2,25 m
Altura útil	1 m
Altura total	1,4 m
Volume útil	5,06 m ³
Equipamento	1 misturador submersível
Entrada do efluente	superior
Saída do efluente	inferior*

* sucção da bomba de alimentação do filtro

Após a filtração da água, haverá a seguinte oferta de água conforme Tabela 5.46.

Tabela 5.46 – Oferta de Água para Reúso do Degelo

Fonte da Água de Reúso	Contaminantes	Periodicidade	Volume
Túnel de congelamento	Não mensurável	semanal	50,0 m ³ /dia
Câmara frigorífica	Não mensurável	diário	20,0 m ³ /dia

As opções de reúso para a água filtrada do degelo e suas respectivas demandas são apresentadas na Tabela 5.47.

Tabela 5.47 – Demandas de Água de Reúso do Degelo

Atividade Industrial	Demanda (m ³ /dia)
Ducha de água fria dos frangos vivos	101,67
Resfriador evaporativo	180,90
Lavagem de caminhões após descarga dos frangos	38,0
Ventiladores e aspersores de água dos frangos vivos	119,0

A configuração do sistema de recuperação de água do degelo é apresentada na Figura 5.46.

Figura 5.46 – Balanço Hídrico do Degelo

Na Tabela 5.48 é apresentado o custo estimado para a aquisição dos filtros e construção dos tanques de equalização, enquanto na Tabela 5.49 é apresentado o custo do consumo de energia elétrica.

Tabela 5.48 – Custo do Sistema de Filtração da Água do Degelo

Item	Custo Implantação (R\$)
2 Tanques de Equalização	13.600,00
2 Filtros	50.000,00
Total	63.600,00

Tabela 5.49 – Custo Médio Mensal de Energia Elétrica para os Dois Filtros

Consumo Médio Diário (kw/dia)	Dias Trabalhados	Consumo Médio Mensal (kw/mês)	Custo Unitário de Energia Elétrica (R\$/kw)	Custo Mensal de Energia Elétrica (R\$)
3,66*	25 **	91,50	0,226***	20,68

* considerado motor de 0,25 CV para cada bomba, sendo que são duas bombas no sistema todo.

** média de dias trabalhados – base janeiro a julho/2006

*** base junho/2006

5.6.3.3 ESTUDO DE ALTERNATIVAS DA ÁGUA DE PURGA DOS RESFRIADORES EVAPORATIVOS

No estudo do uso racional da água nos resfriadores realizado anteriormente, foi contemplado o aumento do ciclo de concentração em 5 vezes. As características da água do sistema para esse novo ciclo é apresentado na Tabela 5.50.

Tabela 5.50 – Características da Água do Sistema dos Resfriadores Evaporativos para Ciclo de Concentração 5*

Parâmetro	Valor
pH	ND
Dureza	Muito dura
Ferro Total	0,205 ppm
Alcalinidade	152,8 ppm HCO_3^-
Condutividade Elétrica	1144 $\mu\text{S}/\text{cm}^{**}$
Cloreto	241,025 ppm
Sílica	134,775 ppm
Molibdênio	0,407 ppm
SDT	743,0 ppm**

* resultados calculados a partir dos dados existentes para ciclo de concentração 2

** valor obtido do balanceamento do Programa de Simulação Hydranautics

As concentrações de ferro total, cloreto, sílica e molibdênio aumentaram em 2,5 vezes em relação à água para o ciclo de concentração 2. Na mesma proporção, a alcalinidade aumentou.

Quanto à sílica, esta passou a se apresentar em elevada concentração, estando no limite da saturação e em iminente ocorrência de sua precipitação.

Analisando a alternativa de reúso da água da purga, foi considerado o tratamento dessa com sistema de osmose reversa. As características do sistema, do permeado e do concentrado são apresentadas respectivamente nas Tabelas 5.51 e 5.52.

Tabela 5.51 – Características do Sistema de Osmose Reversa para Tratamento da Água de Purga*

Item	Resultado
Estágio	1
Número de elementos filtrantes	2
Membrana	ESNA1-LF2-4 – Hydranautics
Número de vasos	1
Recuperação de permeado	45%
Taxa média de fluxo da membrana	15,9 L/m ² .h
Vazão total alimentação	12,06 m ³ /dia
Vazão total concentrado	6,63 m ³ /dia
Vazão total permeado	5,43 m ³ /dia
Operação	24 horas**

* resultados do Software Hydranautics – Sistemas Membranas v. 2006

** adotado

Tabela 5.52 – Características da Água do Permeado e Concentrado*

Parâmetro	Permeado	Concentrado
Íon Na	120,438 mg/L	290,7 mg/L
Íon CO ₃	0,021 mg/L	0,5 mg/L
Íon HCO ₃	51,736 mg/L	235,5 mg/L
Íon Cl	155,540 mg/L	310,9 mg/L
Íon SiO ₂	57,94 mg/L	197,7 mg/L**
SDT	385,7 mg/L	1035,4 mg/L
pH	6,9	7,6

* resultados do Software Hydranautics – Sistemas Membranas v. 2006

** concentração de SiO₂ muito alta (141%)

Na Figura 5.47 é apresentado o fluxograma do sistema de osmose reversa.

Figura 5.47 – Balanço Hídrico da Água de Purga

Os custos de implantação e de manutenção mensal estão apresentados nas Tabelas 5.53 e 5.54 a seguir.

Tabela 5.53 – Custo de Implantação do Sistema Tratamento por Osmose Reversa*

Item	Custo (R\$)
Sistema membranas	75.000,00
Total	75.000,00

* sistema com automação de válvulas, bombas de alimentação e limpeza química

Tabela 5.54 – Custo de Mensal do Sistema Tratamento por Osmose Reversa

Item	Custo (R\$/mês)
Novas Membranas (reposição anual)	83,33
Manutenção mensal	150,00
Energia Elétrica mensal	21,15
Produtos químicos mensal	11,15
Total	265,63

Conforme visto anteriormente, a água de alimentação do sistema de osmose reversa já se encontra no limite de saturação para a sílica. É provável que ocorra precipitação desse sal dentro do sistema, mesmo que seja aplicado algum inibidor de incrustação. No concentrado esse valor é 141% maior que a concentração de saturação, o que certamente já existirá grande quantidade de precipitado. A

presença dos precipitados na membrana poderá acarretar em seu entupimento, prejudicando sua eficiência. Somada a essa questão, a vazão recuperada no permeado é muito baixa, ou seja, 5,43 m³/dia. Frente ao custo de investimento para a implantação do sistema de tratamento, essa vazão é muito baixa. Assim, não foi considerado o reúso da água da purga dos resfriadores.

5.6.3.4 REÚSO DA ÁGUA DO PROCESSAMENTO DE MOELA NA CALHA DE VÍSCERAS

A água utilizada no processamento das moelas, atualmente, é encaminhada à calha coletora de efluentes e misturada aos demais efluentes industriais.

Essa água, com baixa temperatura, pode ser interceptada antes do lançamento na calha de efluentes e ser aproveitada na canaleta transportadora de vísceras, como água de reúso em cascata.

A oferta de água desse processo é apresentada na Tabela 5.55.

Tabela 5.55 – Oferta de Água de Reúso do Processamento de Moelas

Fonte da Água de Reúso	Volume (m ³ /dia)
Lavador de Moela	50,03
Empurrador de Moela	20,70
Máquina de Moela	169,05
Total	239,78

Conforme visto anteriormente, a vazão média necessária de água nas calhas das vísceras é de 21,06 m³/h. Considerando que o setor trabalha 17 horas por dia, o volume diário de água consumido é de 358,02 m³/dia. O período de operação é o mesmo, sendo que necessitaria a complementação de vazão por outra fonte de água nas calhas de mais 118,24 m³/dia.

Na Figura 5.48 é apresentado o balanço de massa resultante desse estudo.

Figura 5.48 – Balanço Hídrico na Água do Processamento de Moela na Calha de Visceras

5.6.3.5 RECUPERAÇÃO DA ÁGUA DE LAVAGEM DO FILTRO E DO LODO DO DECANTADOR DA ETA

No processo de lavagem do decantador e do filtro, são produzidos efluentes atualmente lançados na drenagem, que apresentam potencial para reúso, sendo necessário um tratamento prévio.

Para o tratamento do efluente foi concebido um estudo onde o efluente da lavagem do filtro será retornado ao início do tratamento na ETA, uma vez que a concentração de SST é baixa, e o efluente do decantador será removido intermitentemente a cada hora a uma vazão de 3,5 m³/h em um tanque de equalização e homogeneização seguindo daí para um equipamento de adensamento e desidratação de lodo. Todo o sobrenadante será retornado ao início da ETA, conforme Figura 5.49, que mostra o diagrama do balanço de massa da fase sólida da ETA.

A Tabela 5.56 apresenta os valores dos parâmetros existentes da ETA. Como a indústria tem intenção de aumentar a produção de abate de frangos, a vazão de captação foi mantida.

Tabela 5.56 – Parâmetros da ETA Existente

Parâmetro	Valor
Período de operação da ETA	24 horas
Vazão captada para a ETA	1115,11 m ³ /dia
Turbidez água bruta	21,1 UNT
Volume de SST captação*	30,59 kg/dia
Número de filtros	1 filtro
Carreira de filtração	8 horas
Número de lavagens do filtro	3 lavagens/dia
Vazão por lavagem de filtro	5 m ³ /lavagem
Vazão diária de lavagem de filtro	15 m ³ /dia
Porcentagem de água gasto no filtro	1,35%

* Considerado relação entre turbidez e SST de 1,3

A partir dos dados da Tabela 5.57 a seguir, foram realizadas iterações no programa Microsoft Office Excel 2003 para obter o balanço de massa, apresentadas no Anexo 7, cujo resultado é apresentado na Figura 5.49.

Tabela 5.57 – Parâmetros para Projeto de Tratamento de Efluentes da ETA

Unidade	Parâmetro	Valor
Decantador	Taxa de captura de sólidos	90 %
	Teor de sólidos do lodo	0,50 %
	Massa específica do lodo	1000 kg/m ³
Tanque Equalização para Decantador	Taxa de captura de sólidos	0 %
	Concentração polímero para adensar	2 g/kg SST
Filtro	Taxa de captura de sólidos	100 %
Tanque Equalização para Filtro	Taxa de captura de sólidos	0 %
Adensador	Taxa de captura de sólidos	90 %
	Teor de sólidos do lodo	6 %
	Massa específica do lodo	1020 kg/m ³
Desidratação	Taxa de captura de sólidos	95 %
	Teor de sólidos do lodo	22 %
	Massa específica do lodo	1060 kg/m ³
	Concentração polímero para adensar	2 g/kg SST

Com a implantação do sistema de recuperação e tratamento da água de lavagem do filtro e do lodo do decantador, é possível realizar o tratamento de 1.212,27 m³/dia de

água na ETA, sendo esse valor maior do que o autorizado pela outorga que é de 1.200,00 m³/dia.

Esse valor adicional, frente aos 1.115,11 m³/dia, representa um acréscimo de 97,16 m³/dia, ou seja, 8,71% a mais de água tratada na ETA.

Operacionalmente, devem ser instalados dois equipamentos de adensamento e de desaguamento, sendo que um será para operação regular e outro para servir de equipamento reserva. Os respectivos custos estão apresentados na Tabela 5.58.

Tabela 5.58 – Custo de Implantação do Sistema Tratamento de Lodo da ETA

Item	Custo (R\$)
2 Adensadores	114.000,00
2 Centrífugas	187.000,00
Total	301.000,00

Figura 5.49 – Balanço de Massa da Fase Sólida da ETA

5.6.3.6 RESUMO DOS EFLUENTES COM POSSIBILIDADES DE REÚSO DE ÁGUA

Avaliados os setores com geração de efluente com possibilidade de reúso de água, é apresentado o resumo desses na Tabela 5.59.

O maior volume disponível para reúso é o efluente gerado do processamento da moela, cuja possibilidade de reúso apresentada anteriormente foi a de reúso em cascata na calha de vísceras, o que dispensa qualquer tipo de tratamento e consequentemente requer menor custo à indústria. Dessa forma, essa opção foi priorizada quanto ao reúso na Avícola conforme mostrado nas avaliações a seguir.

Tabela 5.59 – Volume de Efluentes com Possibilidade de Uso como Água de Reúso

Fonte Geradora de Efluente	Volume de efluente (m³/dia)
Pré-Chiller (reúso em cascata na calha de vísceras)	88,00
Pré-Chiller (reúso de efluente tratado – geração contínua)	80,00
Pré-Chiller (reúso de efluente tratado – descarte final)	51,00
Degelo (reúso de efluente tratado)	20,00*
Processamento de Moelas (reúso em cascata na calha de vísceras)	239,78
ETA (tratamento de efluentes)	97,16

* considerado o volume disponível diariamente

Deve-se ressaltar que o reúso em cascata na calha de vísceras não resultará em redução de consumo de água, pois atualmente não há consumo de água para o transporte das vísceras. Essas são lançadas na canaleta de drenagem juntamente com os demais efluentes.

5.7. Hipóteses de Configurações de Sistemas de Reúso

Após a adoção das alterações propostas quanto ao uso racional, obtendo a redução do consumo de água e de geração de efluentes, foram estudadas as opções de configurações dos sistemas de reúso de água de forma integrada à indústria. Na sequência são apresentadas tais configurações, sendo que como diretriz foram considerados:

- Priorizar o reúso em cascata, procurando minimizar ao máximo os custos de investimento;
- Maximizar o aproveitamento das águas de reúso;
- Minimizar o consumo de água potável proveniente do reservatório central, procurando substituir onde possível com a água de reúso;
- Minimizar a geração de efluentes.

5.7.1. Hipótese 1

Quanto ao processo industrial, a alimentação da canaleta de transporte de vísceras será realizada através do aproveitamento da água do processamento de moelas e da água do descarte contínuo do *Pré-Chiller* (ambos reúso em cascata), sendo complementada com água proveniente do reservatório central.

Com relação aos resfriadores evaporativos, a vazão de reposição deverá ser realizada com a água tratada do degelo dos túneis de congelamento e câmara frigorífica e da água tratada do descarte final do *Pré-Chiller*. Para a água do degelo, foi adotado o volume de 20 m³/dia da câmara frigorífica, visto que essa oferta é diária, contrário ao volume produzido no degelo do túnel de congelamento que é semanal. A complementação da reposição deverá ser realizada pela água do reservatório central.

Para a ETA, foi considerada a implantação de um sistema de tratamento de efluentes, cuja água recuperada será retornada ao tratamento. Com isso, a vazão produzida é maior, sem a necessidade de se aumentar a captação.

Nessa hipótese o volume total de água de reúso alcançado é de 495,94 m³/dia.

Entretanto, deve-se considerar que atualmente não há consumo de água na calha de vísceras, o que não representará redução desse consumo. Ocorrerá o contrário, haverá um aumento de 30,24 m³/dia de água nesse local, conforme mostra a Figura 5.52, em função da complementação da água proveniente do processamento de moelas e do descarte contínuo do *Pré-Chiller* que não serão suficientes para atender à demanda na calha. Assim, a demanda total na indústria terá redução pequena comparado às melhorias do uso racional já implantadas em 40,73 m³/dia, e somando às melhorias do uso racional, a redução de consumo será de 372,23 m³/dia frente ao cenário atual da indústria.

Quanto à ETA, do aproveitamento do efluente do filtro e decantador, haverá um retorno de água de 97,16 m³/dia ao sistema de tratamento. Entretanto, o volume de água tratada como oferta será de 35,86 m³/dia.

Na sequência são apresentados os fluxogramas dos processos alterados, considerando que as modificações do uso racional já estejam incorporadas, conforme Figuras 5.50 a 5.53.

Figura 5.50 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico do Degelo (hipótese 1)

Figura 5.51 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico do Sistema de Resfriamento (hipótese 1)

Figura 5.52 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico da Produção (hipótese 1)

Figura 5.53 – Macro Fluxo do Balanço Hídrico da Indústria (hipótese 1)

5.7.2. Hipótese 2

Após a realização das melhorias do uso racional, nesta hipótese foi considerado que no processo industrial, a alimentação da canaleta de transporte de vísceras será realizada através do aproveitamento da água do processamento de moelas e complementada com água proveniente do reservatório central.

Quanto aos resfriadores evaporativos, a vazão de reposição deverá ser realizada com a água tratada do degelo dos túneis de congelamento e câmara frigorífica e da água tratada dos descartes contínuo e final do *Pré-Chiller*. A complementação do volume necessário será realizada pela água do reservatório central. Para a água do degelo, foi considerado o menor volume gerado nesse processo (20 m³/dia), conforme justificado na hipótese anterior.

Para a ETA, foi adotado a mesma consideração da hipótese anterior.

O volume total de água de reúso alcançado é de 487,94 m³/dia.

Semelhante à hipótese anterior, deve-se considerar que atualmente não há consumo de água na calha de vísceras, o que não representará redução desse consumo. Ocorrerá um aumento de 118,24 m³/dia de água nesse local, conforme mostra a Figura 5.56, em função da complementação da água proveniente do processamento de moelas que não será suficiente para atender à demanda na calha. Assim, a demanda total na indústria terá redução pequena comparado às melhorias do uso racional já implantadas em 30,73 m³/dia, e somando às melhorias do uso racional, a redução de consumo será de 364,23 m³/dia frente ao cenário atual da indústria.

Quanto à ETA, da mesma forma que a hipótese 1, do aproveitamento do efluente do filtro e decantador, haverá um retorno de água de 97,16 m³/dia ao sistema de tratamento. Entretanto, o volume de água tratada como oferta será de 35,86 m³/dia.

Na sequência são apresentados os fluxogramas dos processos propostos, conforme Figuras 5.54 a 5.57.

Figura 5.54 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico do Degelo (hipótese 2)

Figura 5.55 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico do Sistema de Resfriamento (hipótese 2)

Figura 5.56 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico da Produção (hipótese 2)

Figura 5.57 – Macro Fluxo do Balanço Hídrico da Indústria (hipótese 2)

5.7.3. Hipótese 3

Para o processo industrial foi considerado que a alimentação da canaleta de transporte de vísceras será realizada através do aproveitamento da água do processamento de moelas e do descarte contínuo do *Pré-Chiller* (ambos reuso em cascata) e complementada com água proveniente do reservatório central.

A água tratada do descarte final proveniente do *Pré-Chiller* foi considerada alimentando o sistema de ventiladores e aspersores do galpão de frangos vivos, sendo que para a vazão a ser complementada foi computado o volume da água tratada do degelo e água proveniente do reservatório central.

O sistema de tratamento da água descartada do *Pré-Chiller* tanto para a geração contínua como para o descarte final deve ser o mesmo, uma vez que operará em períodos diferentes. Foi previsto também o sistema de tratamento de efluentes da ETA, conforme justificado nas hipóteses anteriores.

Como resultado dessa hipótese, tem-se o volume total de água de reuso de 495,94 m³/dia.

Conforme justificado anteriormente nas hipóteses 1 e 2, deve-se considerar que atualmente não há consumo de água na calha de vísceras, o que não representará redução desse consumo. Ocorrerá um aumento de 30,24 m³/dia de água nesse local, conforme mostra a Figura 5.60, em função da complementação da água proveniente do processamento de moelas e do descarte contínuo do *Pré-Chiller* que não serão suficientes para atender à demanda na calha. Assim, a demanda total na indústria terá redução pequena comparado às melhorias do uso racional já implantadas em 40,73 m³/dia, e somando às melhorias do uso racional, a redução de consumo será de 372,23 m³/dia frente ao cenário atual da indústria.

Quanto à ETA, o retorno do efluente será de 97,16 m³/dia ao sistema de tratamento, enquanto o volume de água tratada como oferta será de 35,86 m³/dia.

Na sequência, nas Figuras 5.58 a 5.61 são apresentados os fluxogramas dos processos, com as novas vazões resultantes das melhorias do uso racional.

Figura 5.58 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico da Chegada de Aves (hipótese 3)

Figura 5.59 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico do Degelo (hipótese 3)

Figura 5.60 – Micro Fluxo do Balanço Hídrico da Produção (hipótese 3)

Figura 5.61 – Macro Fluxo do Balanço Hídrico da Indústria (hipótese 3)

5.7.4. Comparação das Hipóteses

Após a aplicação do conceito de conservação e reúso de água na indústria para as hipóteses analisadas e baseado nos novos balanços hídricos apresentados nos fluxogramas, tem-se o seguinte resumo comparativo na Tabela 5.60.

Tabela 5.60 – Comparação entre o Cenário Atual e as Hipóteses* Analisadas

Parâmetro	Cenário Atual	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Captação superficial (m³/dia)	1232,54	1216,78	1216,78	1216,78
Captação subterrânea (m³/dia)	1424,28	1424,28	1424,28	1424,28
Oferta água potável (m³/dia)	2504,28	2540,14	2540,14	2540,14
Oferta água bruta (m³/dia)	117,43	101,67	101,67	101,67
<i>Oferta total (m³/dia)</i>	<i>2621,71</i>	<i>2641,81</i>	<i>2641,81</i>	<i>2641,81</i>
Demanda água potável (m³/dia)	2504,28	2147,81	2155,81	2147,81
Demanda água bruta (m³/dia)	117,43	101,67	101,67	101,67
<i>Demanda total (m³/dia)</i>	<i>2621,71</i>	<i>2249,48</i>	<i>2257,48</i>	<i>2249,48</i>
Redução Demanda Total (m³/dia)	-	372,23	364,23	372,23
Redução Demanda Total (%)	-	14,20	13,89	14,20
Excedente água (m³/dia)	0,00	392,33	384,33	392,33
<i>Efluente da ETE (m³/dia)</i>	<i>1560,62</i>	<i>1263,92</i>	<i>1269,44</i>	<i>1263,92</i>
Redução Efluente da ETE (m³/dia)	-	296,70	291,18	296,70
<i>Redução Efluente da ETE (%)</i>	<i>-</i>	<i>19,01</i>	<i>18,66</i>	<i>19,01</i>

* considerada a redução do consumo resultante do uso racional

Conforme pode ser verificado, atualmente não há oferta de água para o aumento da produção. Toda água produzida é consumida. Nas hipóteses 1, 2 e 3 o sistema de abastecimento de água passa a atender à demanda de água havendo excedente de água, atingindo o valor de 392,33 m³/dia.

Na Tabela 5.61 é mostrado um quadro comparativo do consumo específico de água por ave abatida na indústria. Das hipóteses analisadas, as melhores configurações são das hipóteses 1 e 3, onde foi possível obter um menor consumo de água na indústria, ou seja, de 14,51 L/ave.

Considerando que tenham sido implantadas todas as medidas de conservação do uso racional e reúso de água na indústria, para a oferta total 2.641,81 m³/dia de água e um consumo específico de 14,51 L/ave, a produção passará a ser de 182.068 aves/dia, representando um aumento de 17,46%.

Tabela 5.61 – Consumo Específico de Água na Indústria

Parâmetro	Cenário Atual	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Demanda total (m ³ /dia)	2621,71	2249,48	2257,48	2249,48
Consumo específico* (L/ave)	16,91	14,51	14,56	14,51

* considerada produção atual de 155.000 aves/dia

Comparando o resultado do reúso de água com o uso racional, constata-se que houve redução na demanda de água de 1,78%, passando de 2.290,21 m³/dia para 2.249,48 m³/dia, ou seja, uma redução de 40,73 m³/dia. De forma geral, o uso racional e o reúso de água proporcionam uma redução no consumo de 14,20%.

Quanto ao custo dos sistemas previstos nas hipóteses, têm-se os valores da Tabela 5.62. Os equipamentos a serem implantados são os mesmos, sendo que os custos serão os mesmos para as três alternativas.

Tabela 5.62 – Custos de Implantação das Hipóteses Analisadas

Descrição	Custo*
Implantação (R\$)	600.500,00
Manutenção e Operação (R\$/mês)	151,70

* As hipóteses 1, 2 e 3 apresentam o mesmo custo

Na Tabela 5.63 a seguir é apresentado o custo de investimento que a indústria terá por ave abatida num período de um ano. É verificado que somente com as aves adicionais abatidas é possível reaver o investimento em um ano, ou seja, o sistema de reúso custará R\$0,074/ave.ano.

Tabela 5.63 – Custos de Implantação das Hipóteses Analisadas

Descrição	Valor
Número de aves abatidas com uso racional e reúso de água (aves/dia)	182.068
Atual produção (aves/dia)	155.000
Incremento diário na produção (aves/dia)	27.068
Incremento anual na produção (aves/ano)	8.120.400
Custo de implantação por ave* (R\$/ave.ano)	0,074
Custo de manutenção e operação por ave* (R\$/ave.ano)	0,00022
Custo total por ave* (R\$/ave.ano)	0,074

* consideradas as aves do incremento de produção

5.7.5. Abastecimento de Água de Outras Fontes

Em função do exposto anteriormente, com as melhorias propostas, não foi possível aumentar a produção ao patamar esperado pela indústria para 200.000 aves/dia, embora o aumento já tenha sido considerável.

Para possibilitar o aumento da produção, a indústria tem como alternativa aumentar a vazão de exploração do manancial, observando a vazão máxima outorgada, ou a adoção de uma nova fonte de abastecimento.

Inicialmente, visando minimizar custos com um novo sistema, foi analisado o aumento de exploração dos mananciais existentes.

O manancial superficial já se encontra acima de sua capacidade de exploração outorgada, sendo descartada essa alternativa. A solução foi considerar o aumento da vazão atual dos poços (total de 1.424,28 m³/dia) para o valor outorgado de 1.740,0 m³/dia. Isso representa um acréscimo de 315,72 m³/dia.

Na Tabela 5.64 a seguir é mostrada a produção obtida com o incremento da vazão total de outorga. Como poder ser verificado, seria possível superar a atual produção em 31,5%.

Tabela 5.64 – Produção de Aves com Vazão Total de Outorga

Oferta de Água (Uso Racional e Reúso) (m³/dia)	Oferta Outorga Máxima Poços (m³/dia)	Oferta Total (m³/dia)	Produção (aves/dia)*
2.641,81	315,72	2.957,53	203.827

* considerado consumo específico de 14,51 L/ave

Na hipótese da Avícola optar por aumentar mais a produção, a solução será buscar outras fontes de abastecimento. Como opções têm-se:

- Aproveitamento de água de chuva;
- Abastecimento de água de concessionária; e
- Aproveitamento de água por perfuração de novo poço.

5.7.5.1 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Uma fonte de água disponível na indústria, é a de chuva. Atualmente não é realizado nenhum tipo de aproveitamento desse recurso.

Para sua utilização, é necessária a instalação de sistema de captação, de armazenamento e tratamento. É importante destacar que a água de chuva não poderá ser misturada à água potável proveniente da ETA e dos poços e o uso será apenas para atividades onde não ocorra o contato com o produto, principalmente nas fases de acabamento, devido à presença potencial de contaminantes resultantes da deposição seca.

Segundo Tomaz (2003), a água de chuva geralmente é branda, sendo ideal para processos industriais.

Na Avícola, a captação pode ser realizada no telhado da área de produção, cuja área soma 4.000 m².

Deve-se ter o cuidado de descartar a água que escoar nos primeiros instantes da chuva devido à elevada carga de contaminantes que esta pode apresentar e utilizar um sistema para retenção de sujeira à montante do reservatório, por exemplo peneira com malha de 0,2 a 1,0 mm. Segundo Pacey e Coli (1996) *apud* Tomaz (2003), é aconselhado descartar a água nos primeiros 10 minutos a 20 minutos.

O reservatório deverá ser fechado e a água desinfetada, podendo ser submetida ao processo de filtração antes do encaminhamento para o uso.

Para o estudo da oferta de água de chuva, foi utilizado o histórico de chuvas mensais no período de 1937 a 1961 do posto pluviométrico prefixo E3-021 do DAEE no município de Campo Limpo Paulista. A utilização desse posto ocorreu em função da inexistência de posto no município de Várzea Paulista e imediações próximas. Por esse posto estar próximo à região estudada, os resultados podem ser considerados consistentes.

Do banco de dados estudado, foram expurgados os anos que tiveram poucas leituras, o que poderia resultar em informações não precisas. Os dados de origem estão apresentados no Anexo 8.

Conforme Mierzwa et al (2007) é importante “priorizar o máximo aproveitamento de água pluvial no período mais chuvoso... resultando em um maior potencial para a redução da demanda de água de fontes tradicionais”. Assim, foram considerados os dados de chuvas referentes aos meses de outubro a março.

O volume de chuva é apresentado na Tabela 5.65 e pode ser determinado pela equação (9) a seguir:

$$V = P \times A \times C \quad (9)$$

Onde:

V = volume de chuva no período (m³)

P = precipitação média no período (m)

A = área de projeção da cobertura (m²)

C = coeficiente de escoamento superficial (adotado 0,8)

Tabela 5.65 – Precipitação Média no Período**

P (m)	A (m ²)	C	V (m ³)
0,93316*	4000	0,8	2.986,11

* fonte: banco de dados de chuvas DAEE – município de Campo Limpo Paulista

** período chuvoso de outubro a março

Pela tabela anterior, tem-se que para uma área de telhado de 4.000 m², a água de chuva pode fornecer o volume máximo de 2.986,11 m³ em 6 meses de período

chuvoso. Assim, a média máxima mensal, considerando 6 meses ao ano, será de 497 m³/mês.

Para se determinar o volume de reservação necessária, foi utilizado o Diagrama de Massas ou Diagrama de Rippl para uma demanda constante (Tabela 5.66), onde a chuva média mensal foi obtida através dos dados do histórico de chuvas citado anteriormente, tendo sido considerados os meses mais chuvosos.

Villela e Mattos (1975) definem o Diagrama de Massas ou Diagrama de Rippl como a integral da hidrógrafa. É um diagrama de volumes acumulados que afluem ao reservatório. A hidrógrafa por sua vez refere-se à representação gráfica da variação da vazão em relação ao tempo.

Foi considerada uma demanda mensal constante de 450 m³ de água. A diferença acumulada indica o volume de reservação necessária de 382,29 m³. Partindo desse valor, foi considerada a construção de um reservatório de 385 m³ de capacidade.

O cálculo do volume de chuva mensal V é dado pela equação (9) apresentado anteriormente.

Tabela 5.66 – Determinação do Volume de Reservação – Método de Rippl*

Meses	Chuva Média P (mm)	Demanda Constante (m ³)	Área de Captação A (m ²)	Volume de Chuva V (m ³)	Demanda de Chuva (m ³)	Diferença Acumulada (m ³)
Janeiro	173,16	450	4000	554,112	-104,112	0
Fevereiro	165,87	450	4000	530,784	-80,784	0
Março	112,66	450	4000	360,512	89,488	89,488
Outubro	84,54	450	4000	270,528	179,472	268,96
Novembro	105,21	450	4000	336,672	113,328	382,288
Dezembro	152,21	450	4000	487,072	-37,072	345,216
Total	793,65	2.700		2.539,68		

* períodos mais chuvosos

Das obras necessárias, o reservatório é o item que mais impacta nos custos. Não foram consideradas as obras de menor expressão por tratar-se de adequações à estrutura existente como acertos com a calha do telhado e dos condutores ao novo reservatório que deverá ser construído próximo ao prédio. Considerando o reservatório construído em concreto e apoiado no solo, seu custo é apresentado na Tabela 5.67.

Tabela 5.67 – Custo de Implantação de Reservação

Unidade a Implantar	Custo de Implantação (R\$)
Reservatório de Concreto 385 m ³	120.500,00
Total	120.500,00

* base junho/2006

É importante estimar o custo mensal que existirá para o bombeamento da água do reservatório de águas pluviais para o consumo, conforme mostra a Tabela 5.68.

Tabela 5.68 – Custo Médio Mensal de Energia Elétrica

Consumo Médio Diário (kw/dia)	Dias Trabalhados	Consumo Médio Mensal (kw/mês)	Custo Unitário de Energia Elétrica (R\$/kw)	Custo Mensal de Energia Elétrica (R\$)
12*	25 **	300	0,226***	67,80

* valor adotado baseado em bomba de 1 HP operando em 16 horas/dia

** média de dias trabalhados - base janeiro a julho/2006

*** base junho/2006

5.7.5.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CONCESSIONÁRIA

Através de informações obtidas na Avícola, nas proximidades não há sistema público de abastecimento de água e nem adução de água tratada proveniente da Concessionária local, no caso a SABESP. Não se tem informações quanto à previsão de implantação de rede no local. Dessa forma, a opção de abastecimento por esta fonte foi desconsiderada.

Entretanto, para estimar o custo que teria a implantação de rede e reservatório para o abastecimento, considerando que existisse rede da Concessionária no local, foram obtidos dados junto à SABESP e através do Comunicado - 02/06 de 31 de agosto de 2006, para o município de Várzea Paulista podem ser considerados os seguintes valores de tarifa de água e esgoto apresentados na Tabela 5.69.

Tabela 5.69 – Tarifas de Água e Esgoto da Concessionária

Classe de Consumo (m³/mês)	Tarifas de Água (R\$)	Tarifas de Esgoto (R\$)
0 a 10	23,95/mês	19,15/mês
11 a 20	2,83/m³	2,25/m³
21 a 50	4,60/m³	3,67/m³
acima de 50	5,39/m³	4,31/m³
5.000 a 10.000 (*)	3,98/m³	3,98/m³
10.001 a 20.000 (*)	3,72/m³	3,72/m³
20.001 a 30.000 (*)	3,48/m³	3,48/m³
30.001 a 40.000 (*)	3,24/m³	3,24/m³
acima de 40.000 (*)	2,98/m³	2,98/m³

* para fornecimento de água e/ou coleta de esgotos com contrato de demanda firme.

base: agosto/2006

Considerando a hipótese de a indústria ter a possibilidade de abastecimento pela Concessionária e que o volume de água na indústria para atender a demanda futura seja de 300 m³/dia, tem-se o custo direto de água conforme Tabela 5.70, sem computar o custo de implantação de tubulação de alimentação nos pontos de consumo. Foi considerado que a água fornecida pela Concessionária é potável, não sendo, portanto necessário o seu tratamento.

Tabela 5.70 – Custo Mensal de Água de Concessionária para Atender Demanda Futura

demanda diária de água (m³/dia)	dias trabalhados*	demanda mensal de água (m³/mês)	custo unitário de água (R\$/m³)	custo mensal de água (m³/mês)
300,0	25	7.500	3,98	29.850

* média de dias trabalhados - base janeiro a julho/2006

Devido ao consumo mensal ser superior a 5.000 m³, a categoria a que a indústria se enquadra é de consumidor industrial com contrato de demanda firme.

Para esta alternativa, seria necessária a construção de nova unidade de reservação e implantação de tubulação para alimentação da rede da Concessionária ao reservatório. Foi considerado um reservatório de 150 m³ que deverá ser abastecido 2 vezes ao dia para atender à demanda diária adicional.

Os custos estão apresentados nas Tabelas 5.71 e 5.72 a seguir.

Tabela 5.71 – Custo de Implantação de Reservação e Tubulação de Alimentação

Unidade a Implantar	Custo de Implantação (R\$)
Reservatório de Concreto 150 m ³	99.000,00
Tubulação em PVC Rígido	115.000,00
Total	214.000,00

* base junho/2006

Tabela 5.72 – Custo Médio Mensal de Energia Elétrica

Consumo Médio Diário (kw/dia)	Dias Trabalhados	Consumo Médio Mensal (kw/mês)	Custo Unitário de Energia Elétrica (R\$/kw)	Custo Mensal de Energia Elétrica (R\$/kw)
106*	25 **	2.650	0,226***	598,9

* valor adotado baseado em bomba de 8 HP operando em 18 horas/dia

** média de dias trabalhados - base janeiro a julho/2006

*** base junho/2006

5.7.5.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA POR PERFURAÇÃO DE NOVO POÇO

Na indústria existem cinco poços para abastecimento, sendo que na área da indústria estão dois desses e o mais distante dos cinco encontra-se a quase 5 km de distância.

Uma outra alternativa a ser considerada é a perfuração de um poço profundo para suprir a demanda necessária. Entretanto, a realização de uma perfuração não é garantia de vazão de água suficiente ou até mesmo que se obtenha água em qualidade adequada. O custo de uma perfuração é oneroso, sendo que para tanto, deverá ser realizado um estudo do subsolo local ou mesmo utilizar mapa hidrogeológico para identificar o ponto mais adequado para a possibilidade de obtenção de água em vazão suficiente. Deve-se considerar a proximidade dos poços, pois pode ocorrer a interferência entre os cones de rebaixamento, reduzindo a vazão explorada dos poços existentes.

O custo de uma perfuração de poço com a bomba de captação é estimado em média, conforme pode ser observado na Tabela 5.73. Os valores foram obtidos

através de solicitação de orçamento em empresas perfuradoras de poço. Na Tabela 5.74 é apresentado o custo mensal de energia elétrica.

Tabela 5.73 – Custo Médio de Perfuração de Poço Profundo para Atender Demanda Futura

custo 1 (R\$)	custo 2 (R\$)	custo 3 (R\$)	custo médio (R\$)
36.650,00	42.040,00	38.760,00	39.150,00

* base julho/2006

Tabela 5.74 – Custo Médio Mensal de Energia Elétrica

Consumo Médio Diário (kw/dia)	Dias Trabalhados	Consumo Médio Mensal (kw/mês)	Custo Unitário de Energia Elétrica (R\$/kw)	Custo Mensal de Energia Elétrica (R\$)
225*	25 **	5.625	0,226***	1.271,25

* média adotada baseada nos poços existentes

** média de dias trabalhados - base janeiro a julho/2006

*** base junho/2006

Dependendo da qualidade da água extraída, bastará realizar desinfecção no reservatório da mesma forma que é realizada atualmente no existente. Devido à atual disponibilidade de reservação ser baixa, será necessário construir novo reservatório.

Para estimar o novo volume de reservação, foi considerada uma vazão de extração de 50 m³/dia ou 2,5 m³/h. Para esse valor, foi considerada a proximidade dos outros poços e a possível interferência do cone de rebaixamento. Considerando que um poço pode ser explorado no máximo 20 horas ao dia, tem-se uma reservação de 50 m³. Na Tabela 5.75 são apresentados os custos de implantação do reservatório e da tubulação para sua alimentação.

Tabela 5.75 – Custo de Implantação de Reservação e Tubulação de Alimentação

Unidade a Implantar	Custo de Implantação (R\$)
Reservatório de Concreto 50 m ³	90.000,00
Tubulação em PVC Rígido	115.000,00
Total	205.000,00

* base junho/2006

5.7.5.4 COMPARAÇÃO ENTRE FONTES ALTERNATIVAS

Com base nos custos e capacidade de produção das alternativas apresentadas na Tabela 5.76, a alternativa mais viável é a perfuração de um novo poço, pois apesar do sistema da água de chuva ter menor custo, a oferta diária é muito menor, não sendo suficiente para atender à demanda, não justificando o montante a ser investido. Deve-se ressaltar que o reservatório operará efetivamente em 6 meses do ano. Quanto à alternativa da Concessionária ser a mais interessante nos dois aspectos (custo e oferta de água), esta deve ser descartada enquanto o sistema não for disponível nas proximidades da indústria.

Tabela 5.76 – Resumo Comparativo das Alternativas de Fonte de Água

Parâmetro	Água de Chuva	Água de Concessionária	Água de Poço
Custo de implantação (R\$)	120.500,00	214.000,00	244.150,00
Custo de energia elétrica (R\$/mês)	67,80	598,90	1.271,25
Capacidade de produção (m³/dia)	18,00*	300,00	50,00

* 450 m³ para abastecer 25 dias

Adotando como solução a perfuração do poço, com o incremento de 50,0 m³/dia, será possível aumentar a produção em mais 3.445 aves/dia, desde que o consumo específico seja de 14,51 L/ave, totalizando um valor de 207.272 aves/dia na indústria, ou seja, aumento de 33,72%.

A Tabela 5.77 apresenta o custo unitário do novo poço de R\$ 0,251 por ave, sendo que em um ano, para a indústria, cada ave das 3.445 unidades abatidas diariamente custará esse valor para pagar o investimento da perfuração do poço. Considerando que cada ave consuma 14,51 litros de água, o custo do poço será de R\$ 0,0173 por litro de água explorada no novo poço.

Tabela 5.77 – Custo Unitário do Poço pela Produção Anual

Parâmetro	Valor
Custo poço (R\$)	244.150,00
Custo anual operação (R\$/ano)	15.255,00
Custo total (R\$/ano)	259.405,00
Produção mensal (aves/mês) ¹	86.125
Produção anual (aves/ano)	1.033.500
Custo unitário (R\$/ave)	0,251
Custo unitário (R\$/L)	0,0173

¹ considerado 25 dias de produção

² considerado consumo de água por ave de 14,51 litros

5.7.6. Avaliação das Proposições

A partir das metodologias adotadas nesse estudo, têm-se as avaliações de vazões, de produção e de custos obtidos para a indústria.

Na Tabela 5.78 é mostrado resumidamente as reduções obtidas do estudo do uso racional e do reúso da água. Quanto à geração de efluente, foi possível reduzir seu volume.

Tabela 5.78 – Resumo das Reduções Obtidas do Uso Racional e Reúso de Água

Parâmetro	Cenário Atual	Uso Racional	Uso Racional e Reúso da Água
Demanda total (m³/dia)	2.671,71	2.290,21	2.249,48
Redução demanda na indústria (%)	-	12,64	14,20
Efluente da ETE (m³/dia)	1.560,62	1.278,23	1.263,92
Redução geração efluente (%)	-	18,09	19,01

É importante notar que somente com as melhorias do uso racional da água, o consumo foi reduzido em 12,64% e a posterior implementação do reúso de água proporcionou relativamente menor ganho na redução global.

Conforme explicado anteriormente, a redução do volume de água resultante do reúso no balanço hídrico não é significativa, pois a calha de vísceras atualmente não

apresenta consumo de água, e com o sistema de reúso, para a complementação da vazão nesse setor, é necessário um volume adicional de água do reservatório central, aumentando o seu consumo. Somado a isso, deve-se recordar que o efluente da ETA que é recirculado ao início do sistema não é totalmente inserido na indústria como oferta de água.

Com relação ao aumento da produção, a Tabela 5.79 mostra resumidamente as quantidades de aves abatidas com os estudos realizados.

Tabela 5.79 – Resumo dos Aumentos de Produção

Parâmetro	Cenário Atual	Uso Racional	Uso Racional e Reúso da Água	Aumento Vazão Poço ² (outorga)	Novo Poço ²
Consumo específico de água (L/ave)	16,91	14,77	14,51	14,51	14,51
Produção (ave/dia)	155.000	177.502	182.068	203.827	207.272
Aumento Produção* (%)	-	14,52	17,46	31,5	33,72

¹ comparado ao cenário atual

² considerado melhorias com uso racional e reúso de água

Importante também é a avaliação quanto à economia que se pode alcançar com a implantação das hipóteses estudadas. Nessa avaliação de custos, não foram consideradas as alternativas do aumento das vazões dos poços para os valores outorgados e nem o novo poço, visando mostrar o retorno econômico que o estudo do uso racional e de reúso de água traz à indústria.

Considerando que a Avícola pertence à Bacia do PCJ, onde já foi iniciada a cobrança pelo uso da água nos rios da União, e que futuramente ela se estenderá a todos os cursos d'água, foi realizada a projeção dos custos para as hipóteses estudadas. Inicialmente foram quantificadas as águas captada e consumida, e a carga de DBO a ser lançada pelo efluente, parâmetros esses constantes dos cálculos para a determinação dos valores a serem pagos pelas indústrias (Tabela 5.80). Com esses valores definidos, foram calculados os custos a serem pagos, conforme mostra a Tabela 5.81.

Tabela 5.80 – Determinação das Quantidades de Água e DBO a Serem Pagos pela Avícola*

Volumes Diários	Cenário Atual	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Água Captada (m³/dia)	2.656,82	2.641,06	2.641,06	2.641,06
Efluente** (m³/dia)	1.572,96	1.276,26	1.281,78	1.276,26
Água Consumida (m³/dia)	1.083,86	1.364,80	1.359,28	1.364,80
DBO lançado (kg/dia)	936,37	765,76	769,07	765,76

* Lei Estadual n. 12.183

** Efluente da ETE e da descarga da caldeira (12,34 m³/dia)

Tabela 5.81 – Custos pelo Uso da Água a Serem Pagos pela Avícola¹

Custo	Cenário Atual	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Água Captada (R\$/dia)	26,57	26,41	26,41	26,41
Água Consumida (R\$/dia)	21,68	27,30	27,19	27,30
DBO lançado (R\$/dia)	93,64	76,58	76,91	76,58
Total diário (R\$/dia)	141,89	130,29	130,51	130,29
Total mensal ² (R\$/mês)	3.547,25	3.257,25	3.262,75	3.257,25
Total anual (R\$/ano)	42.567,00	39.087,00	39.153,00	39.087,00

¹ Lei Estadual n. 12.183

² considerado média de 25 dias de trabalho no mês

Da tabela anterior, é possível calcular a diferença de custos entre as hipóteses e a atual situação, conforme mostrado a seguir na Tabela 5.82. Como pode ser verificada, a economia anual é relativamente baixa, quando comparado ao custo de implantação e de manutenção do sistema proposto, mas com esse sistema é possível o aumento considerável da produção em 17,46%.

Tabela 5.82 – Diferença de Custo pelo Uso da Água¹ a Ser Pago pela Avícola Comparado ao Cenário Atual

Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
R\$ 3.480,00/ano	R\$ 3.414,00/ano	R\$ 3.480,00/ano

¹ Lei Estadual n. 12.183

Também foram determinados os custos quanto à economia possível de se obter com a implantação do sistema de reúso e minimização do consumo de água. Os valores dos custos unitários dos insumos por volume de água foram fornecidos pela Avícola.

Assim, são apresentados a seguir nas Tabelas 5.83 e 5.84, os volumes correspondentes à água de reúso, cujos mesmos volumes deixarão de ser captados dos mananciais e os custos de manutenção não existirão mais. Da Tabela 5.84, tanto para a hipótese 1 como para a 3, a economia seria de R\$ 36.678,00 por ano, por não haver consumo de produtos químicos e de energia elétrica na produção de água tratada.

Tabela 5.83 – Vazões de Água de Reúso em Substituição à Vazão Captada

Procedência da Água	Hipótese 1 (m³/dia)	Hipótese 2 (m³/dia)	Hipótese 3 (m³/dia)
Reúso	398,78	390,78	398,78
Efluente ETA	97,16	97,16	97,16

Tabela 5.84 – Economias nos Custos do Reaproveitamento da Água

Custo	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Consumo produtos químicos* (R\$/dia)	75,29	73,78	75,29
Consumo energia elétrica** (R\$/dia)	42,01	41,33	42,01
Uso da água*** (R\$/dia)	4,96	4,88	4,96
Total diário (R\$/dia)	122,26	119,99	122,26
Total mensal (R\$/mês)	3.056,5	2.999,75	3.056,5
Total anual (R\$/ano)	36.678,0	35.997,0	36.678,0

* R\$ 0,1888/m³ de água tratada

** R\$ 0,0847/m³ de água tratada (considerado captação na lagoa e recalque)

*** Lei Estadual n. 12.183

A partir dos valores anuais determinados dos custos da água na indústria, tem-se na Tabela 5.85 a seguir, o possível montante a ser economizado pela não captação de água adicional. Embora seja pequena a diferença entre os resultados das hipóteses, a primeira e a terceira são as que mais retorno dão à indústria, sendo que também são as alternativas que mais possibilitam aumentar a produção de aves abatidas, conforme visto anteriormente. Assim, a economia que a Avícola teria ao ano seria de R\$ 40.158,00.

Tabela 5.85 – Economia Total Anual do Reaproveitamento da Água

Descrição da Economia	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Custo pelo Uso da água ¹ (R\$/ano)	3.480,0	3.414,0	3.480,0
Uso racional e reúso de água (R\$/ano)	36.678,0	35.997,0	36.678,0
Total economizado (R\$/ano)	40.158,0	39.411,0	40.158,0

¹ Lei Estadual n. 12.183

O custo de investimento com a implantação do sistema de reúso é grande, ou seja, de R\$ 600.500,00. Considerando somente o valor economizado de R\$ 40.158,00 da tabela anterior, o retorno do investimento seria realizado em 14,95 anos, o que não torna interessante economicamente à indústria.

Entretanto, deve-se lembrar que o sistema de reúso pode ser pago em apenas um ano, pois com a produção adicional de aves abatidas, o custo será de R\$ 0,074/ave.ano. Assim, para pagar o investimento, a indústria poderá aumentar o preço de venda das aves a um valor irrisório, podendo ainda justificar o valor agregado com a questão da preservação ambiental por reduzir o volume de água extraída dos mananciais e de menos efluentes lançados no meio ambiente, passando uma imagem de indústria ambientalmente correta.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa apresentou as diversas potencialidades de minimização de consumo de água na indústria, tanto do processo produtivo como dos setores de utilidade. O estudo realizado restringiu-se no nível de concepção, procurando utilizar técnicas que reduzissem o consumo de água e a geração de efluentes através do uso racional e, com isso, adotar a prática de reúso da água em cascata e reúso de efluente tratado.

O investimento inicial apesar de ser alto, pode trazer grande economia à indústria, pois ela pagará por menor quantidade de água a ser captada e de efluente a ser lançado. Deve-se considerar também que a Avícola já apresenta problemas de escassez de água, visto que a oferta de água é igual à demanda, e que com o aumento da produção, o investimento poderá ser recuperado em um ano.

A Avícola é consciente quanto à falta desse recurso, tanto que constantemente encontra-se em alterações de processos e em reformas, buscando reduzir o consumo de água na indústria. A Avícola tem como meta atingir o consumo de 16 litros de água por ave abatida, quando na bibliografia conforme visto anteriormente é possível atingir o valor entre 8 e 15 litros por ave. A partir do estudo de uso racional da água e do seu reúso foi possível atingir o valor de 14,51 L/ave.

Para possibilitar o aumento de produção, a indústria deverá resolver o maior problema ao qual ela enfrenta: a escassez de água. Daí tornou-se importante a realização dessa pesquisa.

A fase de elaboração do balanço hídrico da indústria exigiu um esforço concentrado, pois foi necessária nessa etapa a constante interação com a indústria para identificar dados não consistentes. O balanço hídrico fornecido pela indústria era o macro e com os dados individualizados dos consumos também fornecidos pela Avícola, não era possível seu fechamento. Foram encontrados dados inconsistentes principalmente nos resfriadores evaporativos, que após verificação da formulação adotada, os valores foram corrigidos. Também foram identificados valores de algumas análises qualitativas de água com valores não concisos, tendo sido solicitadas mais análises para sua verificação.

Das hipóteses analisadas, considerando que o uso racional já tenha sido implantado, foi possível verificar que há grande possibilidade de reúso em cascata na canaleta de vísceras, e reúso de efluente tratado nos resfriadores evaporativos como água de reposição e na alimentação dos ventiladores e aspersores do galpão de frangos vivos.

Foi importante também a avaliação da água descartada da lavagem do filtro e do decantador, na estação de tratamento de água. O volume diário perdido é muito grande, sendo que este pode ser retornado ao sistema de tratamento, evitando um aumento desnecessário da captação de água.

Pela literatura pesquisada, já eram esperados resultados satisfatórios quanto à possibilidade de reúso de água na canaleta de vísceras e nos resfriadores evaporativos, além da redução da geração de efluentes na indústria.

Quanto ao conceito de reúso de água, foi verificado na indústria estudada que esse é visto como o reúso de efluentes somente, ou seja, águas servidas. A água descartada de um processo ainda em boa qualidade para aproveitamento não é entendida como água de reúso. Essas definições ainda não são bem claras na indústria, sendo que um programa de reúso pode ser prejudicado em função de conceitos incorretos, podendo essa técnica ser mal compreendida e não ser aceita em sua totalidade.

Há necessidade de esclarecimentos maiores e divulgação mais ampla do conceito de reúso de água nos setores de interesse como indústrias e empresas fornecedoras de equipamentos, principalmente do setor alimentício.

Quanto ao estudo realizado, das hipóteses formuladas, nenhuma considerou a água de reúso em contato direto ou incorporada ao alimento. Caso fosse possível, o programa de conservação e reúso de água atingiria resultados maiores. Entretanto essa prática ainda não é amparada legalmente no Brasil, embora internacionalmente já existam leis e diretrizes que o permitam. Nacionalmente, essa prática ainda é recente, sendo necessária a realização de vários estudos e implantação de normas que garantam a segurança alimentar. Por ora há somente a Resolução nº. 54/2005 que dá diretrizes e critérios para prática de reúso direto não potável de água.

Assim, a introdução do conceito do reúso na indústria estudada foi limitada aos usos não potáveis, baseados nas diretrizes da ANVISA.

Existem tecnologias que permitem a prática do reúso de água potável, mas no Brasil ainda são caras, inviabilizando sua aplicação. Um exemplo são os tratamentos

avançados de separação por membranas. Em países desenvolvidos esse sistema é amplamente utilizado, inclusive para o abastecimento público. Sendo essa tecnologia bem difundida nesses países, seu custo torna-se viável para sua implantação.

No Brasil, entretanto, o processo por membranas é basicamente aplicado em indústrias, principalmente processos que utilizam membranas de osmose reversa. As quantidades são pequenas e suas vazões de tratamento também. Infelizmente as membranas ainda são fabricadas no exterior e seu custo não obedece a uma lei de mercado, variando muito entre os fabricantes.

Com a questão do reúso da água em crescimento, as tecnologias avançadas de tratamento de água passarão a ser mais utilizadas, o que provavelmente reduzirá o seu custo, viabilizando inclusive às empresas de saneamento básico sua adoção.

Quanto aos resultados obtidos, esses atenderam às expectativas, pois foi possível a redução de consumo de água e de geração de efluentes. Entretanto, um aumento maior da produção de abate será possível se efetivamente a indústria implantar um programa de conservação e reúso de água. Deve ser ressaltado que a Avícola apresenta potencial para otimizar o uso da água, mas para tanto, será necessário um esforço conjunto de todas as áreas da indústria.

Quanto à questão da oferta de água na natureza, sua escassez e a qualidade compatível para o consumo humano no futuro serão muito prováveis, tornando importante que a sociedade tenha consciência da importância desse recurso.

Como forma de preservar os mananciais e obter recursos para sua recuperação, o poder público viu como um instrumento a cobrança da água tanto pela captação como pelo lançamento de efluentes.

Infelizmente não há programas de incentivos às indústrias para que essas implantem sistemas de conservação, minimização e reúso de água. Sem esses instrumentos, a prática não é interessante economicamente, sendo que passará a ser implantada provavelmente devido à Lei da Cobrança do Uso da Água, mecanismo esse de caráter punitivo às indústrias.

Muitos equipamentos para tratamento de água no Brasil ainda possuem custo elevado, o que inviabiliza o investimento em indústrias de menor porte. Situação pior para aqueles fabricados somente no exterior, onde não há parâmetros de preços no Brasil.

No Brasil as iniciativas de programas voltados para o uso racional e de reúso de água ainda são incipientes enquanto em muitos países já existem regulamentações e códigos de prática que tratam dessa questão há muito tempo e o incentivam. Há, portanto, necessidade de mais estudos sobre os programas de conservação e reúso de água e de normas que possam auxiliar na sua aplicação, inclusive com relação ao reúso em indústrias de setores sensíveis, como é o caso do alimentício.

O conceito de reúso de água, conforme encontrado nas bibliografias pesquisadas é amplo. Entretanto, foi verificado que esse pode ser equivocado, sendo entendido como o reúso somente dos efluentes finais e não de outros efluentes de variadas qualidades.

Nacionalmente, o tema reúso da água e a conservação e minimização de seu consumo é pouco explorado, sendo que a bibliografia nacional é restrita, havendo poucas publicações técnicas com estudos de casos nacionais. Esse tema ainda merece a realização de estudos e pesquisas e sua ampla divulgação, visto que sua importância é grande, não só para as indústrias, mas também para a sociedade.

7. SUGESTÃO PARA ESTUDOS FUTUROS

A partir dessa pesquisa, foi verificado que ainda há um grande potencial para o desenvolvimento de estudos futuros, como:

- Avaliação da possibilidade de segregar o efluente da área limpa ao da área suja, podendo inclusive depois de tratado, o primeiro ser utilizado na área suja. Consequentemente, o volume de efluente para a ETE será menor, e a concentração de contaminantes será maior, visto que o efluente da área limpa não diluirá o efluente da área suja. Assim, a ETE deverá ser reavaliada para a nova realidade.
- Estudo da possibilidade quanto ao reúso de água no processo produtivo na área limpa, mesmo somente em contato com o alimento. É importante mostrar a viabilidade dessa prática, desde que cuidando da segurança alimentar, evitando contaminação do alimento.
- Para a implantação do programa de conservação e reúso de água, é importante a realização de ensaios piloto para cada alternativa proposta no presente estudo, visando verificar sua viabilidade, para então implantar o sistema em escala real.

A questão do reúso de água no setor estudado ainda é incipiente, com muitas oportunidades para estudos futuros, inclusive com relação à legislação do setor.

8. CONCLUSÕES

A partir da avaliação das hipóteses propostas e confrontando aos objetivos esperados e aos resultados obtidos, são apresentadas a seguir as conclusões desta pesquisa.

O objetivo principal do estudo foi alcançado, tendo sido possível identificar os pontos de redução de consumo de água através da adoção de métodos de conservação e reúso de água, e conseqüentemente a redução da geração de efluentes.

No estudo do uso racional da água foi possível reduzir em 12,64% a demanda total da água na Avícola. Assim, do atual valor de 2.621,71 m³/dia, a demanda foi reduzida a 2.290,21 m³/dia. Entretanto, deve-se alertar que para a obtenção dessa demanda foi mantida a mesma configuração do atual cenário, buscando identificar a redução de consumo de água. Quanto à geração de efluente, este passou de 1.560,62 m³/dia para 1.278,23 m³/dia, representando uma redução de 18,09%.

Nessa avaliação foi importante o conhecimento de todos os processos existentes na Avícola, sendo que dentre as melhorias operacionais propostos foram a adoção de válvulas nas mangueiras ou utilização de máquinas lavadoras de pressão, além do controle do tempo de operação nos processos de lavagem dos caminhões, do galpão de frangos vivos e da ducha de água fria. Outros locais importantes na avaliação do uso racional foram os resfriadores evaporativos, que apresentam ciclo de concentração muito baixo, podendo ser aumentado, o que conseqüentemente reduziria a vazão da água de reposição, e a substituição do *Chiller*, onde deixaria de realizar o resfriamento das carcaças por imersão em água fria, passando a realizar com ar da câmara frigorífica.

De forma geral, dos locais avaliados, a demanda seria reduzida em 29,25%, passando de 1.133,37 m³/dia para 801,87 m³/dia.

Com o consumo de água reduzido através do seu uso racional, foi importante considerar a segregação dos efluentes para viabilizar o seu reúso. Dessa forma, os sistemas de tratamento passam a ser mais simples, reduzindo o custo de implantação.

Quanto ao reúso de água, dos locais analisados, todos são igualmente importantes, pois auxiliam na redução do consumo de água na indústria. Assim, o efluente do

Pré-Chiller pode ter o seu reúso em cascata na calha de vísceras ou se tratado, pode ser reusado como água de reposição dos resfriadores evaporativos ou no setor de chegada das aves e galpão de frangos vivos. O efluente do processamento das moelas também pode ter o reúso em cascata na calha de vísceras.

Outro local importante analisado foi a ETA, onde foi proposto o tratamento do seu efluente. Assim, além de aumentar a oferta de água com a recirculação do sobrenadante, o lodo não será mais lançado no Córrego Pinheirinho, evitando o assoreamento de seu leito.

Como resultado da avaliação do reúso da água, tem-se para a demanda de água uma redução frente ao atual cenário de 14,20%, ou seja, 2.249,48 m³/dia. Quanto à geração de efluentes, a redução foi de 19,01%, com um valor de 1.263,92 m³/dia.

Pode se constatar que pela metodologia adotada foi possível identificar opções para a redução do consumo de água e da geração do efluente, ficando a critério da empresa a implantação das opções identificadas.

Como pode ser verificado, é importante a realização do uso racional da água visando minimizar o seu consumo e a geração de efluentes, para depois avaliar as oportunidades de reúso de água. Antes de qualquer implantação de sistema que requeira maiores custos, deve ser analisada a possibilidade de existência de perdas físicas, operações inadequadas, que com simples reparos o consumo possa ser minimizado.

Outro objetivo alcançado foi o aumento da produção de aves abatidas na indústria. Com a adoção do uso racional foi possível reduzir o consumo específico de água por ave de 16,91 L/ave para 14,77 L/ave, o que possibilitaria o aumento da produção para 177.502 aves/dia.

Somando a adoção das técnicas de reúso de água ao uso racional, o consumo específico seria reduzido para 14,51 L/ave, o que permitiria o aumento da produção para 182.068 aves ao dia, frente ao valor atual de 155.000 aves/dia. Esse aumento representa o valor de 17,46%, mas não atenderia as expectativas da Avícola que seria de 200.000 aves/dia.

Com o aumento da vazão dos poços para o valor outorgado, o incremento na produção seria de 31,5% comparado ao valor atual, totalizando um valor de 203.827 aves/dia. Com isso, o objetivo da indústria seria alcançado quanto ao aumento da produção.

Entretanto, se for perfurado mais um poço que produza pelo menos 50 m³/dia de água, a produção pode ser aumentada para 207.272 aves/dia, representando um aumento de 33,72% da atual produção. Em um ano, as aves abatidas resultantes desse aumento de vazão de 50 m³/dia, custarão à indústria R\$ 0,251/ave ou R\$ 0,0173 por litro de água extraída do poço, para dar o retorno financeiro quanto à perfuração do poço.

Quanto à economia alcançada com as melhorias propostas somente com o uso racional e reúso da água, a Avícola poderá deixar de ter gastos devido à lei da cobrança pelo uso da água, além dos gastos que teria no tratamento de água quanto aos produtos químicos e energia elétrica. Esse montante anual seria de R\$ 40.158,00. Com esse valor, o retorno do investimento de R\$ 600.500,00 seria de quase 15 anos, não sendo interessante economicamente. Mas esse investimento poderá ser recuperado em um ano, através das aves resultantes do aumento da produção, custando R\$ 0,074 por ave abatida.

Conclui-se que com a adoção do conceito de conservação e reúso de água, é possível obter um aumento representativo na produção da indústria, e que para um incremento maior na produção é necessário que a indústria invista mais nesse tipo de programa, caso contrário a alternativa será aumentar a oferta de água através do aumento de captação nos mananciais. Outro ponto positivo desse programa é a questão financeira, onde a indústria passará a não tem determinados custos com o tratamento de água e o montante a ser pago pelo uso da água.

A implantação de um sistema de otimização do consumo de água requer o estudo detalhado de todo o processo industrial para identificar os pontos que mais apresentam potencial de reúso de água ou minimização de seu consumo.

Deve ser priorizada a adoção de reúso em cascata para depois ser considerado o reúso do efluente tratado, visando dessa forma minimizar custos de implantação desses sistemas.

O sucesso de um programa de conservação e reúso de água não está vinculado à meta de produção, ou seja, não é implantando um programa desse tipo que se atingirá determinado patamar de produção. O aumento da produção será consequência desse programa.

9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

_____*Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, que Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.*

_____*Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.*

_____*Decreto nº 79.367, de 9 de março de 1977, que Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água, e dá outras providências.*

_____*Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952, que Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal.*

_____*Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, que Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.*

_____*Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, que Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional de Recursos Hídricos.*

_____*Resolução CNRH nº 27, de 29 de novembro de 2002, que Define os valores e estabelecer os critérios de cobrança pelo uso de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, conforme proposto pelo Comitê para a Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, nos termos da Deliberação nº 15, de 04 de novembro de 2002, do CEIVAP, respeitados os prazos estipulados para sua reavaliação e adequação, bem como a forma de aplicação dos recursos arrecadados, estabelecidos pela Deliberação nº 08, de 6 de dezembro de 2001, do CEIVAP, condicionando sua aplicação ao atendimento das determinações do Conselho aprovadas em sua IX Reunião Extraordinária, realizada em 29 de novembro de 2002, constante do encaminhamento conjunto das Câmaras Técnicas de Assuntos Legais e Institucionais e a de Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos; e Isenta da obrigatoriedade de outorga de direito de usos de recursos hídricos na*

Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, os usos considerados insignificantes, nos termos estabelecidos pela Deliberação nº 15, de 2002, do CEIVAP.

_____ Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002, que *Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA.

_____ Resolução Conmetro nº 01, de 1980, que *Cria no âmbito do INMETRO o Comitê de Coordenação do Codex Alimentarius*.

_____ Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, que *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*. Ministério da Saúde.

_____ Portaria nº 46, de 19 de fevereiro de 1998, que *Institui o SISTEMA DE ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE - APPCC a ser implantado, gradativamente, nas indústrias de produtos de origem animal sob o regime do Serviço de Inspeção Federal - SIF, de acordo com o MANUAL GENÉRICO DE PROCEDIMENTOS*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

_____ Portaria nº 368, de 04 de setembro de 1997, que *Aprova o Regulamento Técnico sobre as condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores / Industrializadores de Alimentos*. Ministério da Agricultura e do Abastecimento.

_____ Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997, que *Aprova o Regulamento Técnico; "Condições Higiênicos-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos"*. Secretaria de Vigilância Sanitária – Ministério da Saúde.

_____ Portaria nº 1.428, de 26 de novembro de 1993, que *Aprova, na forma dos textos anexos, o "Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos", as "Diretrizes para o Estabelecimento de Boas Práticas de Produção e de Prestação de Serviços na Área de Alimentos" e o "Regulamento Técnico para o Estabelecimento de Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ's) para Serviços e Produtos na Área de Alimentos"*. Determina que os estabelecimentos relacionados à área de alimentos adotem, sob responsabilidade técnica, as suas próprias Boas Práticas de Produção

e/ou Prestação de Serviços, seus Programas de Qualidade, e atendam aos PIQ's para Produtos e Serviços na Área de Alimentos. Ministério da Saúde.

_____ Instrução Normativa nº 70, de 6 de outubro de 2003, que *Institui o Programa de Redução de Patógenos – Monitoramento Microbiológico e Controle de Salmonella sp. em Carcaças de Frangos e Perus, em conformidade com o Anexo desta Instrução Normativa.* Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

_____ Lei nº 12.183, de 29 de dezembro de 2005, que *Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, os procedimentos para fixação dos seus limites, condicionantes e valores e dá outras providências.*

_____ Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que *Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.*

_____ Projeto de Lei nº 20, de 1998, que *Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio público do Estado de São Paulo e dá outras providências.*

_____ Projeto de Lei nº 676, de 2000, que *Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo e dá outras providências.*

_____ Decreto nº 51.449, de 29 de dezembro de 2006, que *Aprova e fixa os valores a serem cobrados pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí - PCJ.*

_____ Decreto nº 50.667, de 30 de março de 2006, que *Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, e dá providências correlatas.* Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras (SERHS) – Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)

_____ Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, que *Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente.*

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.

AGÊNCIA PCJ. **Relatórios de Cobrança**. Disponível em: <<http://cnarh.ana.gov.br/relatorios/frmRelCobrancaUsuario.aspx?tipo=02>>. Acesso em 21 jan. 2007.

ASANO, T. **Planning and Implementation of Water Reuse Projects**. Water Science and Technology, Exeter, Great Britain, Vol. 24, Nº. 9, pp. 1 – 10, 1991.

AWWA. **Water Treatment Membrane Processes**. American Water Works Association, McGraw-Hill, New York, 1996.

BEECKMAN, G. B. **Water Conservation, Recycling and Reuse**. Water Resources Development, Oxford, Vol. 14, Nº. 3, pp. 353 – 364, 1998.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Começa cobrança de uso da água nas bacias do Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/ascom/ultimas/index.cfm?id=2202>>. Acesso em: 22 abr. 2006.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). **Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo 2001- 2003**. São Paulo, abr. 2004.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2004**. São Paulo, 2005.

CHÁVEZ P. C.; CASTILLO L. R.; DENDOOVEN, L.; ESCAMILLA-SILVA, E. M. **Poultry slaughter wastewater treatment with an up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor**. Bioresource Technology. Vol. 96, pp. 1730 – 1736, 2005.

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

COMITÊ PCJ. **Cobrança e Agência de Água completam sistema de gestão das águas**. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br/AgenciaPCJ/Noticias/23-03-06.asp>>. Acesso em: 22 abr. 2006.

CROOK, J. **Crterios de Qualidade da gua para Reso**. Traduo de Hilton F. dos Santos. Revista DAE-SABESP, N. 174, pp. 10 – 15, 1993.

DEL NERY, V.; NARDI, I. R.; DAMIANOVIC, M. H. R. Z.; POZZI, E.; AMORIM, A. K. B.; ZAIAT, M. **Long-term operating performance of a poultry slaughterhouse wastewater treatment plant**. Resources, Conservation and Recycling. pp. 13, 2006.

DPPEA (Pollution Prevention and Environmental Assistance) - North Carolina Department and Natural Resources. **Water Efficiency. Industry Specific Processes**. Estados Unidos. Disponvel em: <<http://www.p2pays.org>>. Acesso em: 19 ago. 2004a.

DPPEA (Pollution Prevention and Environmental Assistance) - North Carolina Department and Natural Resources. **Water Efficiency. Sound Principles of Water Management**. Estados Unidos. Disponvel em: <<http://www.p2pays.org>>. Acesso em: 19 ago. 2004b.

DREW. **Princpios de tratamento de gua industrial**. Traduo: Thomas J. Buchard; reviso tcnica: Charles R. Lehwing. So Paulo: DREW Produtos Qumicos, 1979.

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY BEST PRACTICE PROGRAMME. **Reducing Water and Effluent Costs in Poultry Meat Processing**. Guide GG233. 2000. Disponvel em: <<http://www.envirowise.gov.uk>>. Acesso em: 21 set. 2005.

EPA (Environmental Protection Agency). **Guidelines for Water Reuse**. sep. 2004. Disponvel em: <<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r04108/625r04108.htm>>. Acesso em: 13 jul. 2006.

EPA (Environmental Protection Agency). **Development Document for the Proposed Effluent Limitations - Guidelines and Standards for the Meat and Poultry Products Industry - Point Source Category (40 Cfr 432)**. jan. 2002. Disponvel em: <<http://www.washingtonwatchdog.org/documents/cfr/title40/part432.html>>. Acesso em: 14 jan. 2006.

FACULDADE DE CINCIAS ADMINISTRATIVAS CONTBEIS DE LINS, **Apostila de Administrao de Recursos Materiais e Patrimoniais**. Lins. 2005. Uma viso geral sobre administrao de recursos materiais e patrimoniais. Disponvel em: <<http://www.salesianolins.br/~notas/apostilas/Graduacao/Prof%20Cabanas/Apostila%20Admnistra%E7%E3o%20de%20Materiais%20-%20F.pdf>>. Acesso em: 27 de jul. 2006.

FACTA (Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas). **Abate de Processamento de Frangos**. Campinas, 1994.

FIESP/CIESP. **Conservação e Reúso de Água - Manual de Orientações para o Setor Industrial**. Vol. 1, 2004.

GONZÁLEZ-MIRET, M. L.; ESCUDERO-GILETE, M. L.; HEREDIA, F. J. **The establishment of critical control points at the washing and air chilling stages in poultry meat production using multivariate statistics**. Food Control. Vol. 17. pp. 935-941, 2006.

HESPANHOL, I. **Potencial de Reúso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 7, Nº. 4, pp. 75 – 95, 2002.

HESPANHOL, I. **Esgotos como Recurso Hídrico: Parte I: Dimensões políticas, institucionais, legais, econômico-financeiras e sócio-culturais**. Engenharia – Revista do Instituto de Engenharia, Ano 55, Nº. 523, pp. 45 – 58, 1997.

HESPANHOL, I.; PROST, A. M. E. **WHO Guidelines and National Standards for Reuse and Water Quality**. Water Resources, Vol. 28, Nº. 1, pp. 119 – 124, 1994.

JAMES, C.; VINCENT, C.; ANDRADE DE LIMA, T. I.; JAMES, S. J. **The primary chilling of poultry carcasses – a review**. International Journal of Refrigeration. pp. 16, 2006.

KOBYA, M.; SENTURK, E.; BAYRAMOGLU, M. **Treatment of poultry slaughterhouse wastewaters by electrocoagulation**. Journal of Hazardous Material. Vol. 133. .pp. 172 – 176, 2006.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005. 444 p.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. **Reúso de Água**. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública. Barueri: Editora Manole, 2003. 576 p.

MATTIO, J. A. **Reúso de Água Industrial – Oxidação Avançada no Tratamento de Efluentes Líquidos**. Revista Meio Ambiente Industrial, Nº. ??, pp. 130 – 134, sem data.

MCINTYRE, J. P. **Industrial Water Reuse and Wastewater Minimization**. 1998. Disponível em: <www.gewater.com/pdf/tp365.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2004.

MEAD, G. C. **Processing of Poultry**. Bristol, UK. Ed. Chapman & Hall, 1996.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4.ed. New York: McGraw-Hill, 2003. (McGraw-Hill series in civil and environmental engineering).

MIERZWA, J. C. et al. **Águas Pluviais: Método de Cálculo do Reservatório e Conceitos para um Aproveitamento Adequado**. 2007. *In press*.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria – Uso Racional e Reúso**. São Paulo. Ed. Oficina de Textos, 2005. 143 p.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Programa para Gerenciamento de Águas e Efluentes nas Indústrias, Visando ao Uso Racional e à Reutilização**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 4, Nº. 1 e 2, pp. 11 – 15, 1999.

MILLER, G. W. **Integrated concepts in water reuse: managing global water needs**. Desalination. Vol. 187. pp. 65-75, 2006.

MOHSEN, M. S.; JABER, J. O. **Potential of industrial wastewater reuse**. Desalination. Vol. 152. pp. 281-289, 2002.

NUNES, J. A. **Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais**. Aracaju, Gráfica Editora J. Andrade Ltda. 2004. 298 p.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**. São Paulo, ABES 2005. 285 p.

SÃO PAULO. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria de Planejamento Ambiental Estratégico e Educação Ambiental. **Gestão Participativa das Águas**. São Paulo: SMA, 2004.

SILVA, P. C. F. da; MAINIER, F. B. **Tecnologia Eletroquímica Aplicada ao Tratamento de Efluentes Industriais**. In: Semana de Engenharia da UFF, VII. Seminário Fluminense de Engenharia, IV. Niterói, 2005. Disponível em: <http://www.uff.br/semenge2005/Artigos_anais/Quimica/1124993037130.pdf>. Acesso em: 31 out. 2006.

SOLANO, R. S. **Curva ABC de fornecedores: uma contribuição ao planejamento, programação, controle e gerenciamento de empreendimentos e obras**. Florianópolis, 2003. 167p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/12863.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2006.

THAME, A. C. M. (Org.). **Comitês de Bacias Hidrográficas: Uma Revolução Conceitual**. São Paulo, Iqual Editora, 2002. 150 p.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**. São Paulo, Navegar Editora. 2003. 180p.

TOMAZ, P. **Conservação da Água**. Brasil. Sem data.

TOMPKIN, R. B. **HACCP in the meat and poultry industry**. Food Control. Vol. 5. pp. 153-161, 1994.

TSAI, W.T.; CHOU, Y.H. **Government policies for encouraging industrial waste reuse and pollution prevention in Taiwan**. Journal of Cleaner Production. Vol. 12. pp. 725-736, 2004.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

WANG, Z.; FAN, Z.; XIE, L.; WANG, S. **Study of integrated membrane systems for the treatment of wastewater from cooling towers**. Desalination. Vol. 191. pp. 117-124, 2006.

APÊNDICE A – Descrição dos processos da indústria

a) Recepção dos Frangos

As aves ao chegarem à avícola são encaminhadas ao chuveiro onde recebem uma ducha de água fria (água bruta do Córrego Pinheirinho - Classe II) para diminuir a temperatura corpórea. Em seguida as aves são encaminhadas ao galpão de frango vivo, onde é utilizada água potável nos ventiladores e aspersores de água para desacelerar o ritmo cardíaco antes do abate. Essa água é perdida para a atmosfera. Após o caminhão ser encaminhado à plataforma de recepção, o local de descanso das aves é lavado com água potável.

Com as aves descarregadas na plataforma de recepção, os caminhões são lavados com água potável.

b) Plataforma

Na recepção do setor da plataforma, as gaiolas com as aves são descarregadas do caminhão e colocadas em esteiras. As aves são então penduradas pelos pés, e após serem atordoadas por meio de eletro-choque, seguem para o sangrador automático onde são cortadas as veias carótida e jugular. Elas passam pelo túnel de sangria em direção a sala de escaldagem. Todo o sangue é canalizado até um reservatório vertical, onde será utilizado como parte integrante da produção de farinha no prédio da Fábrica de Farinha e Óleos – Sub-Produtos (dentro da graxaria).

As caixas onde as aves foram transportadas são lavadas com água quente, e o efluente gerado é encaminhado à ETE para tratamento.

c) Escaldagem e Depenagem

Na sequência os frangos são encaminhados ao setor de Escaldagem, onde são mergulhados em água quente a uma temperatura de 60 a 61 °C. O controle da temperatura é automático. Ao saírem do escaldador, as aves passam por três (03) depenadeiras. As penas são levadas através de jato de água por um canal que as conduz para o setor de Sub-Produtos (dentro da graxaria) para a produção de farinha. A água do jato é proveniente do bombeamento do efluente bruto que

encontra-se no tanque de equalização, ajudando a empurrar as penas pela calha. As bombas utilizadas possuem capacidade de recalque de 80 m³/h. Essa água é então retornada ao tanque de equalização, não necessitando de qualidade de potabilidade. Os pés então são cortados e encaminhados para o depilador de patas. Desse ponto, eles são succionados por uma tubulação e encaminhados para o *chiller* para posterior empacotamento e congelamento.

d) Evisceração

As aves com as patas cortadas seguem para o transpasse e daí para a nória de evisceração. As cabeças são separadas das carcaças e estas são lavadas antes de passarem pelo setor de evisceração. As cabeças são encaminhadas à graxaria para a produção de farinha. A água da lavagem é encaminhada para a ETE.

Na nória de evisceração as aves sofrem uma série de operações para o adequado preparo industrial: extração de cloaca, abertura de abdome e exposição das vísceras para realização da inspeção sanitária.

As aves condenadas são separadas em outra nória, onde são separadas as partes aproveitáveis. Estas são encaminhadas para *chillers* com água e gelo encaminhadas para a sala de cortes. As partes condenadas são conduzidas em calha sanitária seguindo para a graxaria.

Após a inspeção, as aves seguem para a retirada manual de miúdos. O fígado e o coração são conduzidos em uma calha através de um filme de água até funis coletores sendo transportados a vácuo para o setor de miúdos. O pacote intestinal com a moela ainda aderida a ele, segue por outra calha coletora até a máquina de moela, onde ela será extraída, aberta e limpa, seguindo também para o setor de miúdos. As vísceras e os resíduos da moela seguem para a graxaria.

As moelas são limpas automaticamente e conduzidas aos *chillers* próprios para esse miúdo, a uma temperatura de 4°C.

Na seqüência, são extraídos os papos, ventrículos e traquéias.

Os pescoços são retirados e transportados ao *chiller* próprio para esse uso, a uma temperatura de 4°C.

Os pulmões são retirados através de extratores a vácuo e as carcaças são lavadas externa e internamente com jatos de água sob pressão.

e) Resfriamento

Após a inspeção do SIF, as aves são transportadas através de nória para o *pré-chiller* que se encontra a uma temperatura de 16 °C, e através de rosca sem fim, são transportadas para o *chiller*. Este tem renovação de água gelada e utilização de gelo produzido na própria indústria mantendo-o a uma temperatura entre 0 e 4 °C.

Toda água utilizada nos *chillers* é clorada com o uso de Dióxido de Cloro. A concentração do Dióxido de Cloro na solução é de 270 g/ml, sendo que o volume total de água utilizada para diluição do dióxido é de 4,20 m³/dia.

O volume de água gelada utilizada nos *chillers* soma 183 m³/dia.

As características dos *chillers* são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos Chillers de Frango Inteiro

Item	Descrição
Material	Aço Inoxidável AISI 304
Capacidade de água	56.000 L
Volume de ar insuflado	600 m³/h

f) Corte e Embalagem

Após os *chillers*, as aves passam pelos processos de gotejamento, cortes, processamento e embalagem.

As carcaças são penduradas na nória de respingo para escorrer o excesso de água. Fica retida no frango na forma absorvida cerca de 8% de água. A seguir são conduzidas a uma sala anexa com temperatura controlada de até 15 °C, onde são feitos os cortes.

Na sala de cortes, o frango inteiro e suas partes são temperados com uma solução de salmoura.

Os dorsos e pescoços são conduzidos em carrinhos para uma sala, onde são colocados na máquina “SEPAMATIC 400”, que através de pressão são moídos, ocorrendo a separação dos ossos da carne. Esse processo ocorre sem atrito mecânico, para evitar quaisquer traumas, mantendo todo o teor de proteína no estado normal, sem acrescentar aditivos que alterem o conteúdo e sua boa qualidade. A carne mecanicamente separada (CMS) serve de matéria-prima para embutidos. É embalada automaticamente na saída da máquina em sacos plásticos,

seguindo para o túnel de congelamento a uma temperatura de -30°C , e finalmente é armazenada em câmara frigorífica numa temperatura média de -18°C .

g) Setor de Congelamento

Todo frango após passar pela sala de cortes é encaminhado ao túnel de congelamento e armazenado na câmara frigorífica juntamente ao CMS.

Periodicamente o túnel e a câmara são descongelados, sendo gerado um volume de água que é encaminhado à drenagem. Assim, diariamente são produzidos no degelo da câmara frigorífica, um volume de água de cerca de $20\text{ m}^3/\text{dia}$, e semanalmente, quando ocorre o degelo dos túneis de congelamento, é produzido um volume de 50 m^3 de água.

A água produzida nos degelos apresenta temperatura entre 2 e 3°C , e segundo informações fornecidas pelo setor de Meio Ambiente da indústria, suas características físico-químicas não são alteradas, com exceção da temperatura. Pela informação dada, a concentração de sólidos totais dissolvidos, óleos e graxos, DBO e DQO não são mensuráveis, e há intenção de aproveitar essa água no resfriador evaporativo e no auxílio do degelo. Para este último, são consumidos atualmente cerca de 20 m^3 de água diariamente para a realização do degelo da câmara frigorífica.

h) Unidades Não Produtivas

Como unidades não produtivas, mas importantes quanto ao apoio à indústria, estão as edificações como o refeitório, setor de manutenção, área reservada ao SIF (Serviço de Inspeção Federal), vestiários e sanitários, portaria, setor de recursos humanos e administrativo.

Nessas edificações são consumidos $112,8\text{ m}^3/\text{dia}$ de água potável proveniente do Reservatório Central.

Os efluentes produzidos nesses setores são esgotos domésticos, sendo todos encaminhados ao sistema de tratamento em tanque séptico e filtro anaeróbio, sendo lançado posteriormente ao coletor tronco existente nas proximidades.

i) Setor de Utilidades

Em uma indústria, o setor de utilidades tem como função, fornecer insumos ou serviços para a realização dos processos produtivos ou não, sendo esses produtos diferentes às matérias-primas utilizadas.

Na avícola estudada, não há um setor específico centralizando a localização dessas atividades, sendo essas descritas na sequência.

ia) Sistema de Abastecimento de Água

Como fonte de abastecimento de água, a avícola possui 5 (cinco) poços profundos e uma captação superficial.

Na sequência, são descritos os mananciais utilizados:

- Poço 1 – Graxaria: localizado na área da graxaria, dentro da indústria. A vazão outorgada para captação é de 240 m³/dia.
- Poço 2 – Lagoa: localizado também dentro da área da indústria, tem vazão outorgada de 80 m³/dia.
- Poço 3 – Ditt: está distante 1,09 km da indústria. Sua vazão de outorga é de 340 m³/dia.
- Poço 4 – Baradel: é o poço mais distante, estando a 4,98 km da indústria com vazão de 520 m³/dia.
- Poço 5 – Gutt: este se localiza a 2,86 km de distância da indústria e possui a maior vazão de outorga dentre os poços: 560 m³/dia.
- Córrego Pinheirinho, única fonte de água superficial da indústria. Trata-se de um corpo d'água Classe 2, segundo Decreto Estadual n. 8.468/76 que classifica as águas do Estado de São Paulo, possuindo no ponto de captação $Q_{7,10}$ de 50,04 m³/h (13,9 l/s). Ele é contribuinte direto do Rio Jundiaí, sendo que a partir desse ponto o último passa a Classe 4. A captação é do tipo flutuante e é realizada através de barramento para regularização de vazão existente na área da indústria. A vazão outorgada para a captação é de 1.200 m³/dia (50 m³/h).

A água captada no Córrego Pinheirinho é tratada em ETA do tipo convencional, com capacidade de 90 m³/h.

Como agente coagulante, é aplicado sulfato de alumínio, cuja mistura rápida ocorre na calha Parshall. O carbonato de sódio é utilizado como alcalinizante. A calha não tem sido utilizada como medidor de vazão, não havendo valores de vazões efetivamente tratadas.

Para que ocorra a coagulação, é utilizado um canal com chicanas de fluxo horizontal. Ao seu final, é aplicado polímero para auxiliar no processo de decantação.

O decantador existente é do tipo laminar de fluxo horizontal. Após esta unidade, a água passa por um filtro lento de areia e carvão ativado, e a água filtrada é desinfetada com hipoclorito de sódio, sendo finalmente encaminhado ao reservatório central.

Toda água proveniente dos poços é encaminhada para o reservatório central, onde ocorre a aplicação de hipoclorito de sódio para desinfecção.

São dois reservatórios apoiados existentes na indústria:

- Um reservatório central com volume de 445 m³. Ele é abastecido com água tratada proveniente da ETA e dos poços. Na chegada das águas, é aplicado hipoclorito de sódio e o reservatório trabalha como tanque de contato.
- Um reservatório para incêndio com capacidade de 150 m³, que tem funcionado como reservatório de passagem.

Do reservatório central, a partir do barrilete de saída estão as tubulações que abastecem os seguintes prédios:

- Portaria/ Treinamento;
- Almoxarifado/ Manutenção/ Escritório;
- SIF/ Vestiário/ Refeitório;
- Produção.

ib) Fabricação de Gelo

O gelo produzido na avícola é utilizado para o resfriamento da água dos *chillers* e para o preparo de tempero das aves.

Para sua produção, são consumidos em torno de 183 m³ de água por dia, sendo que aos finais de semana, só há fabricação de gelo quando há abate.

O resfriamento da água é realizado através da utilização da amônia que é expandida o que reduz sua temperatura e conseqüentemente resfria a água formando o gelo. Somam ao todo, quatro equipamentos para fabricação de gelo, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Capacidade das Máquinas de Gelo

Máquina de Gelo				
Máquina	MAQ-01	MAQ-02	MAQ-03	MAQ-04
Capacidade (ton/dia)	20	30	40	88

ic) Resfriadores Evaporativos

Na cobertura do prédio da produção estão localizados sete Resfriadores Evaporativos onde a água é proveniente do Reservatório Central a temperatura ambiente. A água é utilizada para resfriar a sala de máquinas que fica no piso térreo, abaixo dos resfriadores. A água é recirculada e acumulada em bacias (dos resfriadores) das quais as diversas perdas provenientes do sistema são repostas com a água do Reservatório Central. O controle é realizado por meio de bóias de nível, mantendo assim um volume constante garantindo a recirculação. As perdas ocorrem por evaporação, arraste e purga.

id) Produção de Vapor d'Água

No setor de Caldeiras a água de alimentação proveniente da ETA, é previamente tratada com produtos químicos próprios para o controle do processo, sendo esses produtos Sulfito, Fosfato e Dispersantes. Na seqüência, a água é levada à caldeira, com capacidade de 42 m³, onde é transformada em vapor.

Todo o vapor gerado na Caldeira é conduzido por tubulações até os vários pontos de consumo (Fábrica de Sub-Produtos, Tanques de Óleos, Produção) gerando energia para esses. O vapor transformado em condensado (cerca de 79% do volume de água utilizada inicialmente) é retornado para o tanque de alimentação das caldeiras.

Na seqüência são apresentadas as características da Caldeira.

Tabela 3. Características da Caldeira

Item	Descrição
Tipo	Horizontal com Fornalha Externa - Multitubular
Quantidade	1
Categoria (NR-13)	B
Pressão Máxima	11,95 kg/cm ²
Pressão de Trabalho	10,50 kg/cm ²
Produção de Vapor	15.000 kg/h
Combustível	Óleo BPF 1A
Classificação quanto à pressão	Baixa pressão

ie) Tratamento de Gases da Graxaria

Todos os gases provenientes da produção de farinha e óleo da FFO (Fábrica de Farinha e Óleo) e do setor de Sub-Produtos são conduzidos para o Sistema de Tratamento de Efluentes Gasosos. O odor dos gases condensáveis e não condensáveis podem ser reduzidos em intensidades aceitáveis com o uso da água.

Os compostos químicos presentes nos gases são: amônia, etilamina e H₂S. Esses produtos já se apresentam em fase de decomposição e ainda há a presença dos seguintes compostos: Aldeídos C₄-C₇, Ácidos Orgânicos, Dimetil Amina, Trimetil Amina, Dimetil de Pirazina e outros C₃ e C₆. Também podem ser encontrados outros produtos de oxidação parcial que é a consequência da decomposição de gorduras.

Inicialmente todos os gases provenientes dos processos industriais são canalizados até o lavador de gases, onde os mesmos passam pelos seguintes tratamentos:

- Os gases quentes que saem dos dutos dos digestores são canalizados para um Multi-Ciclone ou "Separador de Partículas". Nesse processo, ocorre a separação das partículas sólidas provenientes da condensação das gorduras e outras substâncias contaminantes dos gases. O condensado dos digestores é aproveitado na lavagem das caixas na área da plataforma.
- Saindo do Multi-Ciclone, os gases são lançados para um "Condensador ou Trocador de Calor". Nessa etapa, os gases ainda não lavados, passam por serpentinas com água fria. Nesse processo, ocorre troca térmica entre a água e o gás, onde este é resfriado a uma temperatura de 65°C. A água aquecida através da troca de calor é utilizada na Produção.

- Os gases são então, levados para o Lavador de Gás que utiliza água fria proveniente da ETE e são resfriados a uma temperatura de 45°.

Após os três processos de tratamentos descritos acima, os gases são lançados no Filtro Biológico.

Na entrada do Filtro Biológico, os gases passam por um umidificador onde a temperatura é abaixada a uma faixa de 25 a 40°C (limite máximo). Nessa temperatura as partículas sólidas condensadas irão se precipitar no interior da caixa de umidificação.

A caixa de umidificação possui capacidade volumétrica de 2,0 m³. O sistema de injeção de água possui uma taxa de 0,15 m³/h em regime de recirculação. A reposição de água no sistema é efetuado automaticamente através de registro com bóia-de-nível, e não gera efluente líquido. A temperatura da mistura "Ar-Gás", após o umidificador, não poderá ultrapassar os 60 °C, sob pena de haver esterilização do substrato biológico.

Nesse sistema ocorre combinação de reações químicas e reações microbiológicas para remover os odores. São utilizados cavacos de pinus como substrato do leito filtrante, onde fica retida a colônia de microorganismos. Assim, os gases atravessam o meio filtrante e as bactérias consomem o elemento odorífero (gases provenientes dos processos industriais) convertendo esses em gases CO₂ e H₂O que serão lançados na atmosfera.

if) Sistema de Tratamento de Efluentes

A ETE é composta de peneira estática (malha 0,7 mm) para retenção de sólidos (penas e partes dos frangos que passaram pelo sistema de retenção dentro da produção), um tanque de equalização (14,65 x 3,5 x 2,6 m) para manter o efluente homogeneizado através de misturadores tipo turbina, um sistema de recalque e um sistema de flotação com ar dissolvido com capacidade de 120 m³/h.

O sistema de flotação é composto da seguinte forma:

- Dosagem Química: inicialmente o efluente recebe a adição de Cloreto Férrico como coagulante e um polieletrólito catiônico como floculante.
- Processo Físico: o efluente é então conduzido para o tanque de flotação onde há separação da fase sólida em suspensão da líquida clarificada por meio de raspadores mecânicos.

O efluente tratado é aproveitado para a lavagem dos gases da graxaria e depois retorna ao tanque de equalização.

O efluente a ser tratado apresenta-se com temperatura elevada devido à utilização de água quente na produção e devido ao aquecimento do efluente tratado na lavagem dos gases.

O efluente excedente é lançado no coletor tronco CERJU.

No entanto, durante as visitas foi verificado que a ETE não era operado adequadamente, pois o tanque de homogeneização encontrava-se repleto de uma camada espessa de espuma e gordura e sem os misturadores. Somado a esse problema, o flotador também não era operado adequadamente, pois estavam em operação apenas duas pás para retirada de espuma.

ig) Sistema de Drenagem de Águas Pluviais

Toda água captada do sistema de drenagem tanto das vias como das coberturas das edificações é encaminhada para o Córrego Pinheirinho, a jusante da barragem de regularização de vazão.

No sistema de drenagem ainda há contribuição da água de lavagem dos filtros e de descarga do decantador, além de parte da água de lavagem dos caminhões que não é totalmente encaminhada à ETE.

ANEXO 1 – Lay Out da Indústria

Na seqüência são apresentados os “lay outs” do prédio da produção.

ANEXO 1A. LAY OUT – PRIMEIRO PISO

ANEXO 1B. LAY OUT – PISO INFERIOR

ANEXO 1C. LAY OUT – COBERTURA

ANEXO 2 – Consumos de produtos químicos e de água na ETA

Tabela 1. Consumo Médio de Sulfato de Alumínio $Al_2(SO_4)_3$ na ETA - Coagulação

Mês	Dosagem		Dias trab.	Conc. Soluç.	Consumo em Massa Produto Químico			Consumo em Volume Solução			Volume de Água Consumido	
	(ppm)	(mg/L)			(kg/d)	(kg/mês)	(ton/mês)	(L/d)	(L/mês)	(m³/mês)	(L/d)	(m³/d)
Jan/06	59,13	59,13	28	83,33	94,64	2.650,00	2,65	1.135,76	31.801,32	31,80	1.135,76	1,14
Fev/06	59,13	59,13	24	83,33	102,56	2.461,44	2,46	1.230,77	29.538,46	29,54	1.230,77	1,23
Mar/06	59,13	59,13	25	83,33	117,60	2.940,00	2,94	1.411,26	35.281,41	35,28	1.411,26	1,41
Abr/06	59,13	59,13	22	83,33	99,00	2.178,00	2,18	1.188,05	26.137,05	26,14	1.188,05	1,19
Mai/06	59,13	59,13	26	83,33	55,77	1.449,99	1,45	669,25	17.400,62	17,40	669,25	0,67
Jun/06	59,13	59,13	25	83,33	46,00	1.150,00	1,15	552,02	13.800,55	13,80	552,02	0,55
Jul/06	59,13	59,13	25	83,33	90,76	2.268,91	2,27	1.089,12	27.227,98	27,23	1.089,12	1,09
Média					86,62	2.156,91	2,16	1.039,46	25.883,91	25,88	1.039,46	1,04

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

Tabela 2. Consumo Médio de Carbonato de Sódio Na_2CO_3 na ETA – Correção de pH

Mês	Dosagem		Dias trab.	Conc. Soluç.	Consumo em Massa Produto Químico			Consumo em Volume Solução			Volume de Água Consumido	
	(ppm)	(mg/L)			(kg/d)	(kg/mês)	(ton/mês)	(L/d)	(L/mês)	(m³/mês)	(L/d)	(m³/d)
Jan/06	39,52	39,52	28	83,33	75,89	2.125,00	2,13	910,75	25.501,07	25,50	910,75	0,91
Fev/06	39,52	39,52	24	83,33	92,50	2.220,00	2,22	1.110,04	26.641,07	26,64	1.110,04	1,11
Mar/06	39,52	39,52	25	83,33	96,00	2.400,00	2,40	1.152,05	28.801,15	28,80	1.152,05	1,15
Abr/06	39,52	39,52	22	83,33	78,50	1.727,00	1,73	942,04	20.724,83	20,72	942,04	0,94
Mai/06	39,52	39,52	26	83,33	50,00	1.300,00	1,30	600,02	15.600,62	15,60	600,02	0,60
Jun/06	39,52	39,52	25	83,33	38,00	950,00	0,95	456,02	11.400,46	11,40	456,02	0,46
Jul/06	39,52	39,52	25	83,33	71,43	1.785,71	1,79	857,18	21.429,43	21,43	857,18	0,86
Média					71,76	1.786,82	1,79	861,16	21.442,66	21,44	861,16	0,86

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

Tabela 3. Consumo Médio de Polieletrólito Aniônico na ETA - Flocculação

Mês	Dosagem		Dias trab.	Cons. Diário	Cons. em Massa Prod. Quím.	Concentração Solução		Cons. Volume Solução		Volume de Água Consumido
	(ppm)	(mg/L)				(%)	(g/L)	(l/d)	(l/d)	
Jan/06	0,20	0,20	28	0,10	2,80	0,04	0,35	285,71	285,71	0,29
Fev/06	0,20	0,20	24	0,10	2,40	0,04	0,35	285,71	285,71	0,29
Mar/06	0,20	0,20	25	0,15	3,75	0,04	0,35	428,57	428,57	0,43
Abr/06	0,20	0,20	22	0,15	3,30	0,04	0,35	428,57	428,57	0,43
Mai/06	0,20	0,20	26	0,14	3,64	0,04	0,35	400,00	400,00	0,40
Jun/06	0,20	0,20	25	0,14	3,50	0,04	0,35	400,00	400,00	0,40
Jul/06	0,20	0,20	25	0,17	4,20	0,04	0,35	480,00	480,00	0,48
Média				0,14	3,37	0,04	0,35	386,94	386,94	0,39

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

Tabela 4. Consumo Médio de Hipoclorito de Sódio (NaClO) na ETA - Desinfecção

Mês	Dosagem		Dias trab.	Cons. Diário	Cons. em Massa Prod. Quím.	Concentração Solução		Cons. Volume Solução
	(ppm)	(mg/L)				(%)	(g/L)	
Jan/06	51,20	51,20	28	69,64	1.950,00	12,00	120,00	580,36
Fev/06	51,20	51,20	24	47,92	1.150,01	12,00	120,00	399,31
Mar/06	51,20	51,20	25	47,92	1.197,93	12,00	120,00	399,31
Abr/06	51,20	51,20	22	77,10	1.696,20	12,00	120,00	642,50
Mai/06	51,20	51,20	26	73,08	1.900,00	12,00	120,00	608,98
Jun/06	51,20	51,20	25	66,00	1.650,00	12,00	120,00	550,00
Jul/06	51,20	51,20	25	57,75	1.443,75	12,00	120,00	481,25
Média				62,77	1.569,70	12,00	120,00	523,10

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

ANEXO 3 – Consumos de produtos químicos e de água na ETE

Tabela 1. Consumo Médio de Cloreto Férrico FeCl_3 na ETE - Coagulação

Mês	Dosagem		Dias trab.	Conc. Soluç.	Consumo em Massa Produto Químico			Consumo em Volume Solução		
	(ppm)	(mg/L)			(kg/d)	(kg/mês)	(ton/mês)	(L/d)	(L/mês)	(m³/mês)
Jan/06	420,00	420,00	28	1,40	450,71	12.619,99	12,62	321,94	9.014,28	9,01
Fev/06	420,00	420,00	24	1,40	620,99	14.903,76	14,90	443,56	10.645,54	10,65
Mar/06	420,00	420,00	25	1,40	725,80	18.145,00	18,15	518,43	12.960,71	12,96
Abr/06	420,00	420,00	22	1,40	680,00	14.960,00	14,96	485,71	10.685,71	10,69
Mai/06	420,00	420,00	26	1,40	920,10	23.922,60	23,92	657,21	17.087,57	17,09
Jun/06	420,00	420,00	25	1,40	932,00	23.300,00	23,30	665,71	16.642,86	16,64
Jul/06	420,00	420,00	26	1,40	764,40	19.874,40	19,87	546,00	14.196,00	14,20
Média					727,71	18.246,54	18,25	519,80	13.033,24	13,03

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

Tabela 2. Consumo Médio de Soda Cáustica NaOH na ETE – Correção de pH

Mês	Dosagem		Dias trab.	Conc. Soluç.		Consumo em Massa Produto Químico		Consumo em Volume Solução		
	(ppm)	(mg/L)		(kg/L)	(kg/d)	(kg/mês)	(ton/mês)	(L/d)	(L/mês)	(m³/mês)
Jan/06	15,00	15,00	28	1,50	25,00	700,00	0,70	16,67	466,67	0,47
Fev/06	15,00	15,00	24	1,50	29,17	700,01	0,70	19,44	466,67	0,47
Mar/06	15,00	15,00	25	1,50	11,00	275,00	0,28	7,33	183,33	0,18
Abr/06	15,00	15,00	22	1,50	22,00	484,00	0,48	14,67	322,67	0,32
Mai/06	15,00	15,00	26	1,50	11,00	286,00	0,29	7,33	190,67	0,19
Jun/06	15,00	15,00	25	1,50	12,00	300,00	0,30	8,00	200,00	0,20
Jul/06	15,00	15,00	26	1,50	35,10	912,60	0,91	23,40	608,40	0,61
Média					20,75	522,52	0,52	13,83	348,34	0,35

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

Tabela 3. Consumo Médio de Polieletrólito Catiônico na ETE - Flotação

Mês	Dosagem		Dias trab.	Consumo Diário	Consumo em Massa Produto Químico			Cons. Volume Solução	Volume de Água Consumido	
	(ppm)	(mg/L)			(kg/d)	(kg/mês)	(%)		(l/d)	(m³/d)
Jan/06	5,20	5,20	28	3,76	105,20	0,07	0,67	5.635,50	5.635,50	5,64
Fev/06	5,20	5,20	24	5,42	130,01	0,07	0,67	8.125,50	8.125,50	8,13
Mar/06	5,20	5,20	25	4,40	110,00	0,07	0,67	6.600,00	6.600,00	6,60
Abr/06	5,20	5,20	22	8,50	187,00	0,07	0,67	12.750,00	12.750,00	12,75
Mai/06	5,20	5,20	26	4,86	126,36	0,07	0,67	7.290,00	7.290,00	7,29
Jun/06	5,20	5,20	25	9,20	230,00	0,07	0,67	13.800,00	13.800,00	13,80
Jul/06	5,20	5,20	26	6,55	170,35	0,07	0,67	9.828,00	9.828,00	9,83
Média				6,10	151,27	0,07	0,67	9.147,00	9.147,00	9,15

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

Tabela 4. Consumo de Polieletrólito Catiônico na ETE – Desaguamento do Lodo

Mês	Dosagem		Dias trab.	Consumo Diário	Consumo em Massa Produto Químico			Cons. Volume Solução	Volume de Água Consumido	
	(ppm)	(mg/L)			(kg/d)	(kg/mês)	(%)		(l/d)	(m³/d)
Jan/06	4,80	4,80	28	2,51	70,25	0,07	0,67	3.763,50	3.763,50	3,76
Fev/06	4,80	4,80	24	4,17	100,01	0,07	0,67	6.250,50	6.250,50	6,25
Mar/06	4,80	4,80	25	2,80	70,00	0,07	0,67	4.200,00	4.200,00	4,20
Abr/06	4,80	4,80	22	4,09	90,00	0,07	0,67	6.136,50	6.136,50	6,14
Mai/06	4,80	4,80	26	3,80	98,80	0,07	0,67	5.700,00	5.700,00	5,70
Jun/06	4,80	4,80	25	6,00	150,00	0,07	0,67	9.000,00	9.000,00	9,00
Jul/06	4,80	4,80	26	6,24	162,24	0,07	0,67	9.360,00	9.360,00	9,36
Média				4,23	105,90	0,07	0,67	6.344,36	6.344,36	6,34

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Indústria

ANEXO 4 – Demandas de Água na Indústria

Tabela 1. Demanda de Água à Temperatura Ambiente¹ - continua

Setores	Cons./dia (m ³ / dia)	Qualidade Mínima Necessária da Água
Sala de Máq./ Sistema de Resfriamento		
Resfriador Evaporativo	21,60	reúso
Resfriador Evaporativo	25,92	reúso
Resfriador Evaporativo	51,84	reúso
Resfriador Evaporativo	51,84	reúso
Resfriador Evaporativo	25,92	reúso
Resfriador Evaporativo	51,84	reúso
Resfriador Evaporativo	60,48	reúso
Fábrica de Gelo	183,00	potável
Câmara de Congelamento	20,00	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>492,44</i>	
Plataforma / Produção		
Sensibilizador para Corte do Frango	15,20	potável
Assepsia Funcionários / Lavador Botas	4,00	potável
Limpeza/Higienização produção	78,50	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>97,70</i>	
Evisceração		
Mangueira da Evisceração 1	10,50	potável
Mangueira da Evisceração 2	11,50	potável
Lavador Final	35,70	potável
Chuveiro da Evisceração	25,50	potável
Jato de Pressão*	5,50	potável
Cloaca	11,90	potável
Abdômem	13,60	potável
Evisceradora (2 bicos de chuveiro)	32,30	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>146,50</i>	

Tabela 1 – Demanda de Água à Temperatura Ambiente¹ - continuação

Setores	Cons./dia (m³ / dia)	Qualidade Mínima Necessária da Água
Chillers (Frango Inteiro)		
Pré Chiller – Água °C Ambiente	144,00	reúso
Jato de Pressão*	6,00	potável
Chuveiro	49,30	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>199,30</i>	
Sala de Miúdos		
Jato de Pressão*	6,00	potável
Mangueira do Muído	12,48	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>18,48</i>	
Sala de Cortes		
Jato de Pressão*	6,00	potável
Lavador de Botas Produção Geral	1,00	potável
Lavador de Avental	0,40	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>7,40</i>	
CMS		
Mangueira	14,00	potável
Jato de Pressão*	5,50	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>19,50</i>	
Injetoras Automáticas e Manual		
Sala de Tempero - Salmoura	61,00	potável
Bomba de Limpeza de Filtros	6,96	potável
Bomba de Limpeza de Filtros	6,72	potável
Bomba de Limpeza de Filtros	6,60	potável
Bomba de Limpeza de Filtros	6,60	potável
Bomba de Limpeza de Filtros	6,60	potável
Bomba de Limpeza de Filtros	6,60	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>101,08</i>	
Sistema de Desinfecção Microbiológica		
Produção de Dióxido de Cloro	4,20	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>4,20</i>	

Tabela 1 – Demanda de Água à Temperatura Ambiente¹ - continuação

Setores	Cons./dia (m³ / dia)	Qualidade Mínima Necessária da Água
Graxaria		
Mangueiras	4,20	reúso
Jato de Pressão*	0,90	reúso
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>5,10</i>	
Sistema de Geração de Vapor		
Caldeira ATA AW15	180,00	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>180,00</i>	
ETA - Estação de Trat. Água		
Sulfato Alumínio	1,04	potável
Carbonato de Sódio	0,86	potável
Polímero	0,39	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>2,29</i>	
ETE - Estação de Trat. Efluentes		
Tanques de Polímeros - Flotador	9,15	potável
Tanque de Polímero do Lodo	6,34	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>15,49</i>	
Logística		
Chuveiro Frango Vivo - Água da Lagoa	117,43	bruta
Jato de Pressão - Lavagem Caixas / Caminhões	64,60	reúso
Mangueiras de Água do Setor	30,60	reúso
Bicos de Aspersão	119,00	potável
Filtro Biológico	3,60	reúso
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>335,23</i>	
Uso não Produtivo		
Residências / Portaria / Recrutamento	28,80	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>28,80</i>	

Tabela 1 – Demanda de Água à Temperatura Ambiente¹ - conclusão

Setores	Cons./dia (m ³ / dia)	Qualidade Mínima Necessária da Água
Uso não Produtivo		
Refeitório / Manutenção / SIF/ Sanitários	84,00	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>84,00</i>	
Total Geral de Consumo de Água		
	1.737,50	

* higienização e limpeza

¹ temperatura em torno de 20°C**Tabela 2 – Demanda de Água Fria¹**

Setores	Cons./dia (m ³ / dia)	Qualidade Mínima Necessária da Água
Evisceração		
Lavador de Moela	49,30	potável
Empurrador da Moela	20,40	potável
Máquina de Moela	166,60	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>236,30</i>	
Chillers (Frango Inteiro)		
Chiller - Água Gelada + Gelo	144,00	reúso
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>144,00</i>	
Sala de Miúdos		
Chiller de Pé - Água Gelada + Gelo	9,00	reúso
Chiller de Moela - Água Gelada + Gelo	10,20	reúso
Chiller de Fígado + Coração - Água Gelada + Gelo	10,80	reúso
Chiller de Cabeça - Água Gelada + Gelo	9,00	reúso
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>39,00</i>	
Total Geral de Consumo de Água		
	419,30	

¹ temperatura entre 4 e 16°C

Tabela 3 – Demanda de Água Quente¹

Setores	Cons./dia (m³ / dia)	Qualidade Mínima Necessária da Água
Plataforma / Produção		
Mangueira Plataforma	9,00	potável
Lavador de Caixas	239,40	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>248,40</i>	
Escaldagem / Produção		
Tanque de Escaldagem	76,00	potável
Depenadeira de Sambica	142,50	potável
Depenadeira	180,50	potável
Depenadeira Escaldadora de Pé	142,50	potável
Depildor de Pé	38,00	potável
Mangueira da Escaldagem	15,00	potável
Jato da Escaldagem	7,50	potável
Chuveiro da Escaldagem (Lavador de Carcaça)	20,90	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>622,90</i>	
Sala de Cortes		
Mangueira - Água Quente	16,00	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>16,00</i>	
Sistema de Geração de Vapor		
Recirculação condensado para a caldeira	630,72	potável
<i>Total Consumido no Sistema</i>	<i>630,72</i>	
Total Geral de Consumo de Água	1.518,02	

¹ temperatura em torno de 60°C

ANEXO 5 – Projeção do Consumo Médio Mensal de Água na Avícola

2001												
Meses	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
nº aves abatidas	2.266.000	2.517.917	2.129.403	2.467.592	2.084.243	2.458.972	2.184.072	2.285.717	2.405.090	2.354.124	2.335.586	2.355.854
m3 global	42.851,80	48.766,00	41.494,50	49.845,20	40.371,60	48.549,90	43.010,90	43.755,10	45.380,90	43.804,80	42.159,70	45.049,70
Nº Litros Consumidos	42.851.800	48.766.000	41.494.500	49.845.200	40.371.600	48.549.900	43.010.900	43.755.100	45.380.900	43.804.800	42.159.700	45.049.700
Nº Litros/Aves	18,91	19,37	19,49	20,20	19,37	19,74	19,69	19,14	18,87	18,61	18,05	19,12
Consumo água/dia	1.714,07	2.322,19	1.536,83	1.993,81	1.552,75	1.942,00	1.654,27	1.682,89	1.815,24	1.752,19	1.686,39	1.801,99
2002												
Meses	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
nº aves abatidas	2.373.377	1.892.587	2.199.465	2.405.010	2.353.189	2.112.999	2.285.717	2.405.090	2.354.124	2.325.586	2.355.854	2.266.000
m3 global	43.438,20	36.985,30	45.965,66	51.507,40	53.199,50	47.501,40	46.429,50	48.127,00	43.474,00	47.316,90	46.674,80	46.226,90
Nº Litros Consumidos	43.438.200	36.985.300	45.965.660	51.507.400	53.199.500	47.501.400	46.429.500	48.127.000	43.474.000	47.316.900	46.674.800	46.226.900
Nº Litros/Aves	18,30	19,54	20,90	21,42	22,61	22,48	20,31	20,01	18,47	20,35	19,81	20,40
Consumo água/dia	1.737,53	1.761,20	1.702,43	2.060,30	2.046,13	1.900,06	1.785,75	1.851,04	1.738,96	1.892,68	1.866,99	1.849,08
2003												
Meses	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
nº aves abatidas	2.338.288	2.157.033	2.140.320	2.241.987	2.425.995	2.268.025	2.518.625	2.456.424	2.572.781	2.545.253	2.405.257	2.867.951
m3 global	47.814,20	46.692,50	45.419,80	47.703,40	52.256,70	44.745,70	42.079,20	42.072,40	43.826,60	43.812,40	41.608,10	51.150,20
Nº Litros Consumidos	47.814.200	46.692.500	45.419.800	47.703.400	52.256.700	44.745.700	42.079.200	42.072.400	43.826.600	43.812.400	41.608.100	51.150.200
Nº Litros/Aves	20,45	21,65	21,22	21,28	21,54	19,73	16,71	17,13	17,03	17,21	17,30	17,84
Consumo água/dia	1.912,57	2.223,45	1.682,21	1.908,14	2.009,87	1.789,83	1.618,43	1.618,17	1.753,06	1.752,50	1.664,32	2.046,01
2004												
Meses	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
nº aves abatidas	2.338.288	2.157.033	2.140.320	2.241.987	2.425.995	2.268.025	2.518.625	2.456.424	2.572.781	2.545.253	2.405.257	2.867.951
m3 global	43.349,50	42.975,10	49.999,50	46.900,90	47.591,10	45.957,30	47.813,20	48.322,60	46.444,00	47.091,50	44.816,50	49.910,40
Nº Litros Consumidos	43.349.500	42.975.100	49.999.500	46.900.900	47.591.100	45.957.300	47.813.200	48.322.600	46.444.000	47.091.500	44.816.500	49.910.400
Nº Litros/Aves	18,54	19,92	23,36	20,92	19,62	20,26	18,98	19,67	18,05	18,50	18,63	17,40
Consumo água/dia	1.733,98	2.046,43	1.851,83	1.876,04	1.830,43	1.838,29	1.838,97	1.858,56	1.857,76	1.883,66	1.792,66	1.996,42
2005												
Meses	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
nº aves abatidas	2.913.787	2.552.387	2.962.767	2.778.369	2.979.955	3.302.314	2.965.024	3.552.413	3.367.147	3.280.495	3.535.492	3.546.089
m3 global	49.213,40	48.123,80	54.746,10	47.137,36	50.167,39	57.754,50	51.625,70	60.980,30	57.339,00	54.837,60	57.424,70	57.987,50
Nº Litros Consumidos	49.213.400	48.123.800	54.746.100	47.137.360	50.167.388	57.754.500	51.625.700	60.980.300	57.339.000	54.837.600	57.424.700	57.987.500
Nº Litros/Aves	16,89	18,85	18,48	16,97	16,83	17,49	17,41	17,17	17,03	16,72	16,24	16,35
Consumo água/dia	1.968,54	2.291,61	2.027,63	1.885,49	1.929,51	2.310,18	1.985,60	2.345,40	2.293,56	2.193,50	2.296,99	2.319,50

ANEXO 6 – Resultado do Sistema de Tratamento por Membranas de Efluentes do Pré-Chiller

Program Licensed To:
Calculation Created By:
Project Name: Pré Chiller

Print time: 02/13/07
Design Filtrate Flow (m3/hr): 10,0

HYDRAcap Ultrafiltration Design Information

Feedwater Information

Water Source:	Pré-chiller (frango inteiro)		
Application:			
Turbidity:	9,0 NTU	Min. Temperature:	15,0 oC
TSS:	578,0 mg/L	Avg. Temperature:	15,0 oC

System Information

Module Type:	HYDRAcap40 - IND	Number of Modules/rack:	3
Number of Racks:	1	Total Number of Modules:	3
Filtrate Flow:	11 m3/hr	Load Factor:	89,8 %
Flux:	129 LMH	Recovery:	94,0 %
Module Area:	29,7 m2	Fiber ID:	0,8 mm
Bleed Flow:	0,0 m3/hr/module	Crossflow Freq:	0,0 min.
Crossflow:	0,0 m3/hr/module	Crossflow Duration:	0,0 min.

Backwash Information

Frequency:	30 min.	Forward Flush Flow/rack:	27 m3/h
Forward Flush:	6 sec.	Backwash Flux:	306 LMH
Counter-Current:	12 sec.	Backwash Flow/rack:	27 m3/h
Co-Current:	12 sec.	Backwash Pressure:	2,4 bar
Valve Actuation:	10 sec.	Filtrate Volume/BW/rack:	18 m3/h
Water Displacing:	0 sec.	Number of Backwash Loops:	1
Air Hold:	0 sec.	Forward Flush with Filtrate:	NO
Air Cycles/BW:	1	ARB once every:	99999 # BW

CEB1 (oxidant)

Frequency: 60 min.
Soak: 1,0 min.
Rinse: 12,0 sec.

CEB2 (acid/base)

Frequency: 1,0 days
Soak: 1,0 min.
Rinse: 12,0 sec.

Clean In Place

Cleaning Flow:	10,2 m3/h	Frequency:	60 days
Clean Tank Vol.:	511 liter	Racks Cleaned per Solution:	2
Clean Duration:	6,0 hrs.	Racks Cleaned at Once:	1

Integrity Test Information

Frequency:	1,0 days	Required Pressure:	1,0 bar
Test duration:	10 min.	Modules tested simultaneously:	24

Ultrafiltration System Flow Rates

FiltNet m3/h	FiltGrossm3/h	Raw m3/h	Crossfl m3/h	FeedNet m3/h	Waste m3/h
Max. 1	Max. 1	Max. 2	Max. 0	Max. 2	Max. 2
Min. 0	Min. 0	Min. 0	Min. 0	Min. 0	Min. 0
Avg. 1	Avg. 1	Avg. 1	Avg. 0	Avg. 1	Avg. 0

System Waste Flow Rates

Backw m3/h	FFlush m3/h	CEB1 m3/h	CEB2* m3/h	CIP** m3/h	Rinse m3/h
Max. 4	Max. 4	Max. 4	Max. 4	Max. 1	Max. 2
Min. 0	Min. 0	Min. 0	Min. 0	Min. 0	Min. 0
Avr. 0	Avr. 0	Avr. 0	Avr. 0	Avr. 0	Avr. 0

* Indicates that the flow listed is only that used during the chemical injection portion of the CEB sequence.

** Indicates total waste flow of bulk cleaning solutions (i.e., two solutions).

HYDRAcap Ultrafiltration Design Information

Chemical Consumption Information

	Chemical Name	Dose mg/l100%	Bulk conc.	Usage lb/day
Feed Acidification	N/A	N/A	N/A	N/A
Feed Coagulation	FeCl3	0,5	40,0%	0,3
CEB1	NaOCl	15,0	10,0%	0,2
CEB2	citric acid	20000,0	99,0%	34,9
CIP acid	citric acid	20000,0	99,0%	0,7
CIP base	NaOH	5000,0	25,0%	0,2
CIP oxidant	NaOCl	50,0	10,0%	0,0

Power Consumption Information

Component	Effic. %	Max Press	Nom.Press	Flow	Active	Power
	Motor Pump	bar	bar	m3/h	%	kW
Feed Pumps	95 80	4,8	3,2	0,0	94,7	1,3
Recirc Pumps	94 80,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Backwash Pumps	94 80,0	2,8	2,4	1,9	3,9	0,1
Cleaning Pumps	93 80,0	1,7	1,4	0,7	0,3	0,0
CIP Tank Heater	100	N/A	N/A	N/A	0,4	0,0
Compressor	N/A	8,5	6,1	N/A	10,0	0,4
Valve Actuators	N/A	N/A	N/A	N/A	3,3	0,0
Measurement&Control	N/A	N/A	N/A	N/A	100,0	0,7

Operating Costs

Chemical Name	Usage lb/day	Cost Basis \$/lb	Daily cost \$/day
N/A	N/A	N/A	N/A
FeCl3	0,7	0,97	0,0
NaOCl	1,7	0,08	1,7
citric acid	35,2	1,25	0,4
citric acid	0,7	1,25	0,0
NaOH	0,9	0,06	0,0
NaOCl	0,0	0,08	0,0
Total			2,1

Component Name	Estimated Power kW	Cost \$/day
Feed Pumps	1,3	2,5
Recycle Pump	0,0	0,0
Backwash Pump	0,1	0,2
Cleaning Pump	0,0	0,0
Cleaning Tankheater	0,0	0,0
Compressor	0,4	0,7
Valve Actuators	0,0	0,1
Instrumentation&PLC	0,5	0,9
Total	2,3	4,3

Total Specific Costs

System Costs \$/day	System Costs \$/m3
6,5	0,732

Disclaimer: Design information provided by this software does not warranty actual performance of ultrafiltration system. Membrane or system performance warranties are neither expressed nor implied by this design.

HYDRAcap Ultrafiltration Design Information

Air Supply System Information

Air Temperature	25,0 oC	Atmosphere Pressure	1,0 bar
ARB Pressure	1,0 bar	Compressor Start-On Pressure	6,1 bar
Integrity Test at	1,0 bar	Compressor Cut-Off Pressure	8,5 bar
Run Cycles/hour	6,0	Durratation Single Run	1,0 min
ARB Receiver Volume	0 liter	Control Air Receiver Volume	109 liter
ARB Compressor Active	10,0 %	Control Air Active	10,0 %
ARB Compressor Power	0,0 HP	Control Air Compressor Power	0,5 HP

ANEXO 7 – BALANÇO DE MASSA DA FASE SÓLIDA DA ETA

iteração	ETA				Decantação						Equalização Decantado				
	Entrada		Saída		Entrada		Saída Sobrenadante		Saída Lodo		Entrada		Polímero	Saída Lodo	
	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)
1	1115,11	30,59	1115,11	357,65	1115,11	357,65	1050,73	35,76	64,38	321,88	64,38	321,88	0,64	64,38	322,53
2	1193,30	113,15	1193,30	440,21	1193,30	440,21	1114,06	44,02	79,24	396,19	79,24	396,19	0,79	79,24	396,98
3	1207,89	132,21	1207,89	459,26	1207,89	459,26	1125,22	45,93	82,67	413,34	82,67	413,34	0,83	82,67	414,17
4	1211,26	136,61	1211,26	463,66	1211,26	463,66	1127,80	46,37	83,46	417,30	83,46	417,30	0,83	83,46	418,13
5	1212,03	137,62	1212,03	464,68	1212,03	464,68	1128,39	46,47	83,64	418,21	83,64	418,21	0,84	83,64	419,05
6	1212,21	137,86	1212,21	464,91	1212,21	464,91	1128,53	46,49	83,68	418,42	83,68	418,42	0,84	83,68	419,26
7	1212,25	137,91	1212,25	464,97	1212,25	464,97	1128,56	46,50	83,69	418,47	83,69	418,47	0,84	83,69	419,31
8	1212,26	137,92	1212,26	464,98	1212,26	464,98	1128,57	46,50	83,70	418,48	83,70	418,48	0,84	83,70	419,32
9	1212,27	137,92	1212,27	464,98	1212,27	464,98	1128,57	46,50	83,70	418,49	83,70	418,49	0,84	83,70	419,32
10	1212,27	137,93	1212,27	464,98	1212,27	464,98	1128,57	46,50	83,70	418,49	83,70	418,49	0,84	83,70	419,32

iteração	Adensamento						Desidratação							
	Entrada		Saída Sobrenadante		Saída Lodo		Entrada		Polímero	Saída Sobrenadante		Saída Lodo		
	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSSTseca (kg/dia)	VSSTúmida (kg/dia)
1	64,38	322,53	59,63	32,25	4,74	290,27	4,74	290,27	0,58	3,56	14,54	1,18	276,31	1255,96
2	79,24	396,98	73,40	39,70	5,84	357,28	5,84	357,28	0,71	4,38	17,90	1,46	340,10	1545,89
3	82,67	414,17	76,58	41,42	6,09	372,75	6,09	372,75	0,75	4,57	18,67	1,52	354,82	1612,82
4	83,46	418,13	77,31	41,81	6,15	376,32	6,15	376,32	0,75	4,61	18,85	1,54	358,22	1628,27
5	83,64	419,05	77,48	41,90	6,16	377,14	6,16	377,14	0,75	4,62	18,89	1,54	359,00	1631,83
6	83,68	419,26	77,52	41,93	6,17	377,33	6,17	377,33	0,75	4,63	18,90	1,54	359,18	1632,65
7	83,69	419,31	77,53	41,93	6,17	377,38	6,17	377,38	0,75	4,63	18,91	1,54	359,23	1632,84
8	83,70	419,32	77,53	41,93	6,17	377,39	6,17	377,39	0,75	4,63	18,91	1,54	359,24	1632,89
9	83,70	419,32	77,53	41,93	6,17	377,39	6,17	377,39	0,75	4,63	18,91	1,54	359,24	1632,90
10	83,70	419,32	77,53	41,93	6,17	377,39	6,17	377,39	0,75	4,63	18,91	1,54	359,24	1632,90

iteração	Filtração					
	Entrada		Saída Sobrenadante		Saída Lodo	
	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)	Vazão (m³/dia)	VSST (kg/dia)
0	1050,73	35,76	1035,73	0,00	15,00	35,76
1	1114,06	44,02	1099,06	0,00	15,00	44,02
2	1125,22	45,93	1110,22	0,00	15,00	45,93
3	1127,80	46,37	1112,80	0,00	15,00	46,37
4	1128,39	46,47	1113,39	0,00	15,00	46,47
5	1128,53	46,49	1113,53	0,00	15,00	46,49
6	1128,56	46,50	1113,56	0,00	15,00	46,50
7	1128,57	46,50	1113,57	0,00	15,00	46,50
8	1128,57	46,50	1113,57	0,00	15,00	46,50
9	1128,57	46,50	1113,57	0,00	15,00	46,50

ANEXO 8 – Dados Pluviométricos de Campo Limpo Paulista – POSTO E3-021

CHUVA MENSAL (mm)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1937	217	89,2	82	189,5	14	5,1	0	42	6,7		237,9	149,5
1938	15,4	59,5	66,3	63	93	3,5				240,5	76,5	
1939	21,1	14,3	6,6	5,7	12,5	3,4	25,2	3	8,5	35	25,2	149
1940	278	464	77	21	28	0	4,3	5,9	34,1	111,7	196,4	178,1
1941	102	65,5		29,4	43,8	41,3	19	16	255,4	100,6	126,7	300,8
1942	144,4	179,5	197,2	109,5	17,5	54,6	65,9	0	32	43,4	75,9	247,4
1943	246,9	133,2	220,5	22,7	0,6	19,3	1		52,2	208,6	72,5	196,9
1944	143,2	178,3	111,2	39,4	14,5	10	12,2	0	4,4	92,9	221,7	70,3
1945	183,4		103,6		43,2	200,6	18,1	0	40	35,5	224,9	226,4
1946	221	176,2	97,1	22							51,5	
1947	224,1	38	100	15,6	37	20,7	50,1	10,4		4,5	4,6	103,9
1948	113,7	227,8	292,7	37,3	40,8	0	12,3	2,3		72,5	7,7	1,3
1949	34,5	204,9	137,5	88	69,2	18,3	0,5			17,9	72,7	
1950												
1951							22,5	43,2	3,8	81,3	182,1	120,3
1952	160,3	176,8	105,8	27,2	0	125	0,3	4,3	44,5	47,7	118,8	19,9
1953	124,1	172,8	154,3	73,3	33,5	46,1	23,9	51,3	43,7	146,5	163	110,3
1954	190,9	237,8	106,6	11,6	145,5	18	18,6	0	24,1	149,3	30,5	155,4
1955	413,4	113,9	87,4	48,5	31,5	11,1	41	123,7	0	108,8		260,6
1956	86,2	221,3	47,2	65,5	68,9	72,5	28,6	54,2	51,1	59,1	11	84,4
1957	457,5	217,2	92,6	90	14,5	40,5	48,4	53,3	158,4	129,2	99,3	110,7
1958	268	178,2	166,8	84,7	133,6	51,5	26,7	19,1	103,7	87,9	43,4	171,8
1959	131,9	158,2	140	31,3	38,9	0		65,5	22	68,5	167,1	40,5
1960	60,6	216,5	22,6	57,9	64,3	52,6	0	33,2	7	18,4		346,7
1961	145,1	126,1	63,5	40,5	1,6	0			0	0		

fonte: DAEE