

FABIANA DO ROCIO TIMOFIECSYK

**MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS NUMA INDÚSTRIA  
DE ALIMENTOS DA REGIÃO METROPOLITANA  
DE CURITIBA - PR**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-Graduação em Tecnologia Química com concentração em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Uivald Pawlowsky

**CURITIBA  
2001**

**FABIANA DO ROCIO TIMOFIECSYK**

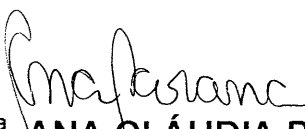
**MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS NUMA INDÚSTRIA DE  
ALIMENTOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA-PR**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Tecnologia Química – com concentração em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Orientador:



Prof. Dr. URIVALD PAWLOWSKY  
Setor de Tecnologia, UFPR



Prof.ª Dr.ª ANA CLÁUDIA BARANA  
Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, UEPG



Prof. Dr. RENATO JOÃO SOSSELA DE FREITAS  
Setor de Tecnologia/UFPR

Curitiba, 27 de Abril de 2001

A Deus ...

A meu pai José que sempre fez muito  
por mim com amor e dedicação;

À memória de minha mãe Delair, pelo amor e  
ensinamentos transmitidos ao longo de sua vida.

## AGRADECIMENTOS

- Ao professor Dr. Urivald Pawlowsky, pela orientação deste trabalho;
- À Nutrimental S.A., por possibilitar o acesso à sua unidade industrial para realização do levantamento dos dados utilizados neste trabalho, e a todos funcionários que contribuíram enormemente na coleta de informações;
- À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio financeiro e a Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de aprimoramento profissional;
- Aos meus familiares, principalmente minha irmã Adriana, pelo incentivo;
- Aos professores Dr<sup>a</sup> Nina Waszczynskyj e Dr. Renato João Sossela de Freitas e aos secretários Paulo Krainski e Lídice Oro do curso de Pós-Graduação em Tecnologia Química da Universidade Federal do Paraná, pelo suporte prestado durante o período de formação;
- Ao Shelton Rolim Cercal, pelos esclarecimentos sobre o modelo matemático;
- Aos colegas do curso de mestrado e amigos, pelo apoio e amizade;
- À Cristina M. M. Machado e Jaqueline M. de Freitas, pela ajuda preciosa;
- Aos membros da Comissão Examinadora deste trabalho, pela atenção e contribuição;
- A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na elaboração deste trabalho.

# SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE SIGLAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS .....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 INDUSTRIALIZAÇÃO DE ALIMENTOS .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 RESÍDUOS .....</b>	<b>5</b>
2.2.1 DEFINIÇÃO .....	5
2.2.2 FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A GERAÇÃO DE RESÍDUOS NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS .....	6
2.2.2.1 Operação do processo (contínua x descontínua) .....	6
2.2.2.2 Geração de utilidades .....	7
2.2.2.3 Higienização na indústria alimentícia .....	8
2.2.3 CUSTO DO RESÍDUO .....	10
<b>2.3 GERENCIAMENTO AMBIENTAL .....</b>	<b>11</b>
2.3.1 CONTROLE DA POLUIÇÃO .....	12
2.3.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	14
2.3.3 INCENTIVOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL .....	15
2.3.4 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS .....	19
2.3.4.1 Opções de gerenciamento de resíduos .....	20
2.3.4.2 Emissão zero .....	25
2.4.4.3 Gerenciamento de recursos hídricos .....	25
<b>2.4 MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS .....</b>	<b>30</b>
2.4.1 DEFINIÇÃO E CONSIDERAÇÕES .....	30
2.4.2 TÉCNICAS DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS .....	31
2.4.2.1 Descrição das técnicas de minimização de resíduos .....	32
2.4.3 BENEFÍCIOS DO SISTEMA DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS .....	34
2.4.4 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS .....	35

2.4.4.1	Descrição das etapas para implantação desta metodologia .....	36
2.4.4.2	Modelagem matemática como ferramenta para a minimização de resíduos .....	43
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>47</b>
<b>3.1</b>	<b>MATERIAL .....</b>	<b>47</b>
<b>3.2</b>	<b>MÉTODOS .....</b>	<b>47</b>
3.2.1	LEVANTAMENTO DO PROCESSO INDUSTRIAL .....	48
3.2.2	PRIORIZAÇÃO DE RESÍDUOS .....	51
3.2.2.1	Análise por valor .....	51
3.2.2.2	Análise por riscos .....	59
3.2.2.3	Análise por facilidade de minimização .....	61
3.2.3	ESTRATÉGIAS DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS .....	62
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>4.1</b>	<b>LEVANTAMENTO DO PROCESSO INDUSTRIAL .....</b>	<b>63</b>
4.1.1	IDENTIFICAÇÃO DAS UNIDADES PRODUTIVAS .....	63
4.1.1.1	Linha de processamento 1: Envase asséptico .....	63
4.1.1.2	Linha de processamento 2: Secagem para a obtenção de farinhas pré-gelatinizadas .....	77
4.1.1.3	Linha de processamento 3: Elaboração de produtos em pó .....	91
4.1.2	CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	98
4.1.2.1	Água .....	98
4.1.2.2	Efluentes .....	100
4.1.2.3	Resíduos sólidos orgânicos .....	100
4.1.2.4	Resíduos sólidos de embalagens .....	100
<b>4.2</b>	<b>PRIORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS .....</b>	<b>101</b>
4.2.1	ANÁLISE POR VALOR .....	103
4.2.2	ANÁLISE POR RISCOS .....	110
4.2.3	ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO .....	114
4.2.4	PRIORIZAÇÃO GLOBAL .....	120
<b>4.3</b>	<b>PROPOSIÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA MINIMIZAR RESÍDUOS .....</b>	<b>124</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>127</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>129</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>130</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>140</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 01</b>	ESTRATÉGIAS COMPETITIVAS E SISTEMA DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL .....	19
<b>FIGURA 02</b>	HIERARQUIA DAS OPÇÕES DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS.....	20
<b>FIGURA 03</b>	TÉCNICAS DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS .....	32
<b>FIGURA 04</b>	METODOLOGIA DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS .....	36
<b>FIGURA 05</b>	DIAGRAMA DE CADA OPERAÇÃO PRODUTIVA .....	37
<b>FIGURA 06</b>	FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ENVASE ASSÉPTICO E RESÍDUOS GERADOS .....	65
<b>FIGURA 07</b>	FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DE FARINHAS PRÉ-GELATINIZADAS E RESÍDUOS GERADOS .....	79
<b>FIGURA 08</b>	ENTRADAS E SAÍDAS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	88
<b>FIGURA 09</b>	FLUXOGRAMA DA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 (ELABORAÇÃO DE FARINHAS INFANTIS) E RESÍDUOS GERADOS .....	92

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 01</b>	DESCRIÇÃO DOS TERMOS EMPREGADOS NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS .....	21
<b>QUADRO 02</b>	BENEFÍCIOS DA MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS .....	34
<b>QUADRO 03</b>	PRÓS E CONTRAS DOS MÉTODOS DE INSPEÇÃO DE RESÍDUOS .....	39
<b>QUADRO 04</b>	INFORMAÇÕES PERTINENTES PARA DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS .....	40
<b>QUADRO 05</b>	CATEGORIAS DE MATERIAIS PADRÃO DE RESÍDUOS .....	41
<b>QUADRO 06</b>	CARACTERÍSTICAS DAS CLASSES DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS .....	53
<b>QUADRO 07</b>	DESCRIÇÃO DAS CLASSES DE DESTINAÇÃO .....	54
<b>QUADRO 08</b>	QUESTÕES SOBRE A GERAÇÃO DE RESÍDUO PARA ANÁLISE POR RISCOS .....	59
<b>QUADRO 09</b>	EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	64
<b>QUADRO 10</b>	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	66
<b>QUADRO 11</b>	CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO EM PÓ GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	67

<b>QUADRO 12</b>	CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	67
<b>QUADRO 13</b>	EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	78
<b>QUADRO 14</b>	CARATERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM - LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	80
<b>QUADRO 15</b>	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	80
<b>QUADRO 16</b>	CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	81
<b>QUADRO 17</b>	CARACTERIZAÇÃO DA EMISSÃO ATMOSFÉRICA NA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	81
<b>QUADRO 18</b>	EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 .....	91
<b>QUADRO 19</b>	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM DA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 .....	93
<b>QUADRO 20</b>	CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO EM PÓ GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 .....	93
<b>QUADRO 21</b>	CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE LÍQUIDO GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 .....	94
<b>QUADRO 22</b>	ESTRATÉGIAS DE MINIMIZAÇÃO .....	124

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 01</b>	VALORES ESTIMATIVOS DA COBRANÇA PELA CAPTAÇÃO DE ÁGUA .....	29
<b>TABELA 02</b>	ESCORES DA CLASSIFICAÇÃO SECUNDÁRIA DOS RESÍDUOS .....	45
<b>TABELA 03</b>	ESCORES DOS PARÂMETROS SECUNDÁRIOS .....	45
<b>TABELA 04</b>	CRITÉRIOS DE ESCOLHA DAS OPÇÕES DE PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO ..	46
<b>TABELA 05</b>	PARÂMETROS MATEMÁTICOS DA ANÁLISE POR VALOR .....	53
<b>TABELA 06</b>	PARÂMETROS MATEMÁTICOS DAS CLASSES DE DESTINAÇÃO .....	55
<b>TABELA 07</b>	PESOS DOS RESÍDUOS NÃO ESSENCIALMENTE PRIORITÁRIOS .....	60
<b>TABELA 08</b>	PARÂMETROS MATEMÁTICOS DA ANÁLISE POR RISCOS.....	60
<b>TABELA 09</b>	QUESTÕES PARA A ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO E OS PARÂMETROS MATEMÁTICOS .....	61
<b>TABELA 10</b>	PARÂMETROS MATEMÁTICOS DE CUSTO PARA MINIMIZAÇÃO .....	61
<b>TABELA 11</b>	QUANTIDADE DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM DE INGREDIENTES GERADOS NA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	68



<b>TABELA 12</b>	QUANTIDADE DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM SECUNDÁRIA E DE PRODUTO GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	69
<b>TABELA 13</b>	QUANTIDADE DE RESÍDUO EM PÓ GERADO NA ÁREA DE PREPARAÇÃO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	69
<b>TABELA 14</b>	VOLUME DE EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DO PISO DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	70
<b>TABELA 15</b>	VOLUME DA ÁGUA DE DILUIÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA MÁQUINA DE ENVASE .....	71
<b>TABELA 16</b>	COMPOSIÇÃO DA ÁGUA DE DILUIÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO ....	71
<b>TABELA 17</b>	VOLUME DE ÁGUA DE ROLAGEM DAS ESTEIRAS .....	72
<b>TABELA 18</b>	VOLUME DE EFLUENTE GERADO NAS OPERAÇÕES DE HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	73
<b>TABELA 19</b>	VOLUME TOTAL DE EFLUENTE GERADO NAS OPERAÇÕES DE HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1.	73
<b>TABELA 20</b>	QUANTIDADE DE PRODUTOS QUÍMICOS NO EFLUENTE PROVENIENTE DA HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	73
<b>TABELA 21</b>	VOLUME DE EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA MANUAL DO SETOR DE PREPARAÇÃO DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	74
<b>TABELA 22</b>	DIVERSOS CONSUMOS DE ÁGUA DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	74
<b>TABELA 23</b>	VOLUME DO EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DA TORRE DE RESFRIAMENTO .....	75
<b>TABELA 24</b>	ÁGUA PERDIDA NO PAINEL DE CURVAS .....	76
<b>TABELA 25</b>	EFLUENTE GERADO NA ESTERILIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 .....	76
<b>TABELA 26</b>	QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM DOS INGREDIENTES DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	82
<b>TABELA 27</b>	QUANTIDADE DE RESÍDUO ORGÂNICO EM PÓ GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	83
<b>TABELA 28</b>	RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Z - LINHA DE PROCESSAMENTO 2A .....	83
<b>TABELA 29</b>	RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X - LINHA DE PROCESSAMENTO 2A .....	83
<b>TABELA 30</b>	RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X - LINHA DE PROCESSAMENTO 2B .....	84
<b>TABELA 31</b>	RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Y - LINHA DE PROCESSAMENTO 2B .....	84
<b>TABELA 32</b>	NÚMERO DE TURNOS PRODUTIVOS .....	84

<b>TABELA 33</b>	QUANTIFICAÇÃO TOTAL DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	84
<b>TABELA 34</b>	ÁGUA MORNIA GERADA NA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	85
<b>TABELA 35</b>	ÁGUA DE ARREFECIMENTO DOS TROCADORES DE CALOR DE SUPERFÍCIE RASPADA .....	85
<b>TABELA 36</b>	VOLUME DE EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DO PISO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	86
<b>TABELA 37</b>	EFLUENTE ANUAL GERADO NA LIMPEZA DO PISO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	86
<b>TABELA 38</b>	VOLUME DE EFLUENTE GERADO NA HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	87
<b>TABELA 39</b>	TEORES DE UMIDADE DOS FLUXOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 ..	89
<b>TABELA 40</b>	BALANÇO MATERIAL DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2A - PRODUTO Z..	89
<b>TABELA 41</b>	BALANÇO MATERIAL DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2A - PRODUTO X..	89
<b>TABELA 42</b>	BALANÇO MATERIAL DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2B - PRODUTO X..	90
<b>TABELA 43</b>	BALANÇO MATERIAL DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2B - PRODUTO Y..	90
<b>TABELA 44</b>	QUANTIFICAÇÃO DA EMISSÃO ATMOSFÉRICA DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2 .....	90
<b>TABELA 45</b>	QUANTIDADE DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM DOS INGREDIENTES GERADOS NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 .....	94
<b>TABELA 46</b>	QUANTIDADE DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM DE PRODUTO GERADOS NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 .....	95
<b>TABELA 47</b>	QUANTIFICAÇÃO DO RESÍDUO ORGÂNICO GERADO NA LINHA DE LINHA DE PROCESSAMENTO 3 .....	95
<b>TABELA 48</b>	VOLUME DE EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DO PISO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 .....	96
<b>TABELA 49</b>	EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DOS MISTURADORES NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 .....	97
<b>TABELA 50</b>	EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DOS BEANS NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 .....	97
<b>TABELA 51</b>	EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DAS MÁQUINAS DE ENVASE DA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 .....	98
<b>TABELA 52</b>	EFLUENTE GERADO NA HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 .....	98
<b>TABELA 53</b>	CODIFICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS .....	102
<b>TABELA 54</b>	CARACTERÍSTICAS DAS CLASSES DE DESTINAÇÃO .....	103
<b>TABELA 55</b>	CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS .....	104

<b>TABELA 56</b>	DADOS ECONÔMICOS DOS RESÍDUOS .....	107
<b>TABELA 57</b>	RESULTADOS DA ANÁLISE POR VALOR .....	108
<b>TABELA 58</b>	PERICULOSIDADE DOS RESÍDUOS E RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DA ANÁLISE POR RISCOS .....	111
<b>TABELA 59</b>	RESULTADO DA ANÁLISE POR RISCOS .....	113
<b>TABELA 60</b>	RESPOSTAS DAS QUESTÕES DA ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO .....	115
<b>TABELA 61</b>	RESULTADO DA ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO .....	118
<b>TABELA 62</b>	RESULTADOS DAS ANÁLISE POR VALOR, RISCOS E FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO .....	121
<b>TABELA 63</b>	RESULTADO DA PRIORIZAÇÃO GLOBAL DOS RESÍDUOS .....	122

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
BS	<i>BRITISH STANDARD</i>
CIP	<i>CLEANING IN PLACE</i>
CO <sub>x</sub>	ÓXIDOS DE CARBONO
DBO	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO
ECO	CONFERÊNCIA MUNDIAL DE MEIO AMBIENTE
ENVOP	<i>ENVIRONMENTAL OPTIMISATION</i>
EPA	<i>ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY</i> (AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL NORTE-AMERICANA)
IPHMR	ÍNDICE DE PRIORIZAÇÃO HIERÁRQUICA DE MINIMIZAÇÃO
ISO	<i>INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION</i>
NBR	NORMA TÉCNICA DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
NO <sub>x</sub>	ÓXIDOS DE NITROGÊNIO
P2	PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO ( <i>POLLUTION PREVENTION</i> )
PE	POLIETILENO
PET	POLIETILENO TEREFALATO
pH	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO
PP	POLIPROPILENO
PVC	CLORETO DE POLIVINILA
SO <sub>x</sub>	ÓXIDOS DE ENXOFRE
SANEPAR	COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ
SUDHERSA	SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL
UNU	UNIVERSIDADE DAS NAÇÕES UNIDAS
ZERI	<i>ZERO EMISSIONS RESEARCH INICIATIVE</i>

# LISTA DE SÍMBOLOS

B	RELATIVO AO BENEFICIAMENTO DO RESÍDUO
CM	PESO DA FAIXA DE CUSTO PARA MINIMIZAÇÃO DO RESÍDUO
d	NÚMERO DE DESTINAÇÕES FINAIS DADA AO RESÍDUO
$D^{S/N}$	CONTROLE DE CÁLCULO PARA AS CARACTERÍSTICAS DAS CLASSES DE DESTINAÇÕES
$\delta^-$	FATOR DE CORREÇÃO PARA VALORES NEGATIVOS ( $\delta$ : delta)
$\delta^+$	FATOR DE CORREÇÃO PARA VALORES POSITIVOS
$\Delta\%$	ALTERAÇÃO PERCENTUAL ADMITIDA PARA O VALOR DO MATERIAL ( $\Delta$ : delta)
e	NÚMERO DE EQUIPAMENTOS ONDE O RESÍDUO É GERADO
f	NÚMERO DE PERGUNTAS DA ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO CUJA RESPOSTA É AFIRMATIVA
F	FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO GLOBAL DO RESÍDUO
$F_{jk}$	PESO DAS RESPOSTAS DAS PERGUNTAS DA ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO
$F_{RN}$	FACILIDADE GLOBAL DE MINIMIZAÇÃO DO RESÍDUO GENÉRICO
GP	RELATIVO À GERAÇÃO E PERMANÊNCIA DO RESÍDUO
h	INDICATIVO DE GENERALIDADE PARA A CLASSE DE DESTINAÇÃO
i	INDICATIVO DE GENERALIDADE PARA MATERIAIS
j	INDICATIVO DE GENERALIDADE PARA EQUIPAMENTOS
K	CONSTÂNCIA DO RESÍDUO
k	INDICATIVO DE GENERALIDADE PARA PRODUTOS
kg	QUILOGRAMA
$\xi$	ÍNDICE DE PRIORIZAÇÃO HIERÁRQUICA DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS ( $\xi$ : ksi)
$\xi_{Bh}$	BASE DO ÍNDICE DE PRIORIZAÇÃO HIERÁRQUICA DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS
m	NÚMERO DE MATERIAIS QUE COMPÕE O RESÍDUO
$m^3$	METRO CÚBICO
ml	MILILITRO
$\Omega$	RELAÇÃO DO RESÍDUO COM O PROCESSO ( $\Omega$ :ômega)
p	NÚMERO DE PRODUTOS ANALISADOS SIMULTANEAMENTE
$\Pi$	CLASSE DE PERICULOSIDADE DO RESÍDUO ( $\Pi$ : pi)
q	NÚMERO DE PERGUNTAS DA ANÁLISE POR RISCOS CUJA RESPOSTA É EM POTENCIAL
Q	PESO DAS RESPOSTAS EM POTENCIAL DA ANÁLISE POR RISCOS

R	RELATIVO AO RETORNO MONETÁRIO
$R_N$	RESÍDUO GENÉRICO
$R_{RN}$	RISCO GLOBAL DO RESÍDUO GENÉRICO
R\$	REAIS
$\$^{-}$	INDICADOR DE VALOR NEGATIVO (CUSTO/PREJUÍZO)
$\$^{'}$	INDICADOR DE VALOR NÃO CORRIGIDO
$\$^{+}$	INDICADOR DE VALOR POSITIVO (RETORNO/LUCRO)
$\$_{RN}$	VALOR GLOBAL CORRIGIDO DO RESÍDUO GENÉRICO
T	RELATIVO AO TRANSPORTE DO RESÍDUO
TD	RELATIVO AO TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DO RESÍDUO
t	TONELADA
t/ano	TONELADA POR ANO
US\$	DÓLAR AMERICANO
W	QUANTIDADE DE RESÍDUO
$W_k$	PERCENTUAL DO TOTAL DO RESÍDUO QUE É GERADO NO EQUIPAMENTO GENÉRICO “j”, PARA O PRODUTO GENÉRICO “k”
X	FRAÇÃO MÁSSICA DO MATERIAL
Y	PERCENTUAL DO RESÍDUO PARA O PRODUTO GENÉRICO
Z	PERCENTUAL DO RESÍDUO PARA O EQUIPAMENTO GENÉRICO

## RESUMO

Este trabalho baseou-se na minimização de resíduos, um tipo de gerenciamento ambiental que evidencia a redução de resíduos na fonte e na reciclagem. Primeiro realizou-se etapa de levantamento de dados na qual coletaram-se dados do processo identificando-se e quantificando-se as fontes geradoras de resíduos em três unidades produtivas de uma indústria de alimentos da região metropolitana de Curitiba – Paraná. Como os recursos disponíveis para minimização de resíduos são limitados, os resíduos foram ordenados conforme a sua prioridade. A partir das informações obtidas no levantamento do processo industrial, os resíduos foram priorizados com o emprego do modelo matemático de seleção de prioridades de minimização de resíduos proposto por CERCAL (1999). Este modelo matemático executa três tipos de análises: do valor global do resíduo, do risco global e da facilidade de minimização. Na análise por valor, o valor econômico do resíduo foi corrigido considerando-se os aspectos ambiental e técnico. Na análise por risco, foram avaliados os riscos globais que a geração de resíduos representa para a imagem da empresa, saúde dos seus trabalhadores, reclamação de moradores vizinhos ou penalidades aplicáveis por órgãos públicos e a classificação do resíduo de acordo com o seu grau de periculosidade. A disponibilidade de mão-de-obra, tecnologia e recursos financeiros para implementação da minimização de resíduos bem como os aspectos de parada do processo, modificação ou necessidade da instalação de equipamentos, processos, foram considerados na análise de facilidade de minimização. A aplicação deste modelo matemático forneceu três resultados/ordem de prioridade diferentes (um para cada análise), por isso foi necessário calcular a prioridade global que foi obtida a partir da soma do produto do número representativo da ordem de priorização das análises por valor, por risco e facilidade de minimização pelos pesos atribuídos para cada análise: 1) risco, 2) valor e 3) facilidade. Para os resíduos mais prioritários elaboraram-se estratégias de minimização. As principais estratégias identificadas foram: treinamento e conscientização de funcionários para que executem as operações de limpeza de modo eficiente e racionalizado, otimização dos processos de higienização de equipamentos e piso (instalação de pistolas de pulverização, diminuição do tempo), planejamento da produção visando a diminuição da frequência de limpeza mediante maximização da produção, etc. A minimização de resíduos é uma ferramenta que vai ao encontro de uma melhor produção de alimentos do ponto de vista econômico e ambiental uma vez que os processos podem ser otimizados gerando menos resíduos.

## ABSTRACT

This work was based on waste minimization, a type of environmental management, which consists of source reduction and recycling. The first part was the assessment in which process data were collected by identifying and quantifying all waste streams from three productive units of a food plant located in the metropolitan area of Curitiba, Paraná state. In order to save investment costs the wastes were prioritized, using a mathematical model developed by CERCAL (1999). This model uses three types of analysis: the global economical value of the waste (it was corrected by using environmental and technical aspects); the global risk of the waste (considering the general risks that the waste generation represents for the image of the company, its workers' health, neighbors' complaints, penalties applied by environmental agencies and the classification of hazardousness); the minimization easiness which considers the labor readiness, availability of technology and financial resources, the necessity of stopping or modifying the process and the necessity of purchasing new equipments or even new processes. The model offered three results, one for each type of analysis. To reach the global priority the individual results were multiplied by a different weight factor, being 1 considered for the risk, 2 for the economical value and 3 for the easiness of implementation. These values were summed to give the global priority. Besides these results there were also described the main strategies to reach minimization for the 15 wastes prioritized by the model. The main identified strategies considered were: training the employees so that they are able to perform the operations of cleaning in an efficient and rationalized way, optimization of the cleaning operations of equipments and floor, and planning the production to decrease the frequency of cleaning by production maximization. Waste minimization techniques mean better food production with gain in economy and environmental protection, since the processes are optimized to generate less residues.



# 1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981) e por ser um patrimônio de todos deve-se buscar a minimização dos impactos ambientais visando sua preservação (OLIVEIRA et al., 1997).

O objetivo da indústria de alimentos, uma das mais importantes indústrias de transformação no Brasil, é transformar recursos naturais em alimentos industrializados da mais alta qualidade com custo mínimo para atender as necessidades da população (ABEA, 2000). Entretanto, além dos produtos podem ser gerados resíduos que devem ser gerenciados para não prejudicarem o meio ambiente. Resíduo representa perda de matérias-primas e energia já pagos pela indústria, além de gasto no manuseio e disposição final (FREEMAN, 1995; SEABRA et al., 1998).

Para assegurar a integridade do meio ambiente pode-se utilizar medidas corretivas no final do processo produtivo (tratamento de efluentes e disposição de resíduos, etc.) ou medidas preventivas como a implantação da minimização de resíduos, sistema de gerenciamento ambiental, que visa melhorias no processo produtivo (reduzindo a quantidade de resíduo tratada ou disposta) e no desempenho ambiental com o emprego de técnicas de redução na fonte e/ou reciclagem que garantem a qualidade do meio ambiente e proporcionam aumento da eficiência e produtividade do processo produtivo da indústria com conseqüente redução dos custos financeiros associados.

A política ambiental é uma questão socioeconômica que interessa profundamente a governos e empresas, porque: 1) danos ao solo e à água podem afetar seriamente o fornecimento de alimentos e de água, bem como a saúde dos habitantes, causando um atraso na economia; 2) a poluição desperdiça e exaure capital vital; 3) o esgotamento ou mau uso dos recursos naturais corrói a saúde intrínseca de um país a longo prazo; 4) os mercados internacionais cada vez mais querem verificar os procedimentos ambientais antes de importar produtos; 5) os investidores em nova infra-estrutura ou privatização exigem a atenuação do impacto

ambiental como pré-requisito para a concessão de recursos; e 6) a proteção do meio ambiente e a qualidade de vida decorrente podem contribuir muito para a estabilidade democrática (COWEN & BRAITHWAITE, 1998).

Segundo BAPTISTA et al. (1997), as organizações devem estar aptas a satisfazer clientes, investidores, credores, fornecedores, legisladores e o público em geral, demonstrando que estão operando de maneira ambientalmente responsável ou que estão adotando ações para melhorar seu desempenho ambiental, ao mesmo tempo em que espera-se que as organizações sejam rentáveis. Tem-se investido em programas de proteção ambiental pelo controle do impacto de suas atividades, produtos e serviços sobre o meio ambiente, uma vez que fatores como legislação ambiental, normas ambientais, rotulagem ambiental incentivam a indústria a implantar sistema de gerenciamento ambiental. Tudo isso implica em balancear as considerações econômicas e ambientais em bases locais, nacionais e globais.

IGLECIO (1998) afirmou que muitas empresas do setor alimentício estão preocupadas com a questão ambiental e vêm acompanhando a tendência de obter melhoria contínua no processo produtivo e garantir condições de sobrevivência às próximas gerações.

O princípio usuário-pagador também é um incentivo à minimização do uso de água, recurso natural que, apesar das reservas do país, apresenta sinais de escassez. Com a aprovação da lei de taxação de águas, a cobrança por seu uso será efetuada em função do volume captado, abrangendo os segmentos que empregam os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Essa lei visa a utilização racional para garantir a disponibilidade desse recurso para as gerações futuras, constituindo-se numa das premissas básicas do desenvolvimento sustentável. É importante salientar que os custos operacionais das indústrias se elevarão devido ao incremento no custo de obtenção da água afetando também a rentabilidade das empresas e, por isso, alternativas deverão ser desenvolvidas tornando estas conseqüências menosprezíveis.

Na indústria de alimentos a água é essencial, uma vez que é usada para vários propósitos: ingrediente na elaboração do produto final, geração de vapor, sistemas de resfriamento e operações de limpeza dos equipamentos e da instalação industrial. O consumo de água dispendido nas operações de limpeza não pode ser eliminado (casos em que a limpeza úmida é imprescindível) porém, pode ser

diminuído com a aplicação de medidas para economizar água sem danificar a eficácia do processo de higienização garantindo a qualidade dos produtos finais.

Para a implementação de um sistema de minimização, a indústria necessita determinar dentre os resíduos gerados quais devem ser reduzidos primeiramente por meio da adoção de critérios específicos que facilitam o processo de tomada de decisão. Neste contexto empregou-se o modelo matemático de seleção de prioridades proposto por CERCAL (1999) que considera os aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

Devido à importância da redução dos resíduos gerados na produção de alimentos e pelos resultados favoráveis ao sistema de minimização de resíduos encontrados na literatura, conduziu-se este trabalho que teve como objetivos:

- identificar e quantificar os resíduos gerados nas unidades produtivas de uma indústria de alimentos;
- selecionar os resíduos prioritários com a aplicação de modelo matemático apropriado;
- elaborar e propor possíveis estratégias a serem adotadas pela indústria em questão para redução da geração dos resíduos prioritários.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 INDUSTRIALIZAÇÃO DE ALIMENTOS**

Mundialmente o grande marco da evolução da indústria de alimentos foi durante a Segunda Guerra Mundial, década de 40, quando diante de uma grande crise, a tecnologia foi uma excelente estratégia para combater a escassez de alimentos. Hoje no Brasil tem-se aproximadamente 40.000 indústrias de alimentos (ABEA, 2000).

A industrialização de alimentos emprega processos físicos, químicos e biológicos para obter produtos adequados ao consumo e de longa vida de prateleira, conferindo melhor qualidade possível aos produtos alimentícios. O processamento abrange várias fases, desde a seleção da matéria-prima até o armazenamento dos produtos (EVANGELISTA, 1987).

Dentro de qualquer indústria alimentícia o propósito final é a fabricação de produtos da mais alta qualidade, a custo mínimo. Para conseguir isto é necessário ter boas matérias-primas, sistemas de transformação adequados, pessoal eficiente e método de limpeza de máquinas e instalações eficientes e econômicos (MADRID et al., 1995).

No setor alimentício a concorrência entre os fabricantes é acirrada. Para os consumidores, na hora da compra o preço da mercadoria é muito importante. Por isso, as empresas procuram empregar estratégias que visam a produção de alimentos com qualidade a custos menores para aumentarem sua competitividade no mercado e a minimização dos resíduos gerados no processo produtivo. A ABEA (2000) relatou que a globalização e o acesso à informação transformaram os consumidores em pessoas exigentes e cientes de seus desejos quanto a preço, qualidade e inovação de produtos; esta nova realidade obriga as indústrias brasileiras a se tornarem mais competitivas, tornando inevitável que as mesmas direcionem seus desenvolvimentos para novas tecnologias.

## **2.2 RESÍDUOS**

### **2.2.1 DEFINIÇÃO**

No processo industrial, o produto é o propósito da indústria, entretanto, além deste cuja fabricação é intencional, são gerados outros materiais, de origem não-intencional, os resíduos (AQUARONE et al., 1990).

Segundo VALLE (1995), o termo resíduo é utilizado num sentido amplo, englobando sólidos, efluentes líquidos e os materiais presentes nas emissões atmosféricas.

CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI (1995) definiram resíduo como todo e qualquer elemento que não seja considerado produto ou matéria-prima dentro da especificação. São produtos contaminados ou fora do prazo de validade, água residuária e produtos de limpeza associados às operações de higienização das instalações e dos equipamentos, resíduos dos equipamentos do final de produção, vazamentos acidentais de líquidos, emissões fugitivas, descarga de produtos gasosos, resíduos de máquinas e acabamentos. No processo industrial, além de criar potenciais problemas ambientais, os resíduos representam perdas de matérias-primas, insumos, sub-produtos ou produto principal e energia já pagos pela indústria, gastos no manuseio e disposição final, ou seja, tempo e investimentos significativos para o seu gerenciamento.

LOBO & LIMA (1998) destacaram a importância das empresas calcularem quanto a poluição custa em termos de desperdícios de recursos e de esforços e a diminuição do valor do produto para o consumidor.

Segundo LUPER (1996), é fundamental avaliar a percentagem de conversão das matérias-primas em produto final porque estima-se que é pago pelo menos três vezes mais por cada grama de material que não sai do processo como produto: compra e transporte da matéria-prima, gasto com utilidades (aquecimento, resfriamento, etc.) e monitoramento de descargas ou disposição. Portanto, um melhor controle do processo aumenta a taxa de conversão de matérias-primas em produto final, diminui o retrabalho e reduz a geração de produtos fora de especificação e rejeitos, diminuindo a geração de resíduos.

De acordo com FORWARD (1998), os resíduos devem ser vistos como subprodutos ou matérias-primas para outras indústrias; deve-se buscar a sinergia entre os subprodutos de diversas indústrias para criar novas soluções para a melhoria do meio ambiente.

Quando as emissões residuárias dos processos industriais prejudicam o uso posterior do ar, da água ou do solo, caracteriza-se a poluição ambiental que pode causar danos à saúde e ao meio ambiente, resultando em prejuízos a longo prazo aos ativos naturais da sociedade e do planeta. A quantidade de matéria ou energia indesejável lançada no meio ambiente é denominada “carga poluidora” (AQUARONE et al., 1990; GILBERT, 1995).

CAMPBELL & GLENN (1982) caracterizaram a maioria dos resíduos do processamento de alimentos como resíduos sem problemas de disposição porque raramente possuem alta toxicidade ou propriedades potencialmente perigosas. Porém, destacaram o grande volume de resíduo gerado, variações sazonais e alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Devido à natureza orgânica, usualmente assegura-se a biodegradabilidade (decomposição da matéria pela ação microbiana). Entretanto, quando dispostos em corpos d’água, os microrganismos que degradam a matéria orgânica provocam decaimento no nível de oxigênio dissolvido na água, formando gases tóxicos que modificam as características do meio causando poluição. Os resíduos (líquidos ou sólidos) das indústrias de alimentos são ricos em proteínas e lipídios que são os principais responsáveis pelas alterações dos parâmetros: pH, sólidos totais, DBO, podendo ainda apresentar instabilidade quanto à composição.

## **2.2.2 FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A GERAÇÃO DE RESÍDUOS NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS**

### **2.2.2.1 Operação do processo (contínua x descontínua)**

De acordo com GRAU et al. (1994), a programação da produção nos processos de batelada está relacionada com a geração de resíduos devido à relação entre a quantidade de resíduo gerada, o número de bateladas de cada produto e o número de produtos processados. A troca de produto requer limpeza dos

equipamentos, desta forma as operações de higienização devem estar envolvidas nas considerações de minimização de resíduos. A resolução dos problemas ambientais afetam os fluxos de entradas e saídas do processo e evidencia a necessidade de inter-relacionar elementos para determinar a mais econômica programação (otimizando *setup*: paradas do processo programadas ou não, tempos de espera, limpeza).

TOLEDO (1987) destacou que o desperdício envolve grande dispêndio de tempo de trabalho e de recursos materiais, quando falhas e defeitos ocorrem no processo produtivo e a mensuração destes prejuízos permite avaliar a sua significância em termos econômicos e sociais.

CALDERÓN et al. (1998) salientaram que o modo de geração de efluentes nos processos em batelada é mais complexo do que nos processos contínuos devido à natureza e tempo dos processos descontínuos variarem a composição das fontes inerentes dos sistemas em batelada.

GRAU et al. (1994) focalizaram a importância da redução de resíduos nos processos descontínuos, na troca de produto, porque a geração de resíduos durante as operações do processo pode ser reduzida com a seleção de condições de operação do processo mais apropriadas.

#### **2.2.2.2 Geração de utilidades**

Segundo CHANG & HWANG (1996), os resíduos resultantes das atividades de processamento geralmente podem ser classificados em dois tipos: os resíduos do processo propriamente dito e os resíduos de utilidades, os quais são principalmente gases ( $\text{CO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  e  $\text{NO}_x$ ) e cinzas, apresentando como consequência problemas de poluição do ar causada pela queima de combustível (gás natural, óleos e carvões, etc.) em equipamentos como caldeira; as emissões gasosas podem ser diminuídas pela minimização do consumo de utilidade. Destacaram também que a eletricidade deve ser vista como uma fonte indireta de resíduos de utilidade resultante da operação da planta industrial.

Os sistemas de obtenção de água de resfriamento e água gelada devem operar em circuito fechado com recirculação de água.

### 2.2.2.3 Higienização na indústria alimentícia

A higienização de equipamentos e instalações na indústria de alimentos é operação muito importante para garantir a qualidade dos produtos e preservar a saúde do consumidor (MADRID et al., 1995; ATHAYDE, 1998).

De acordo com ATHAYDE (1998), higienização significa remover todos os compostos que não fazem parte da estrutura dos equipamentos ou das superfícies da indústria, como resíduos de alimentos, sujidades ou agentes contaminantes.

Segundo BARRETO (1998), a higienização é dividida em duas partes: limpeza e sanitização. O objetivo principal da limpeza é a remoção de resíduos orgânicos (proteínas, gorduras, açúcares) e minerais aderidos às superfícies. A sanitização visa reduzir em níveis seguros os microrganismos alteradores e eliminar microrganismos patogênicos. ATHAYDE (1998) salientou que a sanitização é realizada após a limpeza (remoção da sujidade visível) com o uso de agente bactericida (sanitizante) para eliminar ou reduzir microrganismos.

Essas operações são responsáveis por grande parte dos problemas de tratamento de resíduos sólidos e/ou líquidos na indústria de alimentos porque os produtos de limpeza normalmente utilizados são formados pela mistura de vários compostos químicos com funções específicas e a interação destes compostos com as sujidades removidas formam a maior parte dos resíduos presentes nos efluentes gerados nas operações de higienização. O princípio de ação do produto determina as condições de uso (temperatura, concentração, facilidade de enxágüe, etc.) (VÉRAS, 1997).

Os produtos de higienização podem ser aplicados por imersão, espuma, esfregação manual e circulação em circuito fechado.

Os métodos de aplicação de imersão consistem no preparo da solução na concentração recomendada e colocação das peças a serem limpas totalmente imersas. A geração de espuma consiste na aplicação de espuma formada pela incorporação de ar na solução do produto de limpeza (VÉRAS, 1997).

O método de limpeza esfregação manual consiste na aplicação da solução de produtos de limpeza previamente preparada e acondicionada em pequenos reservatórios diretamente sobre a superfície a ser limpa, seguida de esfregação manual por meio de esponjas, escovas, esfregões, etc. (VÉRAS, 1997).



De acordo com MADRID et al. (1995), observa-se uma tendência em mecanizar e automatizar os sistemas de limpeza, evitando-se assim erros próprios da limpeza manual.

O sistema de limpeza *CIP* consiste na circulação de soluções de produtos, durante certo tempo, em circuito fechado. De acordo com ATHAYDE (1998), *CIP* é a abreviatura do termo *cleaning in place*, tipo de limpeza na qual a circulação de água e produtos químicos é feita pelas tubulações e equipamentos interligados a uma central. Vários parâmetros (tempo, temperatura e pressão) são controlados por circuitos eletrônicos. O principal problema deste tipo de limpeza é o descarte das soluções usadas, causando alterações bruscas ao efluente (VÉRAS, 1997).

O programa *CIP* convencional é composto por cinco etapas: enxágüe inicial, limpeza alcalina, enxágüe, limpeza ácida e enxágüe final. Nas etapas de limpeza alcalina e ácida combinam-se quatro fatores: concentração da solução de limpeza, temperatura da solução, tempo de circulação de contato e ação mecânica (ATHAYDE, 1998).

A temperatura da água utilizada tem influência significativa no impacto ambiental gerado, por isso, deve-se empregar a temperatura mais baixa possível. A remoção de resíduos deverá ser feita preferencialmente a seco (VÉRAS, 1997).

Na aquisição dos produtos de higienização deve-se considerar: eficiência na remoção dos resíduos, efeito sobre as pessoas, equipamentos, superfícies e tratamento dos efluentes industriais gerados. Alguns produtos dificultam a reciclagem da água, operação cada vez mais necessária devido à elevação do custo de obtenção deste recurso (ATHAYDE, 1998).

Os métodos e produtos utilizados nas operações de higienização na indústria de alimentos devem ser escolhidos criteriosamente, tendo por base a sua eficiência e geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos (VÉRAS, 1997). De acordo com ATHAYDE (1998), é fundamental analisar a higienização de forma global e não isoladamente.

### 2.2.3 CUSTO DO RESÍDUO

Ao iniciar um programa de redução de resíduos, as indústrias devem conhecer o valor dos seus resíduos para eliminar a resistência das mesmas em providenciar sua minimização (NEMEROW, 1995).

Segundo BRITO (2000), a expressão “contabilidade ambiental” deve ser usada para valorar economicamente bens e serviços disponibilizados pelo meio ambiente e designar lançamentos contábeis relacionados aos aspectos ambientais, por exemplo, tratamento de resíduos que impactam as demonstrações financeiras das organizações.

Em AMBIENTE (1997), citado por CERCAL (1999), apontou-se a valoração de resíduos industriais como parte integrante de qualquer sistema de gestão de resíduos, salientou-se que a valoração representativa dos mesmos deve considerar os custos referentes à sua correta eliminação final, a possibilidade de recuperação de seu valor potencial sob a forma de matérias-primas secundárias e/ou energia, e os benefícios sociais e ambientais de sua gestão adequada.

Novos conceitos incluem os resíduos como bens econômicos (modelo ambiental de custos), cujo custo real é determinado pelos conceitos da contabilidade dos custos totais. No modelo ambiental para cálculo dos custos são considerados:

- *Custos diretos*: matéria-prima e mão-de-obra;
  - custos gerais: manufatura e/ou operação;
  - custos de vendas e serviços;
  - custos de pesquisa e desenvolvimento.
- *Custos ocultos*: custos não associados ao resíduo (por exemplo: suporte administrativo, advogados para o caso de processos ambientais, processos trabalhistas causados por acidentes com resíduos, etc.);
- *Custos de contingência*: fundo de reserva para acidentes, multas, indenizações;
- *Custos menos tangíveis*: imagem da empresa junto aos consumidores, aos órgãos de controle, aos investidores e à comunidade local (CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995; PAWLOWSKY, 1998).

No modelo tradicional de cálculo de custos consideram-se apenas os custos diretos.

De acordo com esse modelo, os **custos diretos** incluem os desperdícios de matéria-prima e de mão-de-obra e os custos para o gerenciamento do resíduo (permanência do resíduo na fábrica, transporte, tratamento e disposição do mesmo). Os **custos ocultos** estão relacionados aos gastos com seguros, adicionais de periculosidade, etc., e aos gastos com atividades decorrentes da existência do resíduo (p. ex., custos com manutenção de arquivos, registros). Os **custos de contingência** representam reservas necessárias para eventos inesperados, incluindo possíveis penalizações futuras, ainda não contempladas na legislação atual e a recuperação de danos ambientais originados no passado, bem como as indenizações a empregados ou ex-empregados e a desvalorização da propriedade onde se encontra a empresa em função da contaminação do solo ou das águas subterrâneas por resíduos. Os **custos menos tangíveis**, de maior dificuldade de quantificação, são os custos referentes aos danos à imagem da empresa decorrentes da geração do resíduo (p. ex., a publicação do nome da mesma em listas de alerta aos consumidores, colocando-a publicamente como “inimiga do meio ambiente” (CERCAL, 1999).

À primeira vista, parecem altos os custos de proteção do meio ambiente. Contudo, é possível e necessário custear esses investimentos com a adoção de boas práticas cujos custos de implantação são baixos quando comparados com os ganhos resultantes pela maior eficiência e crescimento econômico. A maioria dos investimentos é autofinanciável, arcando com os custos das prioridades ambientais pela maior eficiência econômica que propiciam ou por seus efeitos benéficos para o meio ambiente (BANCO MUNDIAL, 1992).

## 2.3 GERENCIAMENTO AMBIENTAL

De acordo com REIS (1996), gerenciamento ambiental é um conjunto de rotinas e procedimentos que permite uma organização administrar adequadamente as relações entre suas atividades e o meio ambiente. É parte integrante da meta da sociedade o estabelecimento de um uso mais racional e sustentável de materiais e do meio ambiente (GRAU et al., 1994).

A degradação ambiental tem três efeitos nocivos: é prejudicial à saúde humana, reduz a produtividade econômica e leva à perda de “conforto”, termo que designa as muitas outras formas pelas quais as pessoas se beneficiam da existência de um meio ambiente não-poluído (BANCO MUNDIAL, 1992).

As exigências de gerenciamento ambiental, seja por instituições gestoras do meio ambiente seja pela competitividade oriunda da globalização econômica, tornaram as empresas comprometidas no seu processo produtivo com a questão do meio ambiente (WAJNSZTAJN & LEAL, 1999).

### **2.3.1 CONTROLE DA POLUIÇÃO**

A expansão industrial e a evolução tecnológica que seguiu a Segunda Guerra Mundial trouxeram conseqüências aos processos produtivos, como o controle de qualidade mediante verificações nas características finais dos produtos, um avanço para a época, entretanto a percepção de que um defeito era decorrente de etapas anteriores ao momento da inspeção começava a indicar uma mudança no que se entendia por qualidade. O mesmo ocorreu com o controle ambiental das empresas que anteriormente preocupavam-se em tratar os resíduos provenientes do processo produtivo e atualmente preocupam-se em verificar as origens e os fatores que influenciam na sua geração, assim com a implementação de ações preventivas é possível eliminar ou reduzir os resíduos gerados (GILBERT, 1995).

De acordo com LAGE NETO (1998), no início dos anos 70 o objetivo da indústria era gerar o produto desejado e as questões relativas à proteção ambiental praticamente não eram evidenciadas por desconhecer a gravidade do problema.

Preservar o meio ambiente, sem renunciar aos benefícios e ao conforto proporcionados pela atividade industrial, é o grande desafio da indústria moderna. O processo de industrialização no planeta, até o início da década de 70, não tinha entre suas prioridades a preservação do meio ambiente, contribuindo para a geração de grandes passivos ambientais em vários países do mundo, principalmente nos mais desenvolvidos (PEREIRA FILHO & KAUSS, 1997).

NAUMANN (1998) destacou que os problemas decorrentes da degradação ambiental precisam ser revertidos nas próximas décadas para não causar sérios prejuízos à civilização humana. Segundo OLIVEIRA & FEROLLA (1997), a gravidade

dos problemas ambientais, muitos deles de escala global, causados pelo homem e a finita quantidade de recursos naturais e seu uso inadequado têm contribuído para a atratividade da preservação do meio ambiente.

O primeiro grande alerta do perigo, que representava para o futuro do planeta a manutenção dessa postura, ocorreu na primeira Conferência Mundial de Meio Ambiente - ECO 72, realizada em Estocolmo, na Suécia. Nessa ocasião, uma série de estudos, trabalhos e discussões técnicas, que contaram com a participação das maiores autoridades em meio ambiente, traçaram um diagnóstico bastante preocupante e apontaram os primeiros passos na direção do controle da poluição em suas diversas formas (PEREIRA FILHO & KAUSS, 1997).

Começava então a era do controle da poluição com o estabelecimento em alguns países mais industrializados de estruturas voltadas para o tratamento de efluentes e resíduos industriais. Ao mesmo tempo, intensificava-se a conscientização ambiental em todo o mundo, uma vez que as pessoas começaram a se conscientizar dos perigos a que estavam expostas em virtude do desenvolvimento industrial sem critérios (PEREIRA FILHO & KAUSS, 1997).

BROCH & IDE (1999) relataram que as medidas de controle da poluição industrial e a procura pela combinação de menor custo e maior resultado ambiental têm extrapolado a necessidade de atendimento às demandas legais, para converter-se em fator central na busca de competitividade num mercado cada vez mais exigente.

Com o reconhecimento das organizações da necessidade de controlar e melhorar seu desempenho ambiental, o enfoque da questão ambiental passou do controle para a prevenção de poluição. A minimização de resíduos vem se mostrando efetiva no combate à degradação do meio ambiente, no atendimento às normas ambientais, reduzindo desperdícios financeiros e melhorando a imagem pública de um governo ou de uma empresa. Um programa de gerenciamento efetivo abrange os aspectos tecnológicos, educacionais, políticos e legais (MATOS & SCHALCH, 1997).

CALDERÓN et al. (1998) destacaram que a prevenção da poluição é uma estratégia de proteção ambiental que tem aumentado os esforços para desenvolver novas metodologias de solução dos problemas ambientais nos processos industriais.

### 2.3.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Com o passar dos anos intensificou-se o conceito de planejamento ambiental no qual se buscava solucionar os problemas ambientais na sua origem, procurando evitar a geração da poluição na própria indústria e, conseqüentemente, reduzindo esforços de controle de poluição (PEREIRA FILHO & KAUSS, 1997).

Em 1992, com a segunda Conferência Mundial de Meio Ambiente - ECO 92, realizada no Rio de Janeiro, Brasil, sentiu-se a necessidade de ampliar o conceito de planejamento ambiental que vigorava para uma filosofia mais abrangente, que completava a gestão ambiental de forma sistemática e integrada em cada empreendimento. Começava a consolidar-se, então, o conceito de Desenvolvimento Sustentável (PEREIRA FILHO & KAUSS, 1997).

O conceito contido na publicação da Comissão diz que “o desenvolvimento sustentável é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas” (D’AVIGNON, 1996).

Este conceito apresenta novas exigências no gerenciamento ambiental das indústrias e determina que o gerenciamento dos recursos ambientais atenda às necessidades atuais sem danificar os recursos para uso futuro. Por isso, a tendência atual é empregar processos produtivos que não prejudiquem o meio ambiente. Além disso melhoria no desempenho ambiental gera benefícios econômicos à indústria que passa a produzir mais com menos, desperdiçar menos, reciclar mais, reduzir insumos, etc. (GILBERT, 1995).

Segundo D’AVIGNON (1996) e SILVA (1998), o objetivo do desenvolvimento sustentável é obter processos produtivos, ciclos de produto e padrões de consumo, que permitam o desenvolvimento humano sem degradar os ecossistemas mantendo as condições de sobrevivência para gerações atuais e futuras. Porém, GILBERT (1995) salientou que o conceito de desenvolvimento sustentável é difícil de ser aplicado porque estabelece novas exigências de gerenciamento ambiental para a sociedade e a indústria, impondo muitas mudanças.

De acordo com CLIFT (1997), é importante que haja um gerenciamento integrado de materiais para melhorar a eficiência do uso de recursos. Este gerenciamento é um paradigma essencial para fazer a existência humana na Terra sustentável.

GUTBERLET (2000) afirmou que o modelo de desenvolvimento atual das sociedades ocidentais não é sustentável e ressaltou que não é possível manter o estilo de vida baseado no desperdício, no intenso uso de recursos naturais e de fontes energéticas não renováveis. O compromisso com a transformação da sociedade está ao alcance de cada um, produtor ou consumidor, devendo-se evitar impactos ambientais (mediante a produção limpa, por exemplo).

### **2.3.3 INCENTIVOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL**

No decorrer dos últimos anos cresceram drasticamente as ameaças globais em relação ao meio ambiente e à conscientização da sociedade sobre a necessidade de preservação ambiental para as gerações futuras (CHEHEBE, 1998).

Organizações de todos os tipos estão preocupadas em alcançar e demonstrar excelência no desempenho ambiental pelo controle do impacto de suas atividades, produtos e serviços sobre o meio ambiente, estabelecendo sua política ambiental. A legislação ambiental está cada vez mais exigente e o desenvolvimento de políticas econômicas tem estimulado a proteção ambiental, resultado de uma crescente preocupação das organizações com as questões ambientais e desenvolvimento sustentável (ABNT, 1996; CAJAZEIRA, 1997).

KOBYLINSKI & HUNTER (1992) destacaram que existem muitos incentivos para as companhias reduzirem a quantidade gerada de efluentes devido à intensa pressão da legislação e programas de prevenção da poluição.

As pressões ambientais podem criar oportunidades para as empresas se tornarem mais competitivas nos mercados nacional e internacional, desde que adotem uma estratégia inovadora baseada na melhoria da eficiência dos processos e de produtos ambientalmente compatíveis (BAPTISTA et al., 1997).

A busca de contribuições para o desenvolvimento sustentável do Planeta teve início no Brasil a partir das indústrias com impactos mais evidentes, como químicas

e de celulose. O setor alimentício vem acompanhando essa tendência de preocupação ambiental. Poluição é desperdício e preservar o meio ambiente também é um modo de economizar (IGLECIO, 1998).

Os principais fatores que fazem a indústria implantar algum sistema de gerenciamento ambiental são:

**a) Legislação ambiental**

A legislação ambiental, com parâmetros mais rigorosos, determina que os resíduos sejam tratados de modo eficiente e dispostos adequadamente para não causarem prejuízo ambiental direta ou indiretamente (PAWLOWSKY, 1998).

De acordo com WAJNSZTAJN & LEAL (1999), as indústrias têm grande dispêndio de capital nos sistemas de tratamento e medidas de despoluição para enquadrar os resíduos nos padrões da legislação ambiental.

HILALY & SIKDAR (1996) destacaram que o crescimento da preocupação ambiental tem causado considerável interesse em prevenção da poluição, introduzindo mudanças radicais no projeto de processos com o propósito de reduzir a geração de resíduos.

**b) Normas ambientais**

O desenvolvimento de normas de sistemas de gestão ambiental para processos, produtos e serviços relaciona-se à disseminação dos sistemas de gestão da qualidade. Com um sistema de qualidade implantado é mais fácil a introdução de um sistema de gestão ambiental. O crescimento das organizações não governamentais, agências e partidos políticos em torno das questões ambientais são fatores de pressão sobre as unidades produtivas (D'AVIGNON, 1996).

D'AVIGNON (1996) destacou que as normas ambientais homogeneizam conceitos, ordenam atividades e criam padrões e procedimentos reconhecidos por aqueles envolvidos com atividade produtiva que gera impactos ambientais. Gerenciam e diminuem a poluição dos sistemas produtivos que respondem por grande parte das alterações ambientais, contribuindo para diminuição da degradação ambiental. Portanto, garante-se que os processos produtivos de uma



empresa sejam compatíveis com o meio ambiente.

A evolução da preocupação ambiental do setor produtivo se processa em três estágios interligados e sucessivos (D'AVIGNON, 1996):

- primeiro estágio: cumprimento das exigências legais e normativas mediante a implantação de equipamentos que controlam a poluição;
- segundo estágio: integração da função gerencial de controle ambiental ao processo produtivo;
- terceiro estágio: implantação de sistemas de gestão ambiental com o permanente acompanhamento do processo produtivo para alcançar a prevenção e diminuição de práticas poluidoras e impactantes ao meio ambiente, visualizando o sistema produtivo de forma global.

De acordo com D'AVIGNON (1996), não basta o produto ter qualidade assegurada, cresce a exigência de que ele seja ambientalmente correto. A qualidade ambiental engloba confiabilidade do produto e meio ambiente saudável e qualquer atividade que cause efeitos danosos ao meio ambiente poderá perder espaço no mercado internacional.

A norma *BS 7 750 (British Standard)* foi a primeira norma ambiental do mundo, publicada na Inglaterra no final de 1992 e totalmente revisada em 1994, quando então ganhou a adesão de vários países, pela qualidade de seu conteúdo. Essa norma inglesa foi a principal base para que a *International Organization for Standardization (ISO)* começasse a elaborar a *ISO 14 001*, norma internacional para certificação de sistemas de gestão ambiental. A *BS 7 750* e a *ISO 14 001* são instrumentos que possibilitam o gerenciamento de uma organização para avaliar sua performance ambiental, a partir da implementação de um sistema que define responsabilidades, práticas, processos e recursos para implantação e manutenção de um modelo de gestão ambiental avançado (PEREIRA FILHO & KAUSS, 1997).

TAVARES (1999) citou que a *ISO 14 001* transformou uma posição reativa frente ao controle ambiental numa postura pró-ativa de prevenção e comprometimento.

A *NBR ISO 14 001/96* é uma norma voluntária, certificável por organização de terceira parte, que especifica os requisitos relativos a um sistema de gestão ambiental, permitindo a uma organização formular uma política e objetivos que considerem os requisitos legais e informações referentes aos impactos ambientais

significativos. A norma possui caráter universal, adaptando-se à cultura e à estrutura da organização (HOJDA, 1998).

#### c) Rotulagem ambiental

Segundo SANTOS (1999), a rotulagem ambiental tem como objetivo informar o consumidor que o produto comprado está de acordo com os critérios de excelência de qualidade.

A rotulagem ambiental está compreendida basicamente pelos tipos:

- selo verde, indica, por meio de uma marca colocada voluntariamente pelo fabricante, que o produto é considerado ambientalmente preferível (apresentam menor impacto em relação a outros similares). É baseado em critérios múltiplos, não podendo ser conferido um selo verde só por causa de um item, como por exemplo embalagem reciclada ou pouco uso de água na produção, e sim, tomando por base uma análise do ciclo de vida.
- autodeclarações, constituem-se em declarações feitas em rótulos ou anúncios pelo fabricante ou anunciante do produto. Por exemplo: “embalagem reciclável” (SANTOS, 1999).

#### d) Competitividade

SEABRA et al. (1998) destacaram que a busca e a manutenção por fatias de mercados têm levado as empresas a investirem em diferentes estratégias para aumentarem a competitividade, incluindo a gestão ambiental.

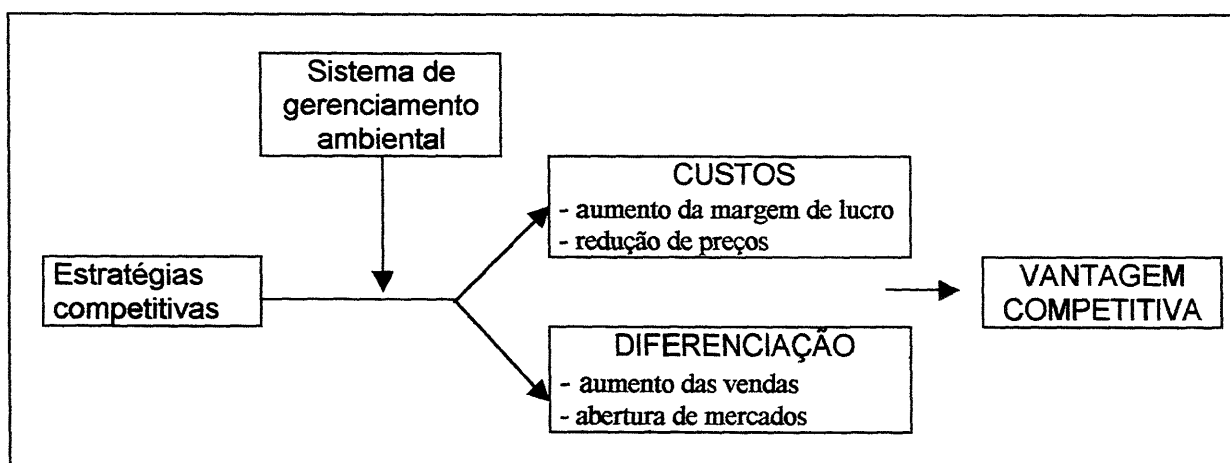
As empresas com objetivos ambiciosos têm investido na redução de resíduos na fonte por reconhecerem que é um campo de atuação potencial para melhorar a competitividade e obter melhor lucratividade (PARKINSON, 1990).

Os clientes têm exigido de seus fornecedores comprovação de que suas operações não degradam o meio ambiente. Com a globalização da economia mundial e a criação de blocos como a União Européia e o Mercosul, a preocupação ambiental é fator estratégico para a sobrevivência das organizações (D'AVIGNON, 1996).

A otimização no uso de materiais resulta em economia no custo e aumento da produtividade visto que maior quantidade de produto é obtida a partir da mesma quantidade de material inicial quando não há desperdício de recursos (FREEMAN, 1995; SEABRA et al., 1998).

Custos mais baixos podem resultar em margens de lucros maiores atribuindo vantagem competitiva à empresa e, dependendo das condições de mercado da indústria, permite-se uma política de redução de preços para aumentar a sua fatia de mercado (*market share*). Genericamente, uma empresa pode adquirir competitividade com a adoção de um sistema de gerenciamento ambiental pela redução de custos e diferenciação de produtos. A descrição esquemática deste processo está na Figura 01 (SEABRA et al., 1998).

FIGURA 01 - ESTRATÉGIAS COMPETITIVAS E SISTEMA DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL



FONTE: SEABRA et al., 1998.

#### 2.3.4 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

BROCH & IDE (1999) relataram que propostas e gestões das políticas de proteção do meio ambiente visam o desenvolvimento sustentável e compatibilizam o desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico.

Segundo SCHILLING & HANDA (1998), o industrial moderno é consciente da necessidade de limitar os efeitos poluentes de seu processo produtivo sobre o meio

ambiente (proteção ambiental), produzindo produtos de qualidade com custos acessíveis.

As exigências ambientais surgem para a indústria como pressões externas ou como oportunidades de obter benefícios internos e, independente do tamanho da empresa, as oportunidades e benefícios potenciais são enormes (GILBERT, 1995).

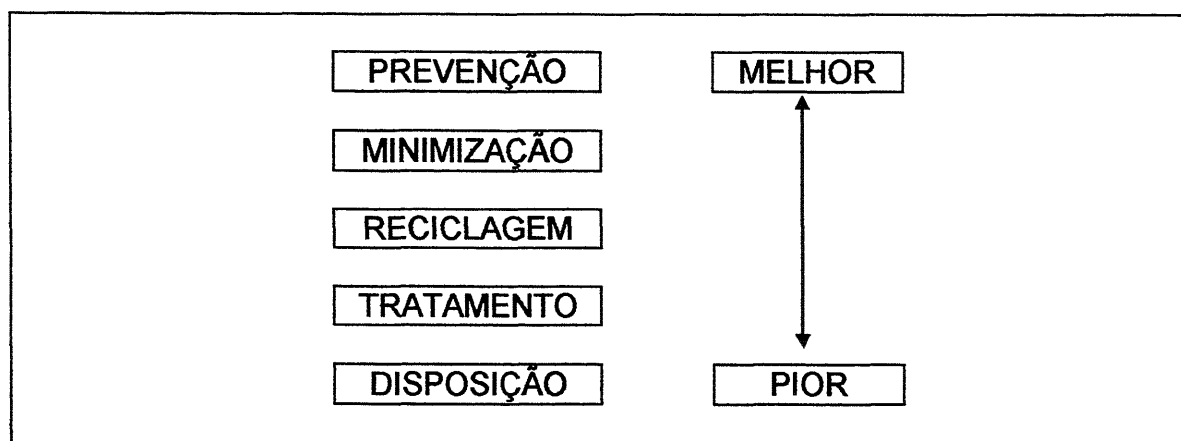
Segundo BAPTISTA et al. (1997), as pressões ambientais criam oportunidades para as empresas se tornarem mais competitivas nos mercados nacionais e internacionais, desde que adotem estratégias inovadoras que visem melhoria da eficiência dos processos e de produtos e que estes sejam ambientalmente mais compatíveis.

GRAU et al. (1994) ressaltaram que o crescente interesse da sociedade sobre a indústria em relação aos problemas ambientais tem contribuído para o desenvolvimento de legislação de resíduos mais restritas. Como consequência, políticas de recuperação de produtos, reciclagem e redução de resíduos devem ser consideradas para encontrar soluções tecnicamente possíveis e economicamente proveitosas.

#### 2.3.4.1 Opções de gerenciamento de resíduos

Para não prejudicar o meio ambiente, os resíduos gerados devem ser gerenciados de acordo com a hierarquia estabelecida pela Resolução Oficial da União Européia (Figura 02).

FIGURA 02 - HIERARQUIA DAS OPÇÕES DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS



FONTE: CRITTENDEN & KOLACZOWSKI, 1995.

As soluções são adotadas a partir de abordagens distintas dos termos utilizados, conforme o Quadro 01.

QUADRO 01 - DESCRIÇÃO DOS TERMOS EMPREGADOS NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

ELIMINAÇÃO	completa eliminação do resíduo
VALORIZAÇÃO	abordagem orientada para extrair valores materiais ou energéticos que contribuem para reduzir os custos de destinação dos resíduos, em alguns casos geram receitas superiores a esses custos
REDUÇÃO NA FONTE	redução do resíduo dentro da unidade de produção mediante mudanças no processo industrial ou procedimentos
RECICLAGEM	uso, reuso e reciclagem de resíduos com o propósito de recuperar material, produção de energia ou matéria-prima
TRATAMENTO	destruição, detoxificação, neutralização, etc. dos resíduos, tornando-os menos danosos ao meio ambiente
DISPOSIÇÃO FINAL	abordagem passiva na qual o resíduo é liberado no ar, na água ou no solo de forma segura e controlada para conferir inofensividade. Os locais devem ser monitorados, mantendo-os sob controle, para conter os efeitos dos resíduos

FONTE: Adaptado de CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995; VALLE, 1995; DENNISON, 1996.

A seguir serão abordadas informações pertinentes às opções de gerenciamento de resíduos.

#### a) Prevenção da poluição

A *Environmental Protection Agency* (EPA) definiu prevenção da poluição como o uso de materiais, processos ou práticas que eliminem a criação de poluentes. Não gerar resíduos é melhor do que desenvolver tratamentos extensivos para assegurar que o resíduo não prejudique a qualidade do meio ambiente, além do que, resíduos não gerados, não exigem custos com tratamento e disposição (FREEMAN, 1995).

Este tipo de gerenciamento refere-se à qualquer prática, processo, técnica e tecnologia que visa à redução ou eliminação do volume, concentração e toxicidade dos poluentes na fonte geradora. Inclui modificações nos equipamentos, processos ou procedimentos, reformulação ou replanejamento de produtos, substituição de matérias-primas, melhorias nos gerenciamentos administrativos e técnicos da empresa e otimização do uso das matérias-primas, energia, água e outros recursos naturais (KIELY, 1996; CETESB, 1998).

A tendência é adotar a produção limpa, sistema de gestão, que visualiza todas as fases do processo produtivo e do ciclo de vida de determinado produto com o objetivo de minimizar riscos à saúde do ser humano e ao meio ambiente. A sua filosofia é substituir o modelo *end of pipe* (tratamento do resíduo gerado) por outros que evidenciam a prevenção dos impactos à saúde e ao meio ambiente (SILVA, 1998). CLIFT (1997) salientou que a produção limpa envolve minimização do uso de recursos e emissões, concentrando-se não apenas no produto, mas no benefício humano causado. Desta forma busca-se a chamada “economia desmaterializada”, na qual os materiais são sistematicamente usados e reusados para aumentar significativamente a produtividade dos recursos necessários para tornar a atividade humana sustentável.

Uma mudança fundamental no ponto de vista de gerenciamento ambiental é necessária para uma empresa passar de controle à prevenção da poluição (ENVIRO-SENSE, 1997).

#### b) Minimização de resíduos

Nem sempre é possível um processo não gerar resíduos, por isso a minimização é a segunda melhor opção. A indústria que reduz a quantidade de resíduo gerada também obtém diminuição de gastos econômicos com tratamento e disposição de resíduos (VALLE, 1995; EDWARDS et al., 2000).

#### c) Reaproveitamento

Segundo VALLE (1995), reaproveitar é uma abordagem corretiva, orientada para retornar ao ciclo produtivo matérias-primas, substâncias e produtos extraídos dos resíduos. A abordagem pelo reaproveitamento pode ter três enfoques:

- reciclagem: quando há reaproveitamento cíclico de matérias-primas de fácil purificação como, por exemplo, papel, vidro, alumínio, etc.
- recuperação: no caso de extração de algumas substâncias dos resíduos como, por exemplo, óxidos, metais, etc.
- reutilização: quando o reaproveitamento é direto, sob a forma de um produto, tal como as garrafas retornáveis e certas embalagens reaproveitáveis.

Muitas correntes e campanhas urbanas incentivam o reaproveitamento e o beneficiamento de resíduos, mas esquecem que a melhor opção é a não produção dos mesmos (VALLE, 1995).

#### d) Tratamento

Segundo CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI (1995), tratamento é qualquer método, técnica ou processo que modifica as características físicas, químicas ou biológicas do resíduo tornando-o ameno para recuperar, estocar ou reduzir seu volume.

O tratamento constitui-se na utilização de tecnologia *end of pipe* para adequar os resíduos aos padrões da legislação ambiental antes da disposição no meio ambiente, reduzindo a carga poluidora e minimizando o impacto ambiental (VALLE, 1995).

Segundo OLIVEIRA & DANIEL (1999) e WAJNSZTAJN & LEAL (1999), há anos atrás, os tratamentos utilizados no controle da poluição da água e do ar eram considerados medidas eficazes na resolução de problemas ambientais. Porém, atualmente tem sido constatado que estas medidas não têm alcançado as metas desejadas porque não resolvem os problemas a eles relacionados, apenas transfere-se resíduos de um meio/local para outro. Por isso, as empresas estão se esforçando na identificação dos problemas para resolvê-los na fonte.

COMELLA & RITTMAYER (1990) abordaram que a indústria não tem sido negligente nos esforços de controle de poluição, uma vez que anualmente gasta-se muito com medidas e equipamentos de controle de poluição. Porém, existem pontos críticos; o primeiro é que o tratamento de resíduos industriais é comumente encontrado no final do processo, diminuindo as oportunidades de aproveitamento do valor de resíduos; o segundo é que muitos tratamentos *end of pipe* não eliminam o resíduo, simplesmente o transfere de um meio para outro; o terceiro é que o tratamento é um sistema de gerenciamento não integrado, pois focaliza apenas o tratamento do resíduo que já foi gerado e este tipo de filosofia freqüentemente impede que as empresas percebam as oportunidades existentes para redução do resíduo gerado diariamente no processo (COMELLA & RITTMAYER, 1990; CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI 1995).

Os custos envolvidos no tratamento de emissões e resíduos industriais se compõem de dois elementos: investimentos explícitos em dispositivos antipoluição nos pontos de liberação; e gastos incrementais em “despoluição durante o processo”, isto é, medidas adotadas no processamento. Nem sempre estes gastos podem ser avaliados por estarem incluídos no plano ou processo geral da fábrica, sendo difícil distinguí-los das despesas com investimento geral (BANCO MUNDIAL, 1992).

#### e) Disposição

O resíduo industrial, depois de gerado, necessita de destino adequado, pois não pode ser acumulado indefinidamente no local em que foi produzido. A disposição dos resíduos no meio ambiente, por meio de emissões de matéria e de energia lançados na atmosfera, nas águas ou no solo devem ocorrer após os mesmos sofrerem tratamento e serem enquadrados nos padrões estabelecidos na legislação ambiental para não causar poluição (AQUARONE et al., 1990; FREEMAN, 1995).

Porém, PRADO (1997) relatou que os problemas causados pela disposição inadequada de resíduos sólidos no solo vêm atingindo níveis alarmantes, comprometendo o meio ambiente, devido principalmente à poluição do solo e dos lençóis freáticos.

A disposição em aterro é a solução mais indicada para resíduos estáveis não perigosos e que não contenham valores a recuperar. Os aterros podem ser divididos em duas classes, os sanitários, utilizados principalmente para os resíduos urbanos, e os industriais (VALLE, 1995).

Os aterros devem ser projetados seguindo normas técnicas de construção e monitoramento para reduzir os riscos de infiltrações que possam contaminar o solo e os lençóis freáticos, eliminar presença de vetores, visto que os aterros devem permitir o confinamento seguro dos resíduos em termos de contaminação ambiental e saúde pública (VALLE, 1995).



### 2.3.4.2 Emissão zero

A proposta da Emissão Zero (*ZERI - Zero Emissions Research Initiative*) lançada pela UNU (Universidade das Nações Unidas) do Japão e da Fundação ZERI em Genebra, Suíça, prevê um modelo empresarial que visa o constante reaproveitamento, o qual segue as leis da natureza: nada se perde, tudo se transforma. A idéia básica é aproveitar os resíduos resultantes de um processo criando um novo produto; os resíduos deste novo produto serão aproveitados para a criação de um terceiro produto e assim sucessivamente: “o resíduo de um é o insumo de outro”, gerando a partir da fábrica original (que fabrica o primeiro produto e origina os primeiros refugos) a criação de uma “rede” de novas fábricas, cada uma delas utilizando o resíduo da anterior (FERROLI et al., 1998).

A proposta de emissão zero visa o constante reaproveitamento baseado na sustentabilidade. Dessa maneira entende-se como emissão zero a completa ausência de resíduos líquidos, gasosos ou sólidos, onde todas as entradas são usadas na produção com aproveitamento total (FERROLI et al., 1998).

FORWARD (1998) salientou que programas de emissão zero tornaram-se freqüentes nas indústrias propiciando reduções significativas nos custos. Propôs que se começasse a falar em termos de produção 100% ao invés de emissão zero.

### 2.3.4.3 Gerenciamento de recursos hídricos

#### a) Disponibilidade de água

Segundo MALTA & PRESTES (1997), o Brasil tem 14% das águas doces do mundo e o desperdício de água tratada é estimado em 40%. Em 20 anos, o consumo de água no Brasil duplicou e ao longo do século aumentou dez vezes. No período de duas décadas, a população mundial cresceu em mais de 1,8 bilhão de pessoas e este acréscimo foi suficiente para diminuir em um terço o suprimento de água no planeta e apressar no Brasil uma legislação capaz de preservar os mananciais.

BEQUETTE (1998) abordou a disponibilidade de água na Terra, cujo volume total se calcula em 1 400 milhões de quilômetros cúbicos, equivalentes a uma capa líquida de 2 650 metros de espessura distribuída por toda a superfície do planeta,

sendo 98% de água salgada (mares e oceanos) e 2% água doce que se encontram em sua maior parte nas calotas polares. A água doce disponível em lagos, rios e lençóis subterrâneos pouco profundos, de fácil acesso representa menos de 1%.

Ressalta-se que o ser humano mantém uma relação especial com a água, líquido indispensável para a vida e para a economia, e como o petróleo, está distante de ser apenas uma matéria-prima (BEQUETTE, 1998).

Assim como ocorreu com o petróleo, alvo permanente de disputas e constante estopim de guerras, a água tem tudo para ser a *commodity* do novo milênio. A explosão urbana desordenada dos anos 80 transpôs para metrópoles emergentes em todo o mundo, como São Paulo, Cidade do México e Beijing, uma preocupação até então comum apenas a países do Oriente Médio e da Ásia: a iminência da escassez de água em condições de uso. Porém, há um outro modo de ver a escassez: como oportunidade (MALTA & PRESTES, 1997).

A água é um recurso natural renovável e subvalorizado que apresenta sinais de escassez por ser desperdiçada ou perdida, por não se reconhecer o seu verdadeiro valor (BANCO MUNDIAL, 1992).

De acordo com ALVA-ARGÁEZ et al. (1998), a água é matéria-prima utilizada em grandes quantidades nos processos de indústrias químicas, petroquímicas, de alimentos e de bebidas, papel entre outras.

Nas operações de processamento de alimentos, a disponibilidade de água é essencial. Nas atividades de limpeza e desinfecção dos equipamentos e instalações há grande dispêndio de água que após o uso é descarregada no fluxo de efluentes. A redução no consumo nas plantas de processamento aliviaria o problema de abastecimento de água nos municípios que têm dificuldade em atender a demanda (CANADÁ, 1996; OKOTH, 1997).

CASTRO et al. (1999) abordaram que a consciência do perigo que a extração excessiva de água representa ao meio ambiente e os regulamentos restritos de descarga de efluentes têm causado o aumento do preço de obtenção de água e tratamento dos efluentes.

## b) Taxação de água

Segundo LIBANORI (1991), alguns países como Estados Unidos, França, Alemanha, China, adotam em suas políticas de controle de poluição mecanismos e incentivos econômicos de indução a esse controle, tais como: sistema de taxaço da poluição, concessão de benefícios aos poluidores e mecanismos de mercado que fornecem às políticas de controle de poluição maior eficácia. A adoção de instrumentos econômicos combinados com o sistema tradicional permite respostas mais rápidas dos agentes poluidores (soluções dos problemas de poluição) que implantam soluções de controle (implantação de tecnologias não poluidoras), redução dos custos de controle das empresas e estímulo à adoção espontânea de soluções para os problemas de poluição. A utilização destes mecanismos muda o papel do Estado na sua tarefa de controle de poluição.

No Brasil, a Política de Recursos Hídricos sancionada pela Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Lei das Águas), criou as figuras do usuário-pagador e do usuário-poluidor pagador, descentralizou a gestão das águas no país, permitindo que as decisões quanto a preço, formas de pagamento, utilização dos recursos sejam locais, mais próximas das necessidades dos consumidores diretos. Sua aplicação vem corroborar a importância de reavaliação dos desperdícios dos recursos renováveis, trazendo à tona a importância da reciclagem e/ou reutilização de matérias-primas e utilidades (WAJNSZTAJN & LEAL, 1999).

A legislação que prevê cobrança pela água captada dos rios e dos lagos, atualmente captada de graça, visa garantir água disponível para as gerações futuras. A lógica desta cobrança é fazer com que este recurso seja usado de modo racional (MALTA & PRESTES, 1997). Segundo NAUMANN (1998), esta cobrança abrangerá os segmentos que utilizam os recursos hídricos superficiais ou subterrâneos e será efetuada em função do volume de água captada.

Com isso, empresas, que utilizam este recurso, preocupadas com o impacto da outorga da água em seus orçamentos, precisarão desenvolver programas de redução de consumo para preservarem a rentabilidade (TAVARES, 1999). A água vai se constituir numa unidade estratégica; portanto, a tendência é que as indústrias façam de seu desempenho ambiental, particularmente na questão da água, um fator de diferenciação no mercado (MALTA & PRESTES, 1997). NAUMANN (1998)

ressaltou que a água potável está entrando no ciclo da taxa progressiva, tornando mais atraente a utilização da água não-potável em todos os possíveis usos que não prescindam da potabilidade (irrigação de jardins, toaletes, etc.).

SANTOS (2000) salientou que a cobrança pelo uso da água proporciona o reconhecimento da água como bem econômico, incentiva a racionalização do seu uso (eliminando o desperdício) e obtém recursos financeiros os quais terão aplicação prioritária na bacia hidrográfica onde foram gerados, colaborando-se diretamente para a melhoria ambiental da região.

O valor ideal da taxa é aquele que representa o montante dos danos causados pela poluição, sendo necessário levantar todos os efeitos da poluição para atribuir valores a esses efeitos relativamente à saúde, aos materiais e às propriedades (LIBANORI, 1991).

Segundo AMARAL (1997), fatores chave como disponibilidade e qualidade das fontes de suprimento de água e controle mais rigoroso dos descartes propulsionam o aumento dos custos globais de obtenção de água em uma planta industrial. Por isso, tecnologias de conservação e de reuso são implementadas no sentido de fazer cada litro de água durar mais.

OKOTH (1997) relatou que a conta de água afeta a lucratividade da indústria, uma vez que a maior parte da água usada na indústria termina no fluxo de efluentes e o uso excessivo de água resulta em volume excessivo de efluente com conseqüente aumento do custo de tratamento do mesmo. O aumento nos custos de tratamento de água residuária para adequação aos padrões da legislação, a escassez de água de boa qualidade e o incremento no custo de aquisição criam uma força econômica, direcionando para a racionalização de seu uso (BYERS, 1995; ALVA-ARGÁEZ et al., 1998).

De acordo com ROSAIN (1993), o aumento das restrições de disposição de águas servidas pela legislação ambiental tem forçado muitas indústrias a desenvolverem alternativas de reuso da água e conservação da água mediante minimização do consumo. Entretanto, deve-se avaliar o impacto do reuso da água nas operações de produção, sendo importante especificar a qualidade da água necessária para cada uso específico para que o programa de reuso seja bem sucedido. O impacto da qualidade da água deve ser avaliado detalhadamente para estabelecer as condições de reuso para não prejudicar a qualidade do produto.

As indústrias de alimentos são consumidoras significativas de água e quando a água é usada na formulação do produto, os requerimentos de sua qualidade estão baseados nas especificações do produto. Deve-se estabelecer o tipo de tratamento requerido para reusar a água, determinando se o seu reuso aumentará a complexidade operacional da planta devido à necessidade de unidades adicionais de tratamento; também é necessário verificar se a tecnologia de tratamento está disponível. O sistema de tratamento para reuso deve ser testado para verificar os aspectos econômicos e operacionais.

O governo do Paraná aprovou na Assembléia Legislativa a sua Lei de Recursos Hídricos que estabelece cobrança pelo direito de uso de água, cuja previsão para início é 2001. Os principais pagadores serão indústrias e a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), que deverão repassar o custo para os usuários finais (KLENK, 1999).

No Paraná, a Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDHERSA) realizou estudos para determinar o custo de captação de água. A SANEPAR incrementará o valor atualmente cobrado de forma diferenciada, demonstrado na Tabela 01. Ressalta-se que os números apresentados são valores estimativos que poderão sofrer pequenas alterações.

**TABELA 01 - VALORES ESTIMATIVOS DA COBRANÇA PELA CAPTAÇÃO DE ÁGUA**

	CAPTAÇÃO DE ÁGUA PELAS INDÚSTRIAS		INCREMENTO NO VALOR COBRADO PELA SANEPAR	
	de rios	de poço	para uso doméstico	para uso industrial
Valor (R\$/m <sup>3</sup> )	0,10	0,20	0,01	0,10

FONTE: MACHADO, 2000.

#### c) Técnicas para minimização de água

Segundo ALVA-ARGÁEZ et al. (1998), existem quatro técnicas para minimização de água: mudanças no processo, reuso da água, reuso regenerado e reciclagem após regeneração.

Se é excluída a possibilidade de realizar mudanças no processo para reduzir a demanda de água, utilizam-se medidas para reduzir a geração de água residuária, tais como (WANG & SMITH, 1994):

- reuso: a água residuária pode ser diretamente reusada no abastecimento de outras operações, quando o nível de contaminantes precedentes não é alterado com o processo. Este reuso exige a mistura com águas residuárias provenientes de outras operações e/ou com água limpa.
- reuso regenerado: a água residuária é regenerada por um tratamento parcial para remover contaminantes os quais poderiam evitar seu reuso. Após a regeneração é necessário misturar com água residuária gerada em outra operação e/ou água limpa. Enfatiza-se que esta água reusada após regeneração não é utilizada no processo onde foi previamente usada.
- reciclagem após regeneração: a água residuária sofre tratamento para remover os contaminantes presentes e então a água é reciclada. Neste caso a água pode re-entrar no processo onde tinha sido previamente usada.

## **2.4 MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS**

### **2.4.1 DEFINIÇÃO E CONSIDERAÇÕES**

O termo “Minimização de Resíduos” foi definido pela Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (*EPA*), como “toda ação tomada para reduzir a quantidade e/ou a toxicidade dos resíduos que requerem disposição final”. Segundo *CHEREMISINOFF* (1995) e *CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI* (1995), a minimização de resíduos envolve qualquer técnica, processo ou atividade que evite, elimine ou reduza a quantidade de resíduo gerada na fonte, normalmente dentro dos limites do processo como sistema, ou permita o reuso ou a reciclagem dos resíduos, diminuindo os custos de tratamento e protegendo o meio ambiente.

É um sistema de gerenciamento ambiental preventivo que preocupa-se com o existente, isto é, com a redução do resíduo na fonte e com a reciclagem visando a melhorias no desempenho ambiental de atividades existentes (*CHEREMISINOFF*, 1995).

Segundo *COMELLA & RITTMAYER* (1990), o governo, a comunidade industrial e associações endossam a minimização de resíduos como forma de gerenciamento.

A minimização de resíduos é uma forma de gerenciamento baseado na adoção de medidas que visam, em primeiro lugar, reduzir ao máximo possível a quantidade de resíduos a ser tratada ou disposta. Seus esforços estão estruturados nos fundamentos de prevenção e reciclagem de resíduos, baseados num procedimento de avaliação de oportunidades de minimização (MATOS & SCHALTH, 1997).

CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI (1995) relataram alguns termos sinônimos para minimização de resíduos como: redução de resíduos; processamento limpos ou mais limpos; redução/prevenção da poluição; tecnologias ambientais; tecnologias com pouca ou nenhuma geração de resíduo.

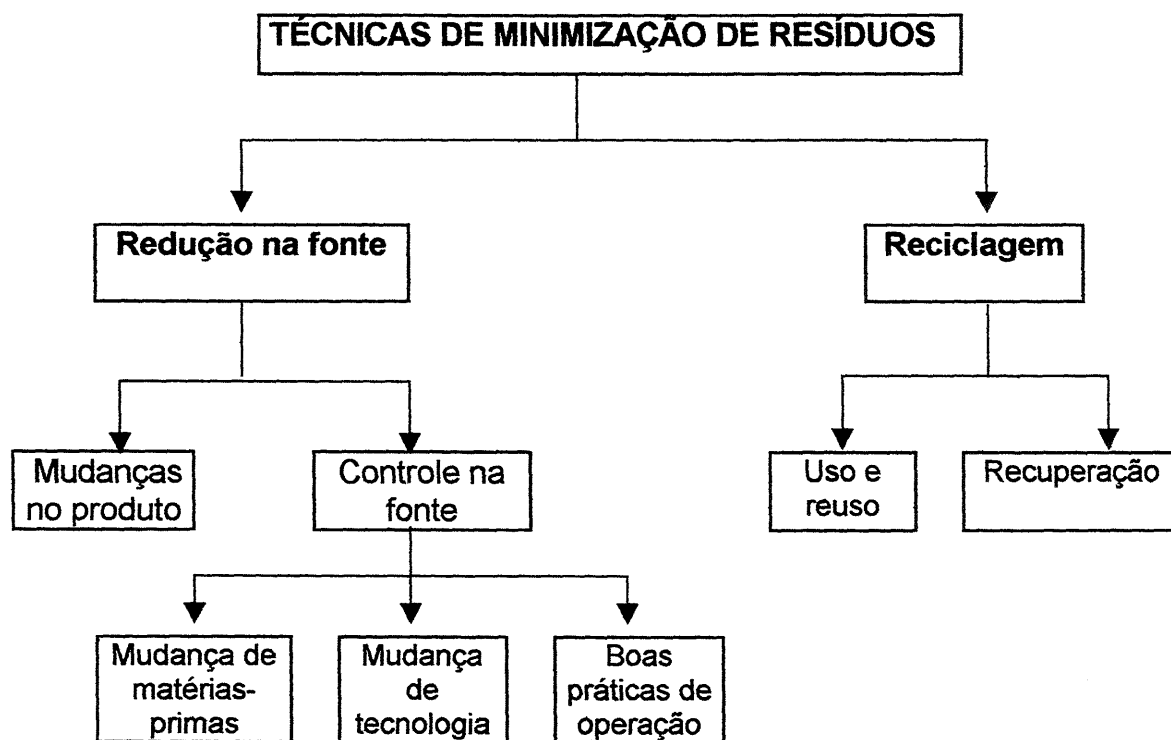
A empresa que pretende implantar medidas de minimização de resíduos em seus processos produtivos deve ter como premissa básica o comprometimento da direção da empresa com o princípio preconizado por este programa, que poderá ser alcançado através de várias ações, destacando-se (CETESB, 1998):

- otimização do uso e recuperação dos recursos disponíveis, tais como água, energia, matérias-primas, etc;
- substituição de matérias-primas e mudanças nos processos produtivos;
- adoção de tecnologias limpas e desenvolvimento de novos produtos;
- melhoria da operação e manutenção dos equipamentos;
- implantação do programa de conscientização e informação de todos os funcionários.

#### **2.4.2 TÉCNICAS DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS**

Segundo *EPA* (1988), as técnicas de minimização podem ser classificadas conforme a Figura 03.

FIGURA 03 - TÉCNICAS DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS



FONTE: EPA, 1988.

#### 2.4.2.1 Descrição das técnicas de minimização de resíduos

O conceito de técnicas de minimização exige a utilização de técnicas disponíveis considerando os itens básicos: 1) a não transferência do poluente de um meio para o outro e 2) o atendimento à legislação ambiental (PAWLOWSKY, 1998).

A seleção da técnica de redução de resíduos a ser empregada depende do tipo de resíduo gerado e da característica da fonte geradora. Em alguns casos, várias técnicas são adotadas em conjunto para que o propósito do máximo efeito seja alcançado com custo mais baixo. A adoção de determinada tecnologia deve ser combinada com treinamento e motivação dos funcionários, uma vez que a cooperação e o envolvimento dos empregados influencia tanto no sucesso do programa quanto à seleção da tecnologia apropriada (FREEMAN, 1995; CETESB, 1998).

As técnicas de redução na fonte (controle da fonte) envolvem mudanças de matérias-primas, que consistem em purificar ou substituir os materiais utilizados no processo industrial, diminuindo a toxicidade de uma substância ou substituindo um material perigoso por não perigoso, exigindo investimentos em pesquisa. Também



envolvem mudanças de tecnologia que são alterações no processo, equipamentos, layout, automatização dos processos e as mudanças nas práticas operacionais, que requerem alteração nos procedimentos de produção (CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995; CETESB, 1998).

Mudanças no produto são modificações efetuadas pelo fabricante para reduzir os resíduos provenientes do uso do produto, envolvendo substituição dos produtos ou alteração de sua composição. Requer desenvolvimento de pesquisas para adequar as modificações à garantia da qualidade, ao tempo em que sua aplicação proporciona um elevado aumento no desempenho ambiental do ciclo de vida do produto (CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995).

As técnicas de mudanças de material requerem elevados investimentos em pesquisa e implementação, sua efetivação proporciona excelente desempenho ambiental (FREEMAN, 1995).

As mudanças de tecnologias são modificações relativas ao processo ou equipamentos, abrangendo desde pequenas modificações que podem ser implementadas em alguns dias com baixo custo até complexas mudanças no processo, com custo elevado (MATOS & SCHALCH, 1997).

As técnicas de reciclagem permitem que o resíduo retorne ao processo original (no qual foi gerado), seja utilizado como matéria-prima em outro processo, ou sofra processo de recuperação para que um constituinte do resíduo seja recuperado e reutilizado no processo industrial. O emprego das técnicas de reutilização, recuperação e/ou reciclagem interna ou externa de energia, insumos e resíduos permitem a valorização dos resíduos (CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995).

De acordo com FREEMAN (1995), muitos manuais de operação contêm métodos de redução, por meio de técnicas de otimização de processo, que são bastante simples e não pertencem à classe das chamadas altas tecnologias. MATOS & SCHALCH (1997) afirmaram que muitas indústrias já assimilaram que, simples mudanças operacionais, aumento do treinamento de todos funcionários e melhoria do gerenciamento de inventários podem reduzir, significativamente, a taxa de geração de resíduos e que as técnicas de minimização englobam desde a mais simples mudança operacional até o restabelecimento do estado-da-arte de um equipamento.

As alterações nos procedimentos operacionais incluem medidas administrativas, institucionais ou procedimentos que uma companhia utiliza para minimizar resíduos. Boas práticas operacionais incluem: otimização dos processos, prevenção de perdas, práticas gerenciais, segregação do fluxo de resíduos, melhorias no manuseio de materiais, planejamento da produção (MATOS & SCHALCH, 1997).

O volume e a carga poluidora dos despejos estão diretamente relacionados com as dimensões finais do sistema de tratamento, por isso, deve-se implantar na indústria sistemas de trabalho, medidas e precauções que visem a minimização dos resíduos gerados (GILBERT, 1995).

COMELLA & RITTMAYER (1990) abordaram que na prática existem alguns desincentivos (barreiras econômicas: ausência de capital, barreiras técnicas: falta de informação, limites técnicos do processo, etc.) que devem ser contornados a fim de se alcançar sucesso na implantação do sistema de minimização de resíduos.

### 2.4.3 BENEFÍCIOS DO SISTEMA DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

Diminuindo a quantidade de resíduos/efluentes gerados no processamento de alimentos é possível atingir benefícios descritos no Quadro 02.

QUADRO 02 - BENEFÍCIOS DA MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

BENEFÍCIOS AMBIENTAIS	BENEFÍCIOS ECONÔMICOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ conservação de recursos naturais (materiais e energia)</li> <li>▪ minimização do impacto ambiental</li> <li>▪ adequação dos resíduos aos padrões da legislação ambiental</li> <li>▪ diminuição do volume de resíduos</li> <li>▪ melhoria das relações da empresa com a comunidade, órgãos governamentais e grupos ambientalistas, ou seja, imagem da empresa melhorada perante a sociedade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ custos reduzidos: otimização do uso de matérias-primas, recuperação de recursos disponíveis (água, materiais, energia), menos capital destinado para o tratamento final dos resíduos, aumento da reciclagem</li> <li>▪ melhoria do sistema de gerência da qualidade da empresa</li> <li>▪ melhoria da estabilidade do processo, com aumento da eficiência ocorre maior produtividade</li> </ul>

FONTE: Adaptado de DONAIRE, 1995; CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995; SWAMI, 1999.

Os principais resultados de um programa de minimização de resíduos são: redução da quantidade de material e energia desperdiçada com diminuição dos custos financeiros associados; redução dos resíduos mediante inovações tecnológicas no processo produtivo ao invés das técnicas *end of pipe*; redução da disposição de resíduos, descargas e emissões para água, solo e ar (CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995).

CHEREMISINOFF (1995) afirmou que mais de 99% dos custos ambientais são gastos para controle da poluição após a geração de resíduo e menos de 1% é gasto para reduzir a geração de resíduos.

#### **2.4.4 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS**

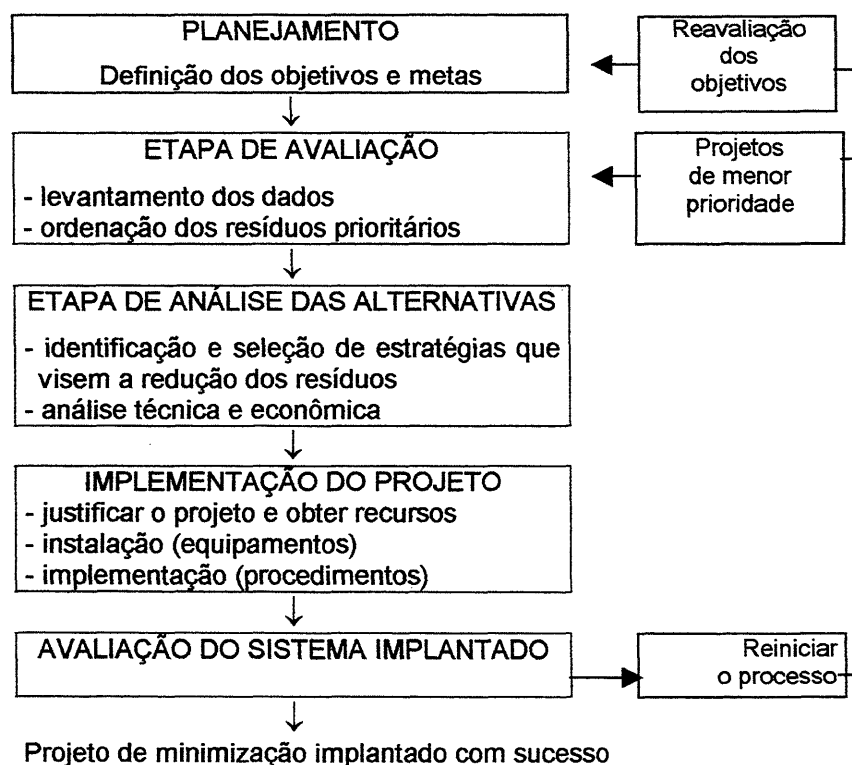
Segundo consta no *Waste Minimization Opportunity Assessment Manual*, EPA (1988), um programa de minimização de resíduos consiste num esforço sistematizado e contínuo para redução da geração de poluentes, que pode ser aplicado a qualquer processo de produção.

De acordo com MATOS & SCHALCH (1997), um programa de minimização de resíduos pode ser implantado de diferentes maneiras, atendendo assim, às características individuais de cada instalação industrial.

Para que o programa de minimização de resíduos atinja o sucesso esperado é necessário que exista comprometimento da alta direção da empresa para se obter provisão de recursos adequados, programa de treinamento e motivação de pessoal, mecanismo adequado para alocação de custos de gestão de resíduos e forte estímulo para a implantação de projetos de minimização de resíduos (BENFORADO et al., 1991; CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995).

De acordo com EPA (1988) e NEMEROW (1995), a implantação de sistema de minimização de resíduos (Figura 04) consta das seguintes etapas:

FIGURA 04 - METODOLOGIA DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS



FONTE: EPA, 1988.

#### 2.4.4.1 Descrição das etapas para implantação desta metodologia

##### a) Planejamento

O programa inicia com a fase de planejamento que determina os objetivos a serem atingidos (EPA, 1988).

De acordo com SCHILLING & HANDA (1998), as metas do programa devem ser:

- flexíveis para se adaptarem às mudanças necessárias;
- mensuráveis no tempo;
- adequadas aos objetivos globais da empresa;
- de fácil entendimento e alcançáveis.

##### b) Avaliação do processo produtivo

Na etapa de avaliação realiza-se estudo do processo produtivo a fim de definir as fontes geradoras de resíduos e suas possíveis causas (EPA, 1988). No

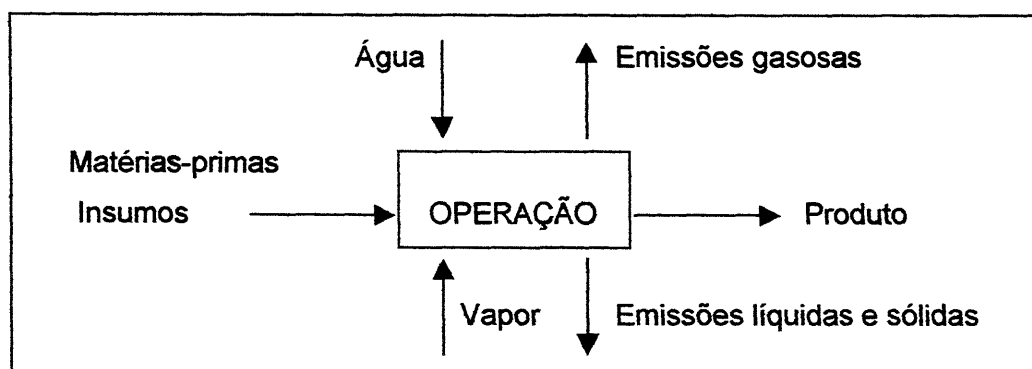
levantamento dos dados são caracterizados os resíduos da indústria, o tipo de tratamento e a destinação a que são submetidos, e ainda os seus custos associados (EDWARDS et al., 2000). É importante obter informações em mais de uma fonte, como operadores, equipes de manutenção e gerentes, porque permite uma visão maior e mais detalhada da geração de resíduos (SCHILLING & HANDA, 1998).

HIGGINS (1995) destacou a importância de uma avaliação do processo para que se possa responder às seguintes questões:

- onde, como e por que são gerados os resíduos?
- quais os tipos de resíduos gerados?
- quanto resíduo é gerado?
- como os resíduos são coletados e quais são as suas destinações finais?
- quais os custos de coleta, tratamento e disposição dos resíduos?
- quanto do resíduo gerado na unidade industrial pode ser minimizado ou reciclado?

Nesta fase salienta-se o conhecimento do processamento da unidade industrial em questão, definindo as entradas e saídas dos processos, elaborando o diagrama de fluxo de matérias-primas, utilidades, taxa de produção, perdas e resíduos (quantidade, composição e classificação), conforme o diagrama apresentado na Figura 05 (CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995; DAUGHERTY, 1996). Segundo NEMEROW (1995), os balanços materiais são necessários para descobrir e quantificar perdas e emissões, cuja confirmação pode ser feita pela amostragem dos resíduos.

FIGURA 05 - DIAGRAMA DE CADA OPERAÇÃO PRODUTIVA



FONTE: Adaptado de CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995; DAUGHERTY, 1996.

É fundamental elaborar o fluxograma de processo para identificar todas as etapas de produção, desde o recebimento de matéria-prima até a remessa final do produto sob controle da indústria. É importante observar as condições reais das plantas industriais para garantir que as etapas listadas descrevam o que realmente acontece no processamento do alimento. O propósito do fluxograma é identificar qualquer ponto específico em que os resíduos possam ser gerados (CETESB, 1997).

O fluxograma deve representar a seqüência de operações acompanhada dos dados ligados ao fluxo de produção: *inputs* (matérias-primas, materiais auxiliares), *outputs* (produtos, sub-produtos, resíduos, efluentes, pontos de perdas, etc.), parâmetros de operação (temperatura, pressão, vazão, concentração de reativos, tempo de operação, etc.) para que estas informações contribuam na identificação e seleção de prioridades. Os fluxogramas podem ser elaborados na forma de diagrama de blocos, para os processos mais simples e na forma mais detalhada (*flow-sheet*) para os principais processos e operações da indústria (CETESB, 1997; CETESB, 1998).

O método de inspeção do processo varia conforme o tipo de operação e depende do nível de detalhes requerido, recursos disponíveis, tamanho da unidade produtiva e sazonalidade das operações. Basicamente, o processo de inspeção compõe-se de verificação visual, amostragem e classificação, quantificação de entradas e saídas ou balanço de massa no qual o volume total de resíduos é estimado em base de dados pré-determinada (por exemplo: taxa de geração de resíduo por dia, mês, ano, batelada) (SCHILLING & HANDA, 1998).

As principais metodologias de inspeção são (SCHILLING & HANDA, 1998):

- verificação visual: é mais simples, mais rápida e a mais utilizada em casos onde os resíduos são homogêneos;
- verificação de amostragem e classificação: é mais precisa que a verificação visual, e é mais utilizada onde há resíduos misturados ou grandes volumes;
- balanço de massa ou verificação de entradas/saídas: utiliza fontes diferentes ou adicionais de informação, sendo a mais adequada para processos produtivos. O balanço de massa identifica o que deve estar no fluxo de resíduos.

A visão geral sobre os prós e contras de cada método está relacionada no Quadro 03.

**QUADRO 03 - PRÓS E CONTRAS DOS MÉTODOS DE INSPEÇÃO DE RESÍDUOS**

VISÃO	VERIFICAÇÃO VISUAL	AMOSTRAGEM DETALHADA	BALANÇO DE MASSA
P R Ó S	<ul style="list-style-type: none"> <li>- custos menores e de curta duração</li> <li>- provê uma visão geral de como, onde e por quê os resíduos são gerados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- provê detalhes: é excelente para a execução de programas de resíduos</li> <li>- determina volumes e composições de resíduos gerados em uma unidade industrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- permite verificar os resultados da auditoria de amostragem</li> <li>- identifica as entradas e saídas dos processos, incluindo resíduos que não são facilmente quantificáveis</li> </ul>
C O N T R A S	<ul style="list-style-type: none"> <li>- baixa precisão; dados limitados para uso no gerenciamento de resíduos</li> <li>- provê informações limitadas dos fluxos de resíduos (grandes volumes são notados enquanto, pequenos volumes ficam despercebidos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- requer grande nível de comprometimento e recursos</li> <li>- coleta de amostras representativas pode limitar a captura de eventos especiais (renovações, grandes produções sazonais, etc.) que podem gerar grandes volumes de resíduos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- habilidade limitada para contabilizar resíduos extras (por exemplo, embalagens)</li> <li>- pode não identificar pequenos volumes e resíduos problemáticos</li> </ul>

FONTE: SCHILLING & HANDA, 1998.

De acordo com DAUGHERTY (1996), o princípio do balanço de massa está baseado na lei de conservação de massa. Segundo NEWTON (1990), o balanço material implica que a entrada é igual a saída o que possibilita estimar os fluxos de resíduos, emissões fugitivas. Um balanço material é ferramenta que fornece informações que possibilitam medir a performance da implantação da minimização de resíduos.

No Quadro 04 estão listadas as informações necessárias para desenvolver o sistema de minimização de resíduos. WAJNSZTAJN & LEAL (1999) ressaltaram que os dados coletados devem ser precisos para possibilitar completa visão da geração, fluxo e composição de resíduo.

**QUADRO 04 - INFORMAÇÕES PERTINENTES PARA DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS**

INFORMAÇÕES DE PROJETO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ diagramas de fluxo do processo</li> <li>▪ descrição dos processos</li> <li>▪ lista de equipamentos e layout</li> <li>▪ balanços materiais e energéticos dos processos produtivos</li> </ul>
INFORMAÇÕES AMBIENTAIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ inventários de emissões</li> <li>▪ relatórios de análises de resíduos</li> <li>▪ relatórios de inspeção de redução e riscos ambientais</li> <li>▪ licenças de instalação e operação</li> </ul>
MATÉRIA-PRIMA E INFORMAÇÕES DE PRODUÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ composição do produto e dados de bateladas</li> <li>▪ relatórios de inventário de produtos e matéria-prima</li> <li>▪ procedimentos de operação</li> <li>▪ calendários de produção</li> </ul>
INFORMAÇÃO ECONÔMICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ custos de tratamento e disposição de resíduos</li> <li>▪ custos de produtos, utilidades e matéria-prima</li> <li>▪ custos de operação e manutenção</li> </ul>

FONTE: EPA, 1988.

É necessária a seleção de indicadores ambientais apropriados para a área operacional (WAJNSZTAJN & LEAL, 1999).

A CETESB (1998) propôs que após o levantamento dos dados devem ser definidos indicadores de desempenho quantificáveis, que possam ser medidos antes e após a implementação do programa para a avaliação comparativa da situação da empresa e tornar a análise dos ganhos obtidos em termos ambientais e econômicos.

Exemplos de indicadores:

- quantidade de resíduos por unidade de produção;
- consumo de água por unidade de produção;
- consumo de energia por unidade de produção;
- número de acidentes de trabalho e faltas decorrentes dos mesmos;
- número de licenças médicas por doenças ocupacionais;
- quantidade de resíduos recicláveis e a quantidade reciclada de forma adequada;
- custos de tratamento e disposição dos poluentes gerados;
- quantidade e volume de resíduos coletados e descartados de forma ambientalmente segura;
- número de violações notificadas.



É importante coletar informações sobre os sistemas de gerenciamento de resíduos existentes na indústria, tais como (SCHILLING & HANDA 1998):

- disposição dos resíduos: localização da disposição, coleta (frequência, como é realizada e por quem, métodos de manuseio interno e externo), custos envolvidos;
- reciclagem: identificar atividades de separação e recuperação de resíduos (reuso, reciclagem), frequência da coleta para reuso ou reciclagem, bolsa de resíduos usados para a comercialização dos materiais reciclados.

Os resíduos gerados pelas indústrias são de diversos tipos, por isso, é necessário definir em que categoria de composição o resíduo se enquadra. As categorias de materiais padrão de resíduos são apresentados no Quadro 05 (SCHILLING & HANDA 1998).

QUADRO 05 - CATEGORIAS DE MATERIAIS PADRÃO DE RESÍDUOS

MATERIAL	TIPO
PAPEL	papelão, jornal, papel fino, caixa de papelão, papel misturado (Kraft)
VIDRO	diversos
METAL	ferrosos, alumínio, metais nobres (cobre), outros metais não ferrosos
PLÁSTICO	PET (polietileno tereftalato), PE (polietileno), polietileno de alta densidade, polietileno de baixa densidade, poliestireno, filme plástico, PVC (cloreto de polivinila), PP (polipropileno), outros
MADEIRA	tratada, não tratada
ORGÂNICO NÃO PERIGOSO	resíduos de alimentos, vegetais, folhas e resíduos de jardim, lodo
RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	tijolos, madeira, concreto, aço, cabos de arame/plástico, terra, etc.

FONTE: SCHILLING & HANDA, 1998.

Após identificados, os resíduos devem ser ordenados em escala de prioridades, ou seja, qual deve ser minimizado primeiro (CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995). A próxima etapa é desenvolver estratégias para redução dos resíduos prioritários.

### c) Análise das alternativas

Para a elaboração de alternativas de minimização, deve-se considerar os aspectos técnicos, ambiental e econômico mediante análise técnica e econômica das estratégias possíveis para reduzir a geração de resíduos e posterior seleção daquelas que serão implantadas (EPA, 1988).

A quantificação dos resíduos permite identificar as áreas com significativa geração, avaliar os custos do sistema de gerenciamento de resíduos e identificar as práticas que podem ser aplicadas ao processo para reduzi-los e diminuir os custos envolvidos (NEMEROW, 1995).

A avaliação econômica permite mensurar os benefícios que serão alcançados com a implantação do sistema e o período de retorno do investimento (EPA, 1988).

De acordo com CETESB (1998), para a seleção das opções a serem implantadas devem ser considerados os benefícios imediatos e o significado, para a empresa, das medidas escolhidas como prioritárias, devendo verificar alguns itens, como:

- haverá ganho ambiental significativo?
- haverá melhoria na qualidade do produto, na eficiência do processo ou na saúde do trabalhador?
- haverá maior facilidade em atender aos requisitos legais?
- haverá melhoria do relacionamento com as agências de controle ambiental ou com a comunidade?
- haverá retorno financeiro (a curto, médio ou longo prazo)?

As opções destacadas devem ser submetidas a uma análise da viabilidade tecno-econômica e, caso confirmadas como viáveis, implementadas de acordo com o cronograma de execução do projeto de minimização de resíduos.

### d) Implementação e avaliação do projeto de minimização de resíduos

As estratégias de minimização são introduzidas no processo produtivo e, após a implementação do projeto, é de suma importância avaliar os benefícios proporcionados pelo sistema mediante o levantamento dos resultados (performance). A metodologia é reiniciada quando:

- não se atinge o sucesso esperado, sendo indispensável ajustar o sistema;
- obtém-se resultados satisfatórios, ou seja, os resíduos prioritários foram minimizados, e novo projeto será implantado para redução dos resíduos que foram determinados como não prioritários na avaliação do processo produtivo (CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995).

A avaliação dos resultados tem como objetivo a verificação dos benefícios econômicos e ambientais proporcionados com a implementação de um sistema de minimização de resíduos. EPA (1988), COMELLA & RITTMAYER (1990) e CRITTENDEN & KOLACZOWSKI (1995) citaram os principais indicadores avaliados, tais como, redução dos problemas ambientais, economia devida à redução do consumo de água, redução dos custos relativos ao tratamento e disposição de poluentes, rendimentos obtidos com projetos de reciclagem e aumento da produtividade.

#### **2.4.4.2 Modelagem matemática como ferramenta para a minimização de resíduos**

Quando diferentes resíduos são gerados num processo industrial torna-se necessário adotar critérios para ordená-los numa escala de maior para menor prioridade e para isto pode-se empregar um modelo matemático, cuja aplicação é uma ferramenta importante para a tomada de decisão na implantação de um sistema de minimização de resíduos.

De acordo com HILALY & SIKDAR (1996), citado por CERCAL (1999), uma planta industrial normalmente consiste de várias unidades de processamento, cada uma podendo a princípio ser submetida a uma modelagem matemática. Alguns simuladores de processo (programas de computador que simulam a operação de processo) são ferramentas de otimização e servem para auxiliar na maximização ou minimização de variáveis do processo produtivo.

A habilidade de modificar um processo para minimizar a formação de produtos indesejáveis pode ser feita com uso da simulação, que é uma ferramenta empregada para atingir a prevenção da poluição porque pode avaliar a quantidade de resíduos gerada envolvendo os aspectos de saúde humana e potenciais impactos ambientais. Podem relacionar também os fluxos de resíduos (vazão),

concentração de poluentes, parâmetros operacionais, análise do fluxograma e aspectos econômicos (CABEZAS & YOUNG, 1999).

De acordo com CHANG & HWANG (1996), citado por CERCAL (1999), o desenvolvimento de metodologias de otimização do uso de energia nos processos foram intensas nas duas últimas décadas. Contudo, no presente momento, os pesquisadores estão buscando o desenvolvimento de métodos de integração de processos focalizados na otimização de processos para a mínima geração de resíduos.

CERCAL (1999) citou as subdivisões das ferramentas informatizadas aplicáveis à prevenção da poluição (P2), entre elas: softwares para avaliação de oportunidades de P2, softwares para análise de processos com foco em P2, softwares para tomada de decisões para P2, softwares correlatos (educação ambiental, análises financeiras, etc.).

Segundo CUNHA (2000), técnicas e algoritmos matemáticos são fornecidos pela pesquisa operacional usada na resolução de problemas de decisão com recursos limitados. Os problemas de decisão normalmente incluem fatores intangíveis, como a presença do elemento humano no processo decisório que não se pode traduzir diretamente em termos de um modelo matemático. O êxito depende da habilidade e criatividade pessoal do analista encarregado da tomada de decisão.

SCHILLING et al. (1999) abordaram os critérios de priorização dos resíduos baseados numa classificação primária e secundária. Na classificação primária considera-se a quantidade gerada, complexidade/custo do destino final e toxicidade. Os escores utilizados para estabelecer a classificação são: 1) pouca importância, 2) importância moderada, 3) importância significativa. O total dos escores de cada resíduo é obtido pela soma dos valores atribuídos.

Os critérios secundários considerados são: saúde e segurança dos trabalhadores, potencial de redução da poluição, atendimento à legislação, impacto ambiental cujos escores utilizados são apresentados na Tabela 02; tempo para redução de resíduo, dificuldade no controle, custo de mudança e impacto na produção cujos escores são apresentados na Tabela 03. Os escores dos critérios das Tabelas 02 e 03 são somados obtendo o total dos escores dos critérios secundários. Para os resíduos prioritários é montado um plano de ação de minimização (SCHILLING et al., 1999).

TABELA 02 - ESCORES DA CLASSIFICAÇÃO SECUNDÁRIA DOS RESÍDUOS

ESCORES	SAÚDE E SEGURANÇA	CUSTO DE PERDAS DE MATERIAL (x \$ 1000)	ATENDIMENTO À LEGISLAÇÃO	POTENCIAL DE REDUÇÃO DA POLUIÇÃO (%)	IMPACTO AMBIENTAL
1	sem impacto	< 1	não preocupa	0-10	muito baixo
2	sem impacto	1-5	não preocupa	10-20	muito baixo
3	impacto mínimo	5-10	preocupação baixa	20-30	baixo
4	impacto mínimo	10-15	preocupação baixa	30-40	baixo
5	preocupação suspeita - saúde	15-20	preocupação moderada	40-50	médio
6	preocupação suspeita - saúde	20-25	preocupação moderada	50-60	médio
7	preocupação conhecida na saúde	25-30	preocupação moderada	60-70	médio
8	preocupação conhecida na saúde	30-40	problemas sérios	70-80	alto
9	suspeita de carcinogênicos	40-50	problemas sérios	80-90	alto
10	conhecimento de carcinogênicos	> 50	questão crítica	90-100	muito alto

FONTE: DEREK (1994), citado por SCHILLING et al.(1999).

TABELA 03 - ESCORES DOS PARÂMETROS SECUNDÁRIOS

CRITÉRIOS	TEMPO PARA REDUZIR RESÍDUOS (meses)	DIFICULDADE DE CONTROLE	CUSTO DE MUDANÇA (x \$ 1000)	IMPACTO NA PRODUÇÃO
1	> 36	muito difícil	> 50	impacto significante
2	24-36	muito difícil	40-50	
3	12-24	difícil	30-40	
4	9-12	difícil	25-30	
5	6-9	dificuldade baixa	20-25	algum impacto
6	4-6	dificuldade baixa	15-20	
7	2-4	fácil	10-15	
8	1-4	fácil	5-10	
9	1-2	fácil	1-5	
10	< 1	muito fácil	< 1	sem impacto

FONTE: DEREK (1994), citado por SCHILLING et al.(1999).

SCHILLING et al.(1999) ressaltou que devem ser considerados na elaboração do plano de ação os benefícios ambientais econômicos (comparação dos custos operacionais para ilustrar onde serão feitas economias). Sugeriram também critérios para estabelecimento da opção de prevenção da poluição para cada resíduo, conforme a Tabela 04.

TABELA 04 - CRITÉRIOS DE ESCOLHA DAS OPÇÕES DE PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO

OPÇÃO DE PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO	CRITÉRIOS				
	1	2	3	4	5
potencial de redução de resíduo	baixo	-	moderado	-	alto
custo do investimento inicial	> \$100	-	\$50	-	< \$10
período de retorno	> 1 ano	-	6 meses	-	1 mês
saúde/segurança do trabalhador	significativo	-	algum	-	sem impacto
impacto sobre a produção	significativo	-	algum	-	não
efeito sobre a qualidade do produto	significativo	-	algum	-	não
complexidade do processo	complexo	-	moderado	-	simples
interrupção da produção	< 1 mês	-	< 1 semana	-	< 1 dia
exigência de espaço físico	significativo	-	algum	-	mínimo

FONTE: DEREK (1994), citado por SCHILLING et al.(1999).

ÁVILA FILHO et al. (1999) realizou um trabalho de implantação de rotinas limpas nas operações da indústria química, aplicando uma metodologia com as seguintes etapas: identificação e avaliação de rotinas, análise de risco e desenvolvimento do plano de ação.

As rotinas operacionais foram identificadas e classificadas conforme o seu impacto ambiental, segundo à opinião dos operadores, pela aplicação de questionário envolvendo os seguintes aspectos:

- nível de impacto das rotinas no meio ambiente: os seguintes valores foram atribuídos: (0,5) baixo impacto, (8,0) médio impacto e (30,0) alto impacto;
- áreas de maior probabilidade de ocorrência das rotinas operacionais: classificadas pelos valores: (1,0) baixa probabilidade, (2,0) média probabilidade e (3,0) alta probabilidade;
- identificação do turno no qual ocorrem as rotinas impactantes, por área;
- local iniciador do evento: painel (quadro de comando) ou campo.

A partir da pontuação obtida os cenários críticos identificados são avaliados segundo: equipamento/tecnologia envolvido, nível de conhecimento da equipe, procedimentos executados na prática, diretrizes gerenciais, atividades de manutenção, disposição final. Posteriormente, realizou-se uma análise de risco baseada na técnica de otimização ambiental de processos *ENVOP* (*Environmental optimisation*) que se desenvolve a partir da identificação de ações iniciadoras de risco (desvio de operação) procurando soluções para reduzir o efluente na fonte e não no final do processo. Por último, foram preparadas recomendações para compor um programa de ação (ÁVILA FILHO et al., 1999).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL

O sistema real ou estudo de caso apresentado nesta dissertação corresponde a uma indústria de alimentos da região metropolitana de Curitiba, e os valores médios foram obtidos no levantamento realizado no período de julho de 1999 a dezembro de 2000.

Avaliaram-se as seguintes unidades de produção:

- envase asséptico (linha de processamento 1): produtos líquidos prontos para o consumo (refrescos e achocolatados esterilizados); geração de utilidades para consumo desta linha (água de resfriamento, água gelada);
- secagem para obtenção de farinhas pré-gelatinizadas à base de farinhas de cereais; secagem de polpa de tomate (linha de processamento 2);
- embalagem dos produtos provenientes da linha de processamento 2 e elaboração de produtos em pó (refrescos, achocolatados, etc.) (linha de processamento 3).

#### 3.2 MÉTODOS

Este trabalho foi dividido em três partes: na primeira, realizou-se o **levantamento de dados**, a qual dedicou-se ao conhecimento do processo de geração de resíduos nas linhas de processamento pertinentes, mediante estudo dos fluxogramas dos processos de produção industrial e identificação dos resíduos (quantificação e caracterização). Na segunda, utilizaram-se os dados obtidos na primeira etapa para realização da **priorização dos resíduos** identificados com o emprego de um modelo matemático; na terceira, desenvolveu-se o **estudo das estratégias minimizadoras dos resíduos prioritários** na própria fonte.

### 3.2.1 LEVANTAMENTO DO PROCESSO INDUSTRIAL

Primeiramente efetuou-se contato telefônico com a indústria alimentícia no qual agendou-se entrevista com os diretores e gerentes da empresa para apresentação da proposta de trabalho e esclarecimento sobre o tema. Com a aprovação da indústria iniciou-se o levantamento de dados.

Nessa etapa buscou-se reunir o máximo de informações quanto à tecnologia, equipamentos, processamento, matérias-primas, produtos e insumos (produtos auxiliares, água, etc.) para caracterização das unidades produtivas.

As etapas do levantamento de dados foram as seguintes:

#### a) Caracterização das unidades produtivas

Com base nas considerações propostas em CETESB (1997) verificaram-se as características operacionais de cada unidade produtiva, levantando-se:

- descrição do processo;
- calendário de produção: período de trabalho, meses de produção/ano, dias operacionais, período de paradas/férias;
- lista de equipamentos;
- diagramas de fluxo do processo.

Obtiveram-se informações em diversas fontes, tais como operadores, equipes de manutenção e supervisores o que permitiu uma visão maior e mais detalhada da geração de resíduos. De acordo com CETESB (1998), as peculiaridades sobre os processos produtivos são melhores observadas por aqueles que estão em contato diário com os procedimentos operacionais.

Os equipamentos foram relacionados separadamente por setor produtivo fornecendo o nome e a descrição/finalidade destes (CETESB, 1997).

Elaboraram-se fluxogramas de processo, identificando todas as etapas de produção. Observaram-se as condições reais das unidades industriais. O propósito do fluxograma foi identificar os pontos de geração de resíduos para posterior quantificação. Verificaram-se as condições reais da planta industrial para certificar-se que as etapas listadas no diagrama descreveram a realidade do processamento.



#### b) Identificação dos resíduos gerados

Com a inspeção de resíduos identificaram-se os tipos e quantidades de resíduos gerados em diferentes pontos de cada unidade de processamento para posterior identificação de opções de minimização (CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI 1995).

De acordo com FURTADO et al. (1998), é fundamental estabelecer limites na indústria para identificar e quantificar os resíduos, por isso, a indústria foi delimitada em linhas de produção individuais.

Como cada linha de processamento da indústria emprega diferentes operações unitárias e produzem diferentes tipos de resíduos, foi necessário identificar a geração de resíduos em cada área específica. Este estudo fundamentou-se no fluxograma do processo industrial.

Realizou-se verificação visual em todas as áreas de processamento da fábrica, obtendo-se uma estimativa visual da quantidade dos resíduos sólidos e o volume dos efluentes líquidos gerados em cada área de processamento.

#### c) Classificação dos resíduos

A categoria de composição de cada resíduo da indústria foi estabelecida conforme o Quadro 5 apresentado anteriormente na revisão bibliográfica.

Os resíduos foram classificados de acordo com a periculosidade segundo a NBR 10 004 (Norma Técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas) em: classe 1 - perigoso, classe 2 - não-inerte, classe 3 - inerte. Embora tal norma seja específica para resíduo sólido, ela foi utilizada para qualquer tipo de resíduo (sólido, líquido ou gasoso) (CERCAL, 1999).

Definiu-se a natureza física: sólido, líquido ou gasoso.

#### d) Sistemas de gerenciamento

Observou-se o tipo de tratamento e disposição de cada resíduo gerado pela empresa.

#### e) Custos dos resíduos

Para o levantamento dos custos dos resíduos, consideraram-se os custos de matérias-primas, utilidades, produtos, operação e manutenção, tratamento e disposição dos resíduos.

Os custos foram levantados de acordo com as exigências do modelo de priorização adotado.

#### f) Quantificação dos resíduos

O programa de quantificação dos resíduos foi efetuado por amostragem ou balanço de massa, dependendo das características das fontes geradoras.

Cada tipo de resíduo de cada fonte geradora foi quantificado por peso ou volume mediante o plano de coleta de dados específico que foi estabelecido baseado nas considerações de *EPA* (1988), FURTADO et al. (1998) e SCHILLING & HANDA (1998).

FURTADO et al. (1998) recomendaram que a periodicidade da coleta de dados deve permitir a medição de cada ciclo completo de produção, repetindo três ciclos seguidos e posteriormente extrapolados para valores mensais e anuais quando se tratar de ciclos curtos (por exemplo, uma semana). Destacaram que os dados de saída devem ser coletados ao mesmo tempo ou antes dos dados de entrada.

SCHILLING & HANDA (1998) mencionaram que a ABNT - NBR 10 007 (amostragem de resíduos - procedimento) recomenda que o número de amostras seja igual ou maior que quatro e que os resíduos sejam amostrados logo após a geração.

De acordo com *EPA* (1988), determinada operação deve ser monitorada em diferentes ocasiões durante o turno e, se necessário, durante todos os turnos, especialmente quando a geração do resíduo é altamente dependente do envolvimento humano (por exemplo as operações de limpeza). As boas práticas operacionais também devem ser observadas.

Os valores levantados foram registrados diariamente em fichas e posteriormente sistematizados em forma de tabelas e extrapolados para valores

anuais. Isto foi feito pela multiplicação do peso ou volume total/dia, turno ou procedimento pelo multiplicador apropriado.

Ressalta-se que para quantificar cada resíduo, definiu-se um plano de coleta de informações específico considerando as características da unidade produtiva e o modo de geração do mesmo.

Para os valores médios obtidos no levantamento calculou-se o coeficiente de variação avaliando a dispersão de cada valor unitário em torno da média.

### **3.2.2 PRIORIZAÇÃO DE RESÍDUOS**

Priorizaram-se os resíduos com emprego do modelo matemático de seleção de prioridades de minimização de resíduos industriais proposto por CERCAL (1999).

O modelo matemático prioriza os resíduos por três tipos de análise: do valor global do resíduo, do risco global e da facilidade de minimização.

Na análise do valor considera-se o aspecto econômico incluindo o aspecto ambiental e técnico.

Os riscos gerais que a geração de resíduos representa para a imagem da empresa, saúde dos seus trabalhadores, reclamações de moradores vizinhos e comunidades adjacentes ou penalidades aplicáveis por órgãos públicos, que já tenham ocorrido, ou possam vir a ocorrer e a classificação do resíduo de acordo com o seu grau de periculosidade são considerados na análise por risco.

A facilidade de minimização considera a maior ou menor disponibilidade de recursos humanos (mão-de-obra), técnicos (tecnologia disponível) e financeiros para atingir a minimização de resíduos; envolve os aspectos de parada, modificação ou necessidade de implantação de novos equipamentos, processos.

#### **3.2.2.1 Análise por valor**

Para efetuar a análise do resíduo por valor, o modelo considera:

- as quantidades do resíduo gerado;
- os locais e as situações em que ocorre o resíduo;

- o valor dos materiais (substâncias) presentes no resíduo e o grau de alteração (admitido para o cálculo) que pode sofrer o valor de cada material presente no resíduo quando são considerados os aspectos ambientais;
- custos globais do gerenciamento do resíduo;
- destinações finais do resíduo.

A análise do resíduo por valor representa a análise econômica, sendo que o valor unitário do resíduo é corrigido considerando-se os aspectos ambientais e técnicos.

O **aspecto ambiental** é representado pela variável IPHMR (índice de priorização hierárquica de minimização de resíduos) que é o resultado do produto de duas variáveis: alteração percentual admitida para o valor substancial do resíduo e a base do IPHMR.

- Alteração percentual admitida para o valor substancial do resíduo ( $\Delta S\%$ )

Esta variável do modelo representa a valoração do resíduo ponderada entre os equipamentos e produtos onde é gerado em função da sua composição mássica percentual específica e o valor dos materiais que o compõem. Para cada material é selecionado o nível de alteração percentual admitido para o valor de cada material considerando o aspecto ambiental. O valor mínimo de  $\Delta S\%$  é 0,5 (50%) podendo chegar até 3,0 (300%) sendo determinado pelo calculista. Esta alteração deve ser maior quanto menor for o valor unitário do material considerado.

- Base do IPHMR ( $\xi_B$ )

É a constante que representa a posição da classe de destinação a que é submetido o resíduo originado em determinado equipamento e determinado produto dentro da hierarquia de prioridades de minimização de resíduos.

$\xi_{Bh}$  varia de (- 1,8) a (+ 1) conforme as características das classes de destinação a que é submetido o resíduo (Tabela 06).

Os **aspectos técnicos** consideram:

- a relação do resíduo com o processo (resíduos intrínsecos, semi-intrínsecos ou extrínsecos).

- constância das quantidades e composição do resíduo (resíduos fixos, semi-fixos ou variáveis).

Os parâmetros matemáticos da análise por valor estão relacionados na Tabela 05.

TABELA 05 - PARÂMETROS MATEMÁTICOS DA ANÁLISE POR VALOR

ASPECTO AMBIENTAL		ASPECTO TÉCNICO			
$\Delta\%_i$		Relação com o Processo ( $\Omega$ )		Constância ( $K_{jk}$ )	
		intrínseco	0,8	fixo	1,1
máximo	300	semi-intrínseco	1,0	semi-fixo	1,0
mínimo	50	extrínseco	1,2	variável	0,9

$\Delta\%_i$ : Alteração percentual admissível para o valor unitário do resíduo.

FONTE: CERCAL, 1999.

### ***Destinação final do resíduo***

O modelo propõe 25 classes de destinação de resíduos (Quadro 06) conforme a natureza e a localidade do destino final, os beneficiamentos submetidos antes da destinação e a função dos resíduos (significa a utilização do material, ex: matéria-prima, combustível, sub-produto, etc.).

O modelo considera destinação final do resíduo o conjunto de procedimentos executados sobre o mesmo desde o seu surgimento até seu desaparecimento ou disposição final (CERCAL, 1999).

QUADRO 06 - CARACTERÍSTICAS DAS CLASSES DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS

LETRA	ALGARISMO	CARACTERÍSTICAS
	1	reutilização direta do resíduo em sua função original
	2	reutilização direta do resíduo em função diferente da original
	3	reutilização do resíduo após beneficiamento em sua função original
	4	reutilização do resíduo após beneficiamento em função diferente da original
	5	disposição final adequada
	6	disposição final inadequada
	7	resíduo sem destinação definida
A		na fonte
B		em outro equipamento na mesma unidade produtiva
C		em outra unidade produtiva na mesma fábrica
D		em outra fábrica
E		em outra fábrica, porém com beneficiamento na unidade fabril onde o resíduo foi gerado

A letra indica a localidade do destino final e o algarismo está relacionado com os beneficiamentos que os resíduos passam ou não antes de serem destinados; o número indica a natureza da destinação final do resíduos e as funções que o resíduo terá após a sua destinação.

FONTE: CERCAL, 1999.

É necessário enquadrar a destinação final do resíduo nas classes propostas pelo modelo matemático (QUADRO 07).

QUADRO 07 - DESCRIÇÃO DAS CLASSES DE DESTINAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DA CLASSE	DESCRIÇÃO DA CLASSE
1-A	reutilização direta e imediata do resíduo na fonte, com as substâncias presentes no mesmo sendo utilizadas com sua função original
1-B	reutilização direta do resíduo, porém não imediata, na fonte ou em outro equipamento da mesma unidade de processamento, que não aquele onde o resíduo é gerado, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com sua função original
1-C	reutilização direta do resíduo na mesma fábrica, em outra unidade de processamento, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com sua função original
1-D	reutilização direta do resíduo em outra fábrica, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com sua função original
2-A	reutilização direta e imediata do resíduo na fonte, com as substâncias presentes no mesmo sendo utilizadas com função diferente da original
2-B	reutilização direta, porém não imediata, do resíduo na fonte ou em outro equipamento da mesma unidade de processamento, que não aquele onde o resíduo é gerado, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com função diferente da original
2-C	reutilização direta do resíduo na mesma fábrica, em outra unidade de processamento, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com função diferente da original
2-D	reutilização direta do resíduo em outra fábrica, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com função diferente da original
3-A	reutilização imediata do resíduo na fonte, após beneficiamento, com as substâncias presentes no mesmo sendo utilizadas com sua função original
3-B	reutilização não imediata do resíduo na fonte, ou em outro equipamento da mesma unidade de processamento, que não aquele onde o resíduo é gerado, após beneficiamento, e com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com sua função original
3-C	reutilização do resíduo, após beneficiamento, na mesma fábrica, em outra unidade de processamento, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com sua função original
3-D	reutilização do resíduo em outra fábrica após beneficiamento externo, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com sua função original
3-E	reutilização do resíduo em outra fábrica, após beneficiamento interno, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com sua função original
4-A	reutilização imediata do resíduo na fonte, após beneficiamento, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com função diferente da original
4-B	reutilização do resíduo na fonte, ou em outro equipamento da mesma unidade de processamento, que não aquele onde o resíduo é gerado, após beneficiamento, e com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com função diferente da original
4-C	reutilização do resíduo, após beneficiamento, na mesma fábrica, em outra unidade de processamento, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com função diferente da original
4-D	reutilização do resíduo em outra fábrica, após beneficiamento externo, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com função diferente da original
4-E	reutilização do resíduo em outra fábrica, após beneficiamento interno, com as substâncias presentes neste resíduo sendo utilizadas com função diferente da original
5-A	disposição final adequada do resíduo com responsabilidade de terceiros
5-B	disposição final adequada do resíduo (local) com responsabilidade da empresa
5-C	disposição final adequada do resíduo (em outro local) com responsabilidade da própria empresa
6-A	disposição final inadequada do resíduo com responsabilidade de terceiros
6-B	disposição final inadequada do resíduo (local) com responsabilidade da empresa
6-C	disposição final inadequada do resíduo (em outro local), com responsabilidade da própria empresa
7	resíduo com disposição indefinida e/ou não monitorado (composição e/ou quantidade, etc., desconhecidos)

FONTE: CERCAL, 1999.

De acordo com a destinação, verificam-se os parâmetros matemáticos que serão utilizados na resolução das equações (Tabela 06).

TABELA 06 - PARÂMETROS MATEMÁTICOS DAS CLASSES DE DESTINAÇÃO

CLASSE	$D^{S/N}_{\$+}$	$D^{S/N}_{\$B}$	$D^{S/N}_{\$T}$	$D^{S/N}_{\$TD}$	$D^{S/N}_{\$GP}$	$D^{S/N}_{\$R}$	$\xi_{Bh}$
1-A	1	0	0	0	0	0	+1,00
1-B	1	0	0	0	1	0	+0,97
1-C	0	0	0	0	1	1	+0,95
1-D	0	0	0/1	0	1	1	+0,92
2-A	0	0	0	0	0	1	+0,90
2-B	0	0	0	0	1	1	+0,87
2-C	0	0	0	0	1	1	+0,85
2-D	0	0	0/1	0	1	1	+0,82
3-A	1	1	0	0	0	0	+0,80
3-B	1	1	0	0	1	0	+0,77
3-C	1	1	0	0	1	0	+0,75
3-D	0	0/1	0	0	1	1	+0,72
3-E	0	1	1	0	1	1	+0,60
4-A	0	1	0	0	1	1	+0,50
4-B	0	1	0	0	1	1	+0,45
4-C	0	1	0	0	1	1	+0,40
4-D	0	0	0/1	0	1	1	+0,20
4-E	0	1	0/1	0	1	1	ZERO
5-A	0	0	1	1	1	0	-0,20
5-B	0	0	0	1	1	0	-0,40
5-C	0	0	1	1	1	0	-0,60
6-A	0	0	1	1	1	0	-1,00
6-B	0	0	0	1	1	0	-1,20
6-C	0	0	1	1	1	0	-1,40
7	0	0	0	0	1	0	-1,80

Obs.: Os valores (um) e (zero) indicam respectivamente, se o custo deve ou não ser considerado no cálculo do valor não corrigido do resíduo, para a classe do resíduo.

FONTE: CERCAL, 1999.

#### VARIÁVEIS MATEMÁTICAS DA ANÁLISE POR VALOR

p	Número de produtos analisados simultaneamente
e	Número de equipamentos onde o resíduo é gerado
m	Número de materiais que compõem o resíduo
d	Número de destinações finais dadas ao resíduo
$\$^+_i$	Valor unitário do material genérico "i"
$\Delta\%_i$	Alteração percentual admissível para o valor do material genérico "i"
$\Omega$	Relação do resíduo com o processo
$W_k$	Percentual do total do resíduo gerado para o produto genérico "k"
$W_{Total}$	Quantidade total do resíduo
$\$^+$	Valor unitário do resíduo, ponderado entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.
$\Delta\%$	Alteração percentual admissível para o valor unitário do resíduo, ponderada entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise

$X_{ijk}$	Percentual do material genérico "i" na composição do resíduo gerado no equipamento genérico "j", para o produto genérico "k"
$K_{jk}$	Fator de constância do resíduo gerado no equipamento genérico "j", para o produto genérico "k"
$Z_{jk}$	Percentual do total do resíduo que é gerado no equipamento genérico "j", para o produto genérico "k"
$k$	Constância do resíduo ponderada entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, para todos os produtos considerados para análise
$Y_{hjk}$	Percentual do total de resíduo gerado no equipamento genérico "j", para o produto genérico "k", que sofre a destinação genérica "h"
$\$^{-}_B$	Custo unitário de beneficiamento do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise
$\$^{-}_{Bhjk}$	Custo unitário de beneficiamento do resíduo gerado no equipamento genérico "j", para o produto genérico "k", que sofre a destinação genérica "h"
$\$^{-}_{Thjk}$	Custo unitário de transporte do resíduo gerado no equipamento genérico "j", para o produto genérico "k", que sofre a destinação genérica "h"
$\$^{-}_{TDhjk}$	Custo unitário de tratamento e disposição do resíduo gerado no equipamento genérico "j", para o produto genérico "k", que sofre a destinação genérica "h"
$\$^{-}_{GPhjk}$	Custo unitário de geração e permanência do resíduo proveniente do equipamento genérico "j", para o produto genérico "k", que sofre a destinação genérica "h"
$\$^{+}_{Rhjk}$	Retorno obtido por destinar o resíduo gerado no equipamento genérico "j", para o produto genérico "k", à destinação genérica "h"
$\$^{-}_T$	Custo unitário de transporte do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise
$\$^{-}_{TD}$	Custo unitário de tratamento e disposição do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise
$\$^{-}_{GP}$	Custo unitário de geração e permanência do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise
$\$^{+}_R$	Retorno obtido ponderado conforme as destinações do resíduo, entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise
$D^{S/N}_{\$^{+}}$	Calcula $\$^{+}$ ?
$D^{S/N}_{\$^{-}_B}$	Calcula $\$^{-}_B$ ?
$D^{S/N}_{\$^{-}_T}$	Calcula $\$^{-}_T$ ?
$D^{S/N}_{\$^{-}_{TD}}$	Calcula $\$^{-}_{TD}$ ?
$D^{S/N}_{\$^{-}_{GP}}$	Calcula $\$^{-}_{GP}$ ?
$D^{S/N}_{\$^{+}_R}$	Calcula $\$^{+}_R$ ?
$\xi$	Índice de priorização hierárquica de minimização de resíduos (IPHMR)
$\xi_B$	Base do IPHMR, ponderada entre todos os equipamentos onde o resíduo é gerado e para todos os produtos considerados para análise
$\xi_{Bh}$	Base do IPHMR da classe a que pertence a destinação genérica "h"
$\delta^{+}$	Fator de correção para valores positivos do resíduo
$\delta^{-}$	Fator de correção para valores negativos do resíduo
$\$^{*}$	Valor unitário do resíduo não corrigido
$\$$	Valor unitário do resíduo corrigido
$\$^{Total}$	Valor total do resíduo corrigido



## EQUAÇÕES DA ANÁLISE POR VALOR

Eq. 01 - Valor unitário do resíduo, ponderado entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise

$$\$_{+} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d \left( \sum_{i=1}^m Y_{hjk} \cdot D_{\$_{+}}^{S/N}{}_{hjk} \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^m \$_{+}^i \cdot X_{ijk} \right) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$$

Eq. 02 - Alteração percentual admissível para o valor unitário do resíduo, ponderada entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise

$$\Delta\$_{\%} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{i=1}^m \left( \Delta\$_{\%}^i \cdot X_{ijk} \right) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$$

Eq. 03 - Custo unitário de beneficiamento do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise

$$\$_{B}^{-} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d \left( Y_{hjk} \cdot D_{\$_{B}^{-}}^{S/N}{}_{hjk} \cdot \$_{Bhjk}^{-} \right) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$$

Eq. 04 - Custo unitário de transporte do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise

$$\$_{T}^{-} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d \left( Y_{hjk} \cdot D_{\$_{T}^{-}}^{S/N}{}_{hjk} \cdot \$_{Thjk}^{-} \right) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$$

Eq. 05 - Custo unitário de tratamento e disposição do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise

$$\$_{TD}^{-} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d \left( Y_{hjk} \cdot D_{\$_{TD}^{-}}^{S/N}{}_{hjk} \cdot \$_{TDhjk}^{-} \right) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$$

Eq. 06 - Custo unitário de geração e permanência do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise

$$\$_{GP}^{-} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d \left( Y_{hjk} \cdot D_{\$_{GP}^{-}}^{S/N}{}_{hjk} \cdot \$_{GPhjk}^{-} \right) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$$

Eq. 07 - Retorno ponderado obtido conforme as destinações do resíduo, entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise

$$\$_{R}^{+} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d \left( Y_{hjk} \cdot D_{\$_{R}^{+}}^{S/N}{}_{hjk} \cdot \$_{Rhjk}^{+} \right) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$$

Eq. 08 - Base do IPHMR, ponderada entre todos os equipamentos onde o resíduo é gerado e para todos os produtos considerados para análise

$$\xi_B = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d \xi_{Bjh} \cdot Y_{hjk} \cdot Z_{jk} \cdot W_k$$

Eq. 09 - Índice de priorização hierárquica de minimização de resíduos (IPHMR)

$$\xi = \xi_B \cdot \Delta\%$$

Eq. 10 - Valor unitário do resíduo não corrigido

$$\$' = \$^+ - \$^-_B - \$^-_T - \$^-_{TD} - \$^-_{GP} + \$^+_R$$

Eq. 11 - Constância do resíduo ponderada entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise

$$K = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e K_{jk} \cdot Z_{jk} \cdot W_k$$

Eq. 12 - Relação do resíduo com o processo

$$\Omega = \text{constante}$$

O valor unitário do resíduo é corrigido com a utilização dos fatores  $\delta^+$  e  $\delta^-$ , para o resíduo que apresenta lucro (valor  $\$'$  positivo) ou prejuízo (valor  $\$'$  negativo), respectivamente.

Eq. 13 - Fator de correção para valor positivo do resíduo

$$\delta^+ = (1 + \xi) / (K \cdot \Omega) \quad // \quad \xi \neq (-1)$$

Eq. 14 - Fator de correção para valor negativo do resíduo

$$\delta^- = (1 - \xi) \cdot (K \cdot \Omega) \quad // \quad \xi \neq (+1)$$

Eq. 15 - Valor unitário do resíduo corrigido

$$\begin{aligned} \text{Se } \$' > 0 &\Leftrightarrow \$ = \$' \cdot \delta^+ \\ \text{Se } \$' < 0 &\Leftrightarrow \$ = \$' \cdot \delta^- \\ \text{Se } \$' = 0 &\Leftrightarrow \$ = 0 \end{aligned}$$

Eq. 16 - Valor total do resíduo corrigido

$$\$_{\text{Total}} = W_{\text{Total}} \cdot \$$$

As equações 01, 02, 03, 04, 05, 06 e 07 realizam a ponderação das propriedades do resíduo relacionadas às suas composições e destinações para todos os produtos e equipamentos.

O Índice de Priorização de Minimização de Resíduos (IPHMR), calculado pelas equações 08 e 09, encerra aspectos relativos às destinações (base do IPHMR) e às composições (alteração admitida para o valor dos materiais) do resíduo.

Nas equações 13 e 14 o produto  $(K.\Omega)$  é um fator de correção que incorpora a viabilidade técnica da minimização do resíduo na sua análise por valor.

A viabilidade técnica é favorável para  $(K.\Omega) > 1$  e desfavorável para  $0 < (K.\Omega) < 1$ .

### 3.2.2.2 Análise por riscos

Consiste em responder as perguntas (Quadro 08) para cada geração de resíduo em cada equipamento considerado.

QUADRO 08 - QUESTÕES SOBRE A GERAÇÃO DE RESÍDUO PARA ANÁLISE POR RISCOS

PERGUNTAS	RESPOSTAS
1) existem dados reais os estimados referentes às quantidades de geração e/ou composição do resíduo e às destinações a que é submetido?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sim</li> <li>▪ não</li> </ul>
2) qual a relação do resíduo com a ocorrência de danos à saúde humana?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ já ocorreu</li> <li>▪ em potencial</li> <li>▪ isento</li> </ul>
3) qual a relação do resíduo com a ocorrência de reclamações de moradores vizinhos?	
4) qual a relação do resíduo com a ocorrência de penalidades aplicadas (ou aplicáveis) por instituições públicas?	

FONTE: CERCAL, 1999.

Um determinado resíduo oriundo de um processo produtivo submetido à análise por risco, havendo pelo menos uma resposta NÃO (para pergunta 1) e JÁ OCORREU (para as perguntas 2, 3 e 4), o resíduo é classificado como **essencialmente prioritário**.

Para o resíduo **não essencialmente prioritário** faz-se uma média ponderada entre o risco do resíduo em cada equipamento e para cada produto considerado observando os pesos da Tabela 07.

TABELA 07 - PESOS DOS RESÍDUOS NÃO ESSENCIALMENTE PRIORITÁRIOS

PERGUNTAS	RESPOSTAS	PESOS (Q <sub>jk</sub> )
todas penalidades aplicadas (ou aplicáveis) por instituições públicas?	▪ isento	0
	▪ em potencial	1
reclamações de moradores vizinhos?	▪ em potencial	2
danos à saúde humana?	▪ em potencial	4

FONTE: CERCAL, 1999.

**VARIÁVEIS MATEMÁTICAS DA ANÁLISE POR RISCO**

p	número de produtos analisados simultaneamente
e	número de equipamentos onde o resíduo é gerado
Π	classificação do resíduo conforme a periculosidade
W <sub>Total</sub>	quantidade total do resíduo
Z <sub>jk</sub>	percentual do total do resíduo que é gerado no equipamento genérico "j", para o produto genérico "k"
W <sub>k</sub>	percentual do total do resíduo gerado para o produto genérico "k"
q	número de perguntas para análise por riscos cuja resposta é "Em potencial"
Q <sub>jk</sub>	peso da pergunta da análise por riscos no equipamento genérico "j", para o produto genérico "k"
R	risco global do resíduo

**EQUAÇÃO DA ANÁLISE POR RISCOS**

Eq. 17 - Análise por riscos

$$R = \left( \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{q=1}^q Q_{jk} \cdot Z_{jk} \cdot W_k \right) \div \Pi$$

São utilizados os parâmetros matemáticos da Tabela 08.

TABELA 08 - PARÂMETROS MATEMÁTICOS DA ANÁLISE POR RISCOS

CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO	Π	PERGUNTAS COM RESPOSTAS "EM POTENCIAL"	Q <sub>jk</sub>
classe I (Perigoso)	1	existem dados?	---
classe II (Não - inerte)	2	danos à saúde?	4
classe III (Inerte)	3	reclamações de vizinhos?	2
		penalidades?	1

FONTE: CERCAL, 1999.

### 3.2.2.3 Análise por facilidade de minimização

Para executar a análise do resíduo por facilidade de minimização são considerados os pesos de ponderação correspondentes a cada uma das questões cuja resposta é SIM (Tabela 09) obtendo o somatório destes pesos ( $\Sigma F_{jk}$ ) e o custo de minimização que deve ser escolhido dentre as quatro possibilidades apresentadas na Tabela 10. Os valores de ( $\Sigma F_{jk}$ ) e ( $CM_{jk}$ ) são utilizados nas equações 18 ou 19.

**TABELA 09 - QUESTÕES PARA A ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO E OS PARÂMETROS MATEMÁTICOS**

PESO ( $F_{jk}$ )	QUESTÕES	RESPOSTAS
1	parar equipamento?	
2	parar processo?	
3	parar unidade?	
2	modificar equipamento?	
4	modificar processo?	▪ sim
6	modificar unidade?	
4	implantar equipamento?	
8	implantar processo?	▪ não
12	implantar unidade?	
- 10,1	tecnologia disponível?	
- 7,1	mão de obra disponível?	
- 15,1	recursos disponíveis?	

FONTE: CERCAL, 1999.

**TABELA 10 - PARÂMETROS MATEMÁTICOS DE CUSTO PARA MINIMIZAÇÃO**

CUSTO PARA MINIMIZAÇÃO	PESOS ( $CM_{jk}$ )
muito Alto	4
alto	3
baixo	2
muito Baixo	1

FONTE: CERCAL, 1999.

#### **VARIÁVEIS MATEMÁTICAS DA ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO**

p	número de produtos analisados simultaneamente
e	número de equipamentos onde o resíduo é gerado
$Z_{jk}$	percentual do total do resíduo que é gerado no equipamento genérico "j", para o produto genérico "k"
$W_k$	percentual do total do resíduo gerado para o produto genérico "k"
f	número de perguntas da análise por facilidade de minimização
$F_{jk}$	peso da pergunta da análise por facilidade de minimização do resíduo no equipamento genérico "j", para o produto genérico "k"
$CM_{jk}$	custo para minimizar a geração do resíduo proveniente do equipamento genérico "j", para o produto genérico "k"
F	facilidade de minimização global do resíduo

### EQUAÇÕES DA ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO

Para cada resíduo utiliza-se a equação 18 ou 19 dependendo do  $\sum F_{jk}$  determinado.

Eq. 18 - Facilidade de minimização

$$F = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e (\sum_{f=1}^f F_{jk} \cdot CM_{jk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k \quad \text{se } \sum F_{jk} > 0$$

Eq. 19 - Facilidade de minimização

$$F = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e (\sum_{f=1}^f F_{jk} \div CM_{jk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k \quad \text{se } \sum F_{jk} < 0$$

A soma dos pesos das perguntas da análise cuja resposta é SIM é multiplicada ou dividida pelo índice de custo de minimização (conforme seja positiva ou negativa, respectivamente).

O peso da variável custo de minimização é maior para o custo mais alto, ou seja, desfavorável. Se o somatório das perguntas é positivo (desfavorável), multiplica-se pelo custo para obter resultado mais desfavorável; e quando o somatório das perguntas é negativo (favorável) divide-se pelo custo para obter resultado menos favorável, caso o custo seja importante (alto).

Quanto menor for o valor da Facilidade global de minimização do resíduo mais fácil será para minimizá-lo porque as perguntas cuja resposta SIM representam aspecto favorável à minimização e têm peso negativo (CERCAL, 1999).

### 3.2.3 ESTRATÉGIAS DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

Para os resíduos prioritários levantaram-se estratégias de minimização disponíveis na literatura e compilaram-se as técnicas de minimização que quando implantadas podem possibilitar a redução dos resíduos gerados no estudo de caso.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 LEVANTAMENTO DO PROCESSO INDUSTRIAL**

Do estudo de caso, apresentam-se observações gerais, processo produtivo e os resíduos gerados por setor.

Obtiveram-se informações de fontes, como operadores, equipes de manutenção, técnicos de operação e seus chefes imediatos mediante entrevistas que permitiu uma visão detalhada da geração de resíduos. Também analisaram-se documentos como relatórios e apontamentos de produção.

Neste trabalho considerou-se o processo produtivo como a principal fonte geradora de resíduos. Não foram considerados os resíduos/efluentes gerados nos requerimentos sanitários, lavanderia, refeitórios e os fluxos de escritório e laboratórios.

#### **4.1.1 IDENTIFICAÇÃO DAS UNIDADES PRODUTIVAS**

A seguir são apresentados os dados obtidos na etapa de levantamento de dados que foi realizado em três unidades produtivas. Os resultados são informações pertinentes aos processos produtivos da indústria em questão. Estas informações são apresentadas em sequência por unidade produtiva.

##### **4.1.1.1 Linha de processamento 1: Envase asséptico**

###### **a) Caracterização da unidade produtiva**

###### **▪ Descrição do processo**

O objetivo desta linha é processar produtos líquidos esterilizados (refrescos e achocolatados).

No setor de preparação, os ingredientes são pesados em sacos plásticos (contra-peso) e as embalagens cujo conteúdo total é usado são contadas de acordo com a formulação do produto. Os ingredientes em pó são adicionados no turbo-

misturador contínuo (pó-líquido) passando pela peneira vibratória acoplada no topo do funil, enquanto que os ingredientes líquidos são adicionados diretamente no topo do funil do misturador. A operação do processo é contínua e o transporte de produto é realizado por bombeamento. As embalagens de produto final são transportadas da máquina de envase para os equipamentos: tubex, shrink e encaixotadeira por esteira de rolagem.

- **Calendário de produção**

O período de trabalho desta unidade produtiva é de 17 horas/dia, isto é, dois turnos. Opera em todos os meses do ano, porém não há produção todos os dias do mês, variando conforme a necessidade de produto.

- **Lista de equipamentos**

Os equipamentos presentes na linha de processamento 1 são apresentados no Quadro 09.

**QUADRO 09 - EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1**

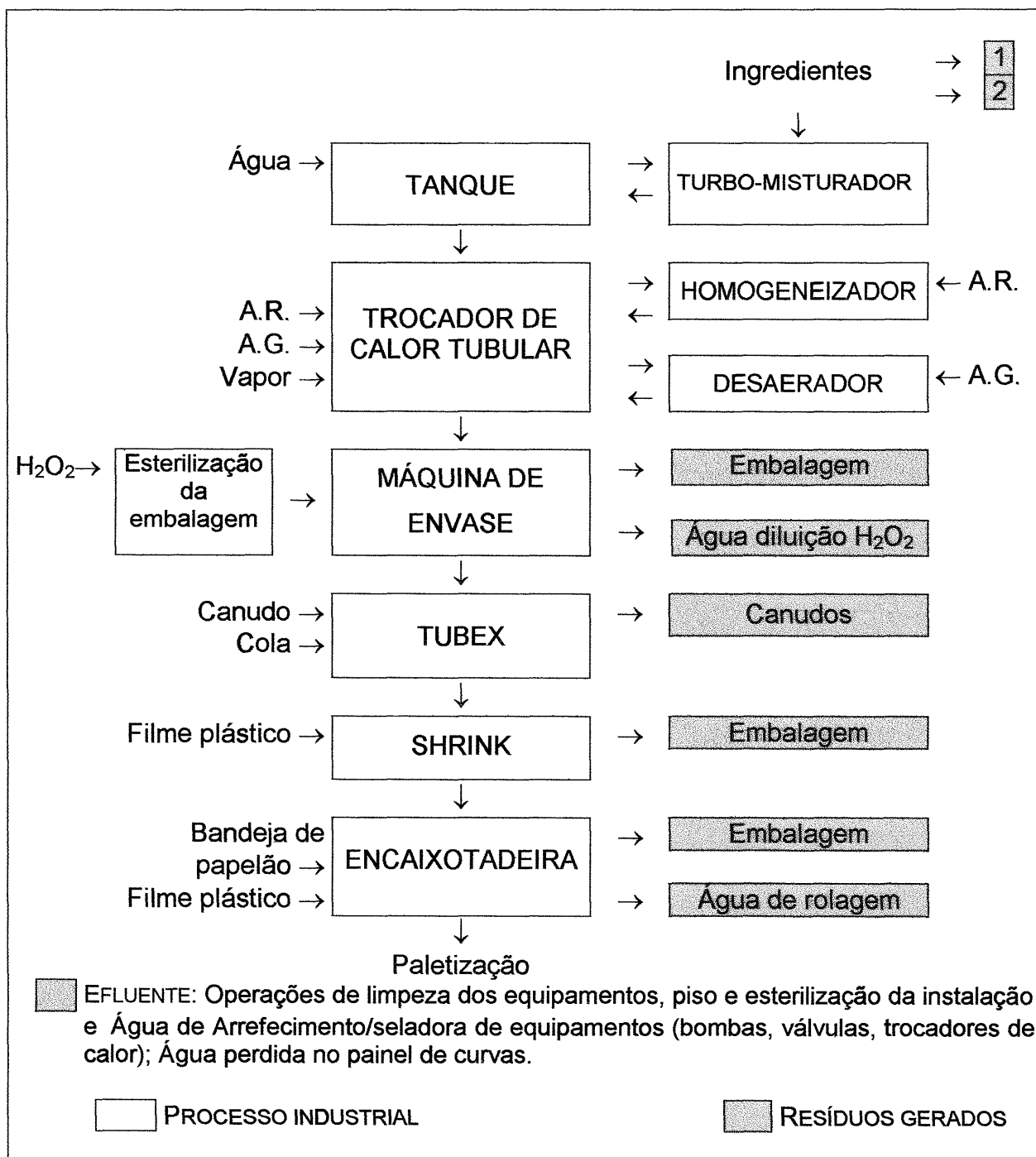
OPERAÇÃO	EQUIPAMENTO	FUNÇÃO
PREPARAÇÃO	balança eletrônica	pesar os ingredientes da formulação
	peneira vibratória	separar possíveis constituintes indesejáveis nos ingredientes em pó
	tanque com agitador	dosar a água usada e armazenar o produto enquanto aguarda a esterilização
	turbo-misturador contínuo (pó-líquido)	misturar a água da formulação contida no tanque aos demais ingredientes
ESTERILIZAÇÃO	trocador de calor de placas	pré-aquecer os ingredientes na elaboração de achocolatado
	trocador de calor tubular	o produto é aquecido à temperatura de esterilização e mantido nesta temperatura o tempo necessário para realizar o tratamento térmico. Posteriormente é resfriado à temperatura de envase (20° C)
	desaerador	retirar o ar dissolvido no produto (refresco) para evitar alterações
	homogeneizador	Desfazer os glóbulos de gordura no produto (achocolatado).
ENVASE	máquina de envase	envasar o produto assepticamente em embalagens cartonadas
EMBALAGEM SECUNDÁRIA	tubex/canuteira	aplicar canudos às embalagens
	shrink	fazer conjuntos de 3 unidades e envolvê-los com polietileno termoencolhível
	encaixotadeira	dispor os conjuntos de embalagens do produto final em bandejas de papelão que são envolvidas por polietileno termoencolhível



### ▪ Fluxograma

Na Figura 06 pode-se observar o fluxograma do processo em questão, insumos e resíduos gerados.

FIGURA 06 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ENVASE ASSÉPTICO E RESÍDUOS GERADOS



1: Embalagens dos ingredientes; 2: Resíduo orgânico.

A.R.: Água de resfriamento (procedente de Torre de Resfriamento); A.G.: Água gelada (proveniente do *Chiller*: resfriador de líquido com condensação de ar).

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: Peróxido de hidrogênio (líquido de esterilização, consiste de 35% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – cuja densidade é 1,21 g/cm<sup>3</sup>).

A água de rolagem contém lubrificante cuja densidade é 0,99-1,005 g/cm<sup>3</sup> (1,0 g/cm<sup>3</sup>).

Ressalta-se que no processamento de um dos produtos terceirizados, o produto é recebido formulado em caminhões isotérmicos portanto não há geração de resíduos de embalagens de ingredientes, resíduo orgânico em pó e efluente da lavagem do setor de preparação.

## b) Identificação e classificação dos resíduos

### b.1) Resíduos de embalagens

Os resíduos de embalagem da linha de processamento 1 surgem no preparo da formulação do produto, embalagem dos ingredientes e embalagens primária e secundária de produto (gerado eventualmente, quando ocorrem falhas operacionais que causam rompimento do filme de embalagem). O Quadro 10 mostra a caracterização destes resíduos.

**QUADRO 10 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1**

SETOR	TIPO	CATEGORIA	PERICULOSIDADE	DISPOSIÇÃO
PREPARAÇÃO	sacos papel kraft <sup>1</sup> sacos plásticos <sup>1</sup> sacos de polipropileno trançado tipo ráfia <sup>1</sup> caixas de papelão <sup>1</sup> bombonas plásticas de polietileno <sup>1</sup> barricas de papelão	papel plástico  plástico papel  plástico papel	classe 3 - inerte	venda
ENVASE	embalagem cartonada (Tetra pak) <sup>2</sup>	papel, plástico e alumínio	classe 3 - inerte	aterro sanitário
EMBALAGEM SECUNDÁRIA	filme plástico (Shrink) filme plástico (Encaixotadeira) bandeja de papelão (Encaixotadeira)	plástico  plástico  papel	classe 3 - inerte	venda
NATUREZA FÍSICA DESTES RESÍDUOS: Sólida.				

<sup>1</sup>: Embalagens dos ingredientes ; <sup>2</sup>: Embalagem de Produto Final

Obs.: Filme plástico: polietileno termoencolhível.

As embalagens de produtos químicos (hidróxido de sódio e ácido nítrico utilizados no CIP são retomadas na próxima compra reduzindo o custo de aquisição).

## b.2) Resíduo orgânico

Este resíduo em pó é gerado na preparação do produto quando as matérias-primas em pó são alimentadas manualmente na peneira vibratória acoplada ao misturador. As suas características estão descritas no Quadro 11.

QUADRO 11- CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO EM PÓ GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 1

SETOR	TIPO	NATUREZA	CATEGORIA	PERICULOSIDADE	DISPOSIÇÃO
PREPARAÇÃO	resíduo alimentício em pó	sólida	resíduo orgânico	classe 3 - inerte	doação

## b.3) Efluente

A origem, classificação e destino dos efluentes gerados nos setores no processo em questão são demonstrados no Quadro 12.

QUADRO 12 - CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 1

SETOR	ORIGEM	PERICULOSIDADE	DISPOSIÇÃO
PREPARAÇÃO	água de limpeza do setor (piso e equipamentos)	classe 3 - inerte	enviado para a ETE
ESTERILIZAÇÃO	água de lavagem do piso e equipamentos	classe 3 - inerte	enviado para a ETE
	água do painel das curvas de fluxo		
ENVASE	água de lavagem do piso e equipamentos	classe 3 - inerte	enviado para a ETE
	água de diluição do H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		
EMBALAGEM SECUNDÁRIA	água de rolagem das esteiras	classe 3 - inerte	enviado para a ETE
	água de lavagem do piso		
ESTERILIZAÇÃO E ENVASE	água de arrefecimento de equipamentos	classe 3 - inerte	enviado para a ETE
	água estéril a 145°C da esterilização do circuito do produto	classe 2 - não-Inerte	enviado para a ETE
HIGIENIZAÇÃO	água residuária da limpeza dos equipamentos	enxágüe: classe 3 - inerte	enviado para a ETE
		solução alcalina e ácida: classe 2 - não inerte	
NATUREZA DESTES EFLUENTES: Líquida.			

### c) Quantificação dos resíduos

#### c.1) Resíduo de Embalagem

##### ▪ Embalagem dos ingredientes

Estes resíduos foram pesados separadamente por tipo de material da embalagem para cada produto desta linha de processamento. Salienta-se que o total deste resíduo foi obtido relacionando a quantidade de embalagem dos ingredientes com a quantidade total de produto formulado no ano, uma vez que a quantidade do resíduo de embalagem está relacionada diretamente com a quantidade de cada ingrediente empregado na formulação e o total de cada produto formulado.

Na Tabela 11 são apresentadas as quantidades dos resíduos de embalagens dos ingredientes.

**TABELA 11 - QUANTIDADE DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM DE INGREDIENTES GERADOS NA LINHA DE PROCESSAMENTO 1**

TIPO DE EMBALAGEM	TOTAL ANUAL	REFRESCO			ACHOCOLATADO
		Sabor 1	Sabor 2	Sabor 3	
Plástico (kg)	627,8161	31,4480	13,6142	12,5408	570,2131
Papel kraft (kg)	1 465,9568	—	—	—	1 465,9568
Papelão (kg)	124,2640	33,1200	13,5500	4,5700	73,0240
Saco de rafia (unidades)	6 125	1 662	1 253	1 301	1 909
Bombonas plásticas (50 litros) (unidades)	89	—	—	11	78
Bombonas plásticas (25 litros) (unidades)	584	—	584	—	—
Barricas de papelão (unidades)	218	218	—	—	—

Ano: 1999.

##### ▪ Embalagem de produto primária e secundária

Como estes resíduos são quantificados pela indústria, coletaram-se os valores dos relatórios mensais de produção e os valores anuais são apresentados na Tabela 12. Ressalta-se que são apresentados de forma global, uma vez que a indústria não quantifica separadamente por produto.

**TABELA 12 - QUANTIDADE DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM SECUNDÁRIA E DE PRODUTO GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 1**

TIPO DE EMBALAGEM	QUANTIDADE GERADA/ANO
Canudos	3,2890 kg
Filme plástico termoencolhível	9,1000 kg
Bandejas de papelão	638 unidades (51,0400 kg)
Embalagem cartonada de produto final	343 406 unidades (2 987,6300 kg)
Ano: 1999.	

As embalagens dos produtos finais processados na linha de processamento 1 são do tipo cartonadas aluminizadas (Tetra Pak) sendo destinadas ao aterro sanitário. Este resíduo é gerado na troca de bobina de embalagem, ajuste do equipamento: solda, volume de produto ou devido a falhas operacionais.

A quantidade de embalagem perdida na troca de bobina se deve às condições de *lay out* da máquina de envase.

#### c.2) Resíduo orgânico em pó (área de preparação)

A pesagem do resíduo em pó, recolhido no final de cada dia produtivo antes de ser retirado do local de geração, foi repetida quatro vezes para o processamento de cada produto, determinando o valor médio. Ressalta-se que as pesagens foram realizadas nos dias em que se processou um único produto.

A Tabela 13 apresenta a quantidade deste resíduo. Pode-se observar que as médias aritméticas das quantidades não apresentaram grande variação com o tipo de produto, por isso, determinou-se a quantidade de resíduo gerada por dia não considerando o produto processado.

**TABELA 13 - QUANTIDADE DE RESÍDUO EM PÓ GERADO NA ÁREA DE PREPARAÇÃO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 1**

MEDIÇÃO	REFRESCO (kg/dia)			ACHOCOLATADO (kg/dia)
	Sabor 1	Sabor 2	Sabor 3	
1	0,3000	0,3020	0,3020	0,3050
2	0,3100	0,3050	0,3100	0,3060
3	0,2990	0,3000	0,3000	0,3050
4	0,3000	0,3000	0,3000	0,3070
Média aritmética	0,3023	0,3018	0,3030	0,3058
Coef. variação (%)	1,49	0,68	1,36	0,27
Valor médio diário	$= (0,3023 + 0,3018 + 0,3030 + 0,3058) \div 4 = 0,3032 \text{ kg/dia}^a$			
Total anual	$= 0,3032 \times 174 \text{ (dias produtivos)} = 52,7568 \text{ kg/ano}$			

O valor de geração anual foi determinado multiplicando o valor diário médio pelo número de dias produtivos do ano 1999 (retirado dos apontamentos de produção).

<sup>a</sup>: O coeficiente de variação do valor médio diário foi 0,51%.

### c.3) Efluente líquido

Ressalta-se que o volume de água usado na limpeza foi considerado como o volume de efluente gerado.

Primeiramente, determinaram-se as vazões médias de cada mangueira empregada em cada setor da linha de processamento, obtidas pela realização de quatro medições, que são apresentadas na Tabela 14.

#### ▪ Limpeza do piso nos setores da linha produtiva

Para cada setor da linha de processamento observou-se o procedimento de execução da limpeza (frequência de realização do procedimento, mangueira utilizada, tempo médio para realização). Cronometrou-se a operação por quatro vezes obtendo-se o tempo médio.

As informações utilizadas para obtenção do volume deste efluente são mostradas na Tabela 14.

**TABELA 14 - VOLUME DE EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DO PISO DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1**

INFORMAÇÕES	SETOR PREPARAÇÃO	SETOR ESTERILIZAÇÃO	SETOR ENVASE	SETOR EMBALAGEM SECUNDÁRIA
Número de limpeza	3/dia	1/dia	1/dia	1/mês
Vazão média (m <sup>3</sup> /min)	0,0312 <sup>a</sup>	0,0119 <sup>a</sup>	0,0418 <sup>a</sup>	0,0077 <sup>b</sup>
Tempo médio/lavagem (minutos)	5	10	6	20
Consumo de água/lavagem <sup>c</sup> (m <sup>3</sup> )	0,1560	0,1190	0,2508	0,1540
Consumo diário de água <sup>d</sup> (m <sup>3</sup> /dia)	0,468	0,1190	0,2508	-
Total anual <sup>e</sup> (m <sup>3</sup> )	81,4320	20,7060	43,6392	1,8480

<sup>a</sup>: Corresponde a média aritmética de quatro repetições (ANEXO1).

<sup>b</sup>: FONTE: ELECTROLUX DO BRASIL S/A, 1999.

<sup>c</sup>: determinado pela multiplicação dos valores médios da vazão e do tempo.

<sup>d</sup>: multiplicou-se o número de lavagens realizadas no dia pelo consumo de água por lavagem

<sup>e</sup>: consumo diário x número de dias produtivos/ano (174 em 1999) ou o número de meses (12) para o setor de embalagem secundária.

Na Tabela 14, pode-se observar as diferenças das vazões médias (m<sup>3</sup>/minuto) por setor da linha produtiva que são explicadas pelas diferenças das mangueiras utilizadas. A máquina de alta pressão fornece a menor vazão de água. Nos setores de preparação e envase as mangueiras possuem 2,5 centímetros de diâmetro interno com vazão diferenciada devido à conformação e distribuição da tubulação na

instalação predial. Embora a mangueira do setor de esterilização tenha o mesmo diâmetro interno dos setores anteriormente citados, a vazão é menor por conter pistola de pulverização.

Na Tabela 14, pode-se perceber a diferença no consumo diário de água na limpeza do piso que se deve à vazão da mangueira utilizada e à frequência da limpeza, que está relacionada diretamente à característica do setor. No setor de preparação onde ocorre manipulação com ingredientes em pó, a necessidade de efetuar a limpeza é maior do que no setor de embalagem secundária.

▪ Água de diluição do peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ )

A esterilização da embalagem é feita com peróxido de hidrogênio, após ser utilizado é diluído em água para que sua concentração seja inferior a um por cento (nesta concentração é considerado inofensivo, podendo ser despejado no fluxo de efluentes sem causar problemas. Apresenta pH = 8,0 e temperatura = 42-44° C).

A vazão média de um minuto foi determinada pela realização de quatro medições.

A quantidade deste efluente é apresentada na Tabela 15 e sua composição é mostrada na Tabela 16.

TABELA 15 - VOLUME DA ÁGUA DE DILUIÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA MÁQUINA DE ENVASE

	VAZÃO ( $m^3/min$ )					VOLUME DIÁRIO ( $m^3$ )	VOLUME ANUAL ( $m^3$ )
	medição 1	medição 2	medição 3	medição 4	média aritmética		
Valores	0,0029	0,0027	0,0028	0,0028	0,0028	2,8560	496,9440

17 horas produtivas/dia x 60 minutos = 1020 minutos

Geração diária =  $0,0028 \times 1020 = 2,8560 m^3/dia$

Geração anual = vazão diária x 174 (dias produtivos/1999) =  $496,9440 m^3/ano$

TABELA 16 - COMPOSIÇÃO DA ÁGUA DE DILUIÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

	VOLUME ANUAL ( $m^3/ano$ )
Água de diluição do $H_2O_2$	496,9440
água	493,9860
$H_2O_2$	2,9580

Sabe-se que o consumo de  $H_2O_2$  é  $0,001 m^3/h$ .

Volume anual ( $m^3/ano$ ) = volume ( $m^3/h$ ) x 17(horas produtivas/dia) x 174 (dias produtivos/1999).

- Água de rolagem das esteiras

O transporte das embalagens de produto é realizado por esteiras de rolagem nas quais são aspergidas água com lubrificante de esteiras de baixa espuma à base de silicone para evitar danos às embalagens. Com base nos dados de consumo mensurados pela indústria (vazão do lubrificante e a concentração de uso), determinou-se a vazão da água de rolagem. Estes dados são mostrados na Tabela 17. A água de rolagem tem pH = 7,0 e a temperatura de 24-25° C.

TABELA 17 - VOLUME DE ÁGUA DE ROLAGEM DAS ESTEIRAS

	VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	VOLUME ANUAL (m <sup>3</sup> )
Água de rolagem	0,0250	73,9500
água	0,02495	73,8021
lubrificante	0,05 x 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /h	0,1479

Vazão anual (m<sup>3</sup>/ano) = vazão (m<sup>3</sup>/h) x 17(horas produtivas/dia) x 174 (dias produtivos/1999).

- Efluente da limpeza automática dos equipamentos

A higienização dos equipamentos é realizada no final do dia produtivo ou quando há trocas de produto processado para atender a demanda. Pode-se realizar quatro procedimentos de higienização que foram denominados por: a) higienização 1 (consiste em circular água), b) higienização 2 (consiste em enxágüe inicial, limpeza alcalina e enxágüe), c) higienização 3 (consiste em enxágüe inicial, limpeza alcalina e enxágüe, limpeza ácida e enxágüe) e d) higienização 4 (limpeza manual dos equipamentos da área de preparação: peneira vibratória, funil do turbo misturador).

Para garantir a eficiência da higienização os equipamentos são agrupados totalizando quatro grupos, entre os quais: a) grupo 1 (tanque, turbo misturador, trocador de calor de placas), b) grupo 2 (tanque, tubulações), c) grupo 3 (máquina de envase) e d) grupo 4 (trocador de calor tubular, homogeneizador/desaerador). Ressalta-se que quando é realizado a higienização dos equipamentos desta planta industrial são executados quatro *CIPs* (um para cada grupo de equipamento).

Na quantificação destes efluentes, a água residuária de cada etapa dos quatro *CIPs* realizados foi desviada para um tanque com dimensões conhecidas na linha de processamento, medindo a coluna de líquido, calculou-se o volume. Para cada etapa do ciclo de limpeza, mediu-se o volume quatro vezes determinando os valores médios que são mostrados na Tabela 18. Os valores foram somados para obter-se o volume por procedimento (*CIP*).



**TABELA 18 - VOLUME DE EFLUENTE GERADO NAS OPERAÇÕES DE HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1**

PROCEDIMENTO	VOLUME/CONJUNTO DOS EQUIPAMENTOS (m <sup>3</sup> )				
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Total/Procedimento
Enxágüe inicial	2,7865	3,1250	0,8972	0,2799	7,0886
Limpeza alcalina e enxágüe	3,5367	3,4105	1,6532	1,5114	10,1118
Limpeza ácida e enxágüe	2,7865	2,8636	1,5020	1,4763	8,6284
<b>Total</b>	<b>9,1097</b>	<b>9,3991</b>	<b>4,0524</b>	<b>3,2676</b>	<b>25,8288</b>

Valores obtidos pela média aritmética de 4 repetições (ANEXO 1).

O volume total anual, apresentado na Tabela 19, foi determinado multiplicando o volume médio por *CIP* (mostrados na Tabela 18) pelo número de procedimentos realizados no período obtidos pela consulta aos apontamentos de produção).

**TABELA 19 - VOLUME TOTAL DE EFLUENTE GERADO NAS OPERAÇÕES DE HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1**

PROCEDIMENTO	NÚMERO DE PROCEDIMENTO/ANO*	VOLUME DE EFLUENTE GERADO (m <sup>3</sup> )	
		Por procedimento	Volume anual
Higienização 1	41	7,0886	290,6326
Higienização 2	89	17,2004	1 530,8356
Higienização 3	87	25,8288	2 247,1056
Ano: 1999.		<b>Total anual =</b>	<b>4 068,5738</b>

A quantidade dos produtos químicos utilizados por higienização foi determinada, medindo-se o consumo dos mesmos nos tanques de depósito e monitorando-se o nível dos mesmos. Esta medição teve quatro repetições (Tabela 20). Salienta-se que estes produtos químicos são armazenados em tanques individuais e, no momento certo, cada um é adicionado no tanque de preparo da solução de limpeza com o uso de bombas dosadoras.

**TABELA 20 - QUANTIDADE DE PRODUTOS QUÍMICOS NO EFLUENTE PROVENIENTE DA HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1**

	HIGIENIZAÇÃO 2		HIGIENIZAÇÃO 3	
	Por procedimento	Por ano	Por procedimento	Por ano
Volume de efluente (m <sup>3</sup> )	17,2004	1 530,8356	25,8288	2 247,1056
Volume solução de limpeza alcalina (m <sup>3</sup> )	1,7000	151,3000	1,7000	147,9000
Quantidade de soda líquida (kg)	101,3100	9 016,5900	101,3100	8 813,9700
Volume solução de limpeza ácida (m <sup>3</sup> )	-	-	1,7000	147,9000
Quantidade de ácido nítrico (kg)	-	-	63,8800	5 557,5600

Ano: 1999.

- Efluente gerado na limpeza manual do setor de preparação

A água residuária proveniente da limpeza manual do setor de preparação da linha de processamento 1 foi quantificada pela multiplicação do consumo de água/lavagem (vazão x tempo médios) pelo número de limpezas realizadas no ano (determinado pela consulta aos apontamentos de produção). Na Tabela 21 é apresentado o consumo anual de água dispendido na realização deste procedimento.

**TABELA 21 - VOLUME DE EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA MANUAL DO SETOR DE PREPARAÇÃO DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1**

	NÚMERO DE LIMPEZAS/ANO	TEMPO DISPENDIDO	VAZÃO MÉDIA MANGUEIRA (m <sup>3</sup> /min)	CONSUMO DE ÁGUA/LAVAGEM (m <sup>3</sup> )	TOTAL ANUAL (m <sup>3</sup> )
Higienização 4	206	20 minutos	0,0312*	0,6240	128,5440

\* Retirado da tabela 14.

Ano: 1999.

- Água de resfriamento e água gelada

Os consumo da água de resfriamento e da água gelada utilizadas em diversos equipamentos são apresentados na Tabela 22.

**TABELA 22 - DIVERSOS CONSUMOS DE ÁGUA DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1**

	CONSUMO (m <sup>3</sup> /h)*	CONSUMO ANUAL (m <sup>3</sup> /ano)	DESTINAÇÃO
<b>Água gelada (2° C) que circula nos equipamentos (trocadores de calor, desaerador)</b>	9,2000	9,2000	recirculação
<b>Água da torre de resfriamento (temperatura ambiente)</b>			
- água seladora/arrefecimento de equipamentos (bombas, válvulas, etc.),	0,6000	1 774,8000	enviada para a ETE
- água que circula nos equipamentos (trocadores de calor tubular e de placas homogeneizador)	4,0000	4,0000	recirculação
- água que circula na máquina de envase	0,6000	1 774,8000	enviada para a ETE

Consumo anual (m<sup>3</sup>/ano) = consumo (m<sup>3</sup>/h) x 17(horas produtivas/dia) x 174 (dias produtivos/1999).

\* Dados de consumo obtido do manual da linha de processamento.

A água de resfriamento à temperatura ambiente utilizada nos trocadores de calor e homogeneizador tem reciclo de 100%, e tem reciclo de 0%, quando usada na máquina de envase para resfriar as facas que cortam o filme da embalagem e no arrefecimento de bombas.

A recirculação de água de resfriamento existente contribui na diminuição do volume de efluente a ser enviado ao tratamento e no custo de aquisição de água pelo menor consumo.

- Efluente da limpeza da torre de resfriamento

A torre é lavada semanalmente. O volume de água gasto na limpeza corresponde ao somatório da água descartada que permanece no nível mínimo do equipamento e da água utilizada para lavar as paredes superiores. A água que permanece na torre foi calculada a partir das dimensões do equipamento e a água de lavagem foi determinada com a cronometragem do tempo de lavagem multiplicado pela vazão média da mangueira utilizada (mangote de 2,5 cm de diâmetro interno).

A Tabela 23 mostra as informações utilizadas para o cálculo do efluente gerado na limpeza da torre de resfriamento.

**TABELA 23 - VOLUME DO EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DA TORRE DE RESFRIAMENTO**

Volume água descartado/limpeza	1,6043 m <sup>3</sup>
Frequência de limpeza	1 vez/semana
Semanas produtivas de 1999	25 (174 dias ÷ 7)
Volume descartado/ano	<b>40,1075 m<sup>3</sup> (1,6043 x 25)</b>
Vazão da mangueira*	0,3500 m <sup>3</sup> /min
Tempo de lavagem	10 minutos
Consumo de água/limpeza	3,5000 m <sup>3</sup> (10 x 0,3500)
Consumo de água/ano	<b>87,5000 m<sup>3</sup></b>
<b>Total descartado</b>	<b>127,6075 m<sup>3</sup>/ano</b>

Ano: 1999.

- Água perdida no painel de curvas

O painel de curvas de fluxo existe para possibilitar vários fluxos do produto ou água de limpeza dos equipamentos da linha de processamento 1. Nas mudanças das curvas para realizar o CIP em todos os conjuntos de equipamentos e no final da limpeza, as curvas são retiradas do painel causando a perda da água que permanece nas tubulações e tanques.

A quantificação do volume de água perdido diariamente foi repetida quatro vezes para obtenção do valor médio de geração. A existência de uma canaleta abaixo possibilitou a coleta da água para quantificá-la. O volume anual deste efluente é apresentado na Tabela 24.

TABELA 24 - ÁGUA PERDIDA NO PAINEL DE CURVAS

Água perdida	VAZÃO (m <sup>3</sup> /dia)					VOLUME ANUAL (m <sup>3</sup> )
	medição 1	medição 2	medição 3	medição 4	média aritmética	
	0,1015	0,1005	0,1000	0,1010	0,1008	17,5392

Volume anual = vazão média diária x dias produtivos/ano 1999 (174).

▪ Água para esterilização

A esterilização dos equipamentos é realizada diariamente antes do início da produção. O volume de água descartado por procedimento foi retirado do manual de operação do linha de processamento. Na Tabela 25 é apresentado o volume de efluente gerado na esterilização inicial. A quantidade anual foi obtida pela multiplicação do volume descartado por procedimento pelo número de dias produtivos

TABELA 25 - EFLUENTE GERADO NA ESTERILIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1

VOLUME DE ÁGUA/DIA PRODUTIVO (m <sup>3</sup> )	DIAS PRODUTIVOS/ANO	VOLUME DE ÁGUA/ANO (m <sup>3</sup> )
0,4200	174	73,0800

Ano: 1999.

#### **4.1.1.2 Linha de processamento 2: Secagem para obtenção de farinhas pré-gelatinizadas**

##### **a) Caracterização da unidade produtiva**

- **Descrição do processo**

Esta unidade de processamento é composta por duas linhas de processamento completas que contêm equipamentos semelhantes, porém com diferenciações no modelo e condições operacionais. Fabricam-se farinhas pré-gelatinizadas à base de diferentes farinhas de cereais, denominadas também por farinhas infantis (alimentos de preparação instantânea) e tomate desidratado.

Na linha de processamento 2A são produzidas as farinhas infantis X e Z. Na linha de processamento 2B são feitas as farinhas infantis X e Y e o tomate desidratado. O levantamento foi realizado para o processamento de farinhas pré-gelatinizadas.

No processamento de farinhas pré-gelatinizadas, os ingredientes pesados segundo à formulação são colocados no tanque que contém a quantidade de água na temperatura desejada. O líquido resultante no tanque 1 é bombeado para o tanque 2 que mantém constante a alimentação do processo. A pasta amido-água (amido hidratado) passa pelo trocador de calor de superfície raspada onde o amido é pré-gelatinizado, posteriormente é alimentada ao secador formando uma camada delgada do produto sobre o tambor aquecido que gira. O tempo curto de secagem coincide com uma rotação do tambor. O filme de produto seco é retirado por uma faca raspadora e posteriormente é moído na granulometria desejada. Na saída do floqueador o produto é embalado em sacos de polietileno de baixa densidade e sacos multi-folheados dispostos em palletes para serem enviados para a linha de processamento 3 onde são acondicionadas na embalagem final de venda.

- **Calendário de produção**

Este setor opera num período de trabalho de 24 horas/dia, isto é, três turnos. O período de operação totaliza 12 meses/ano. Geralmente há produção todos os dias do mês, podendo ocorrer exceções em finais de semana ou feriados prolongados, quando programa-se manutenção preventiva.

▪ Lista de equipamentos

O Quadro 13 mostra os equipamentos da linha de processamento 2.

QUADRO 13 - EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2

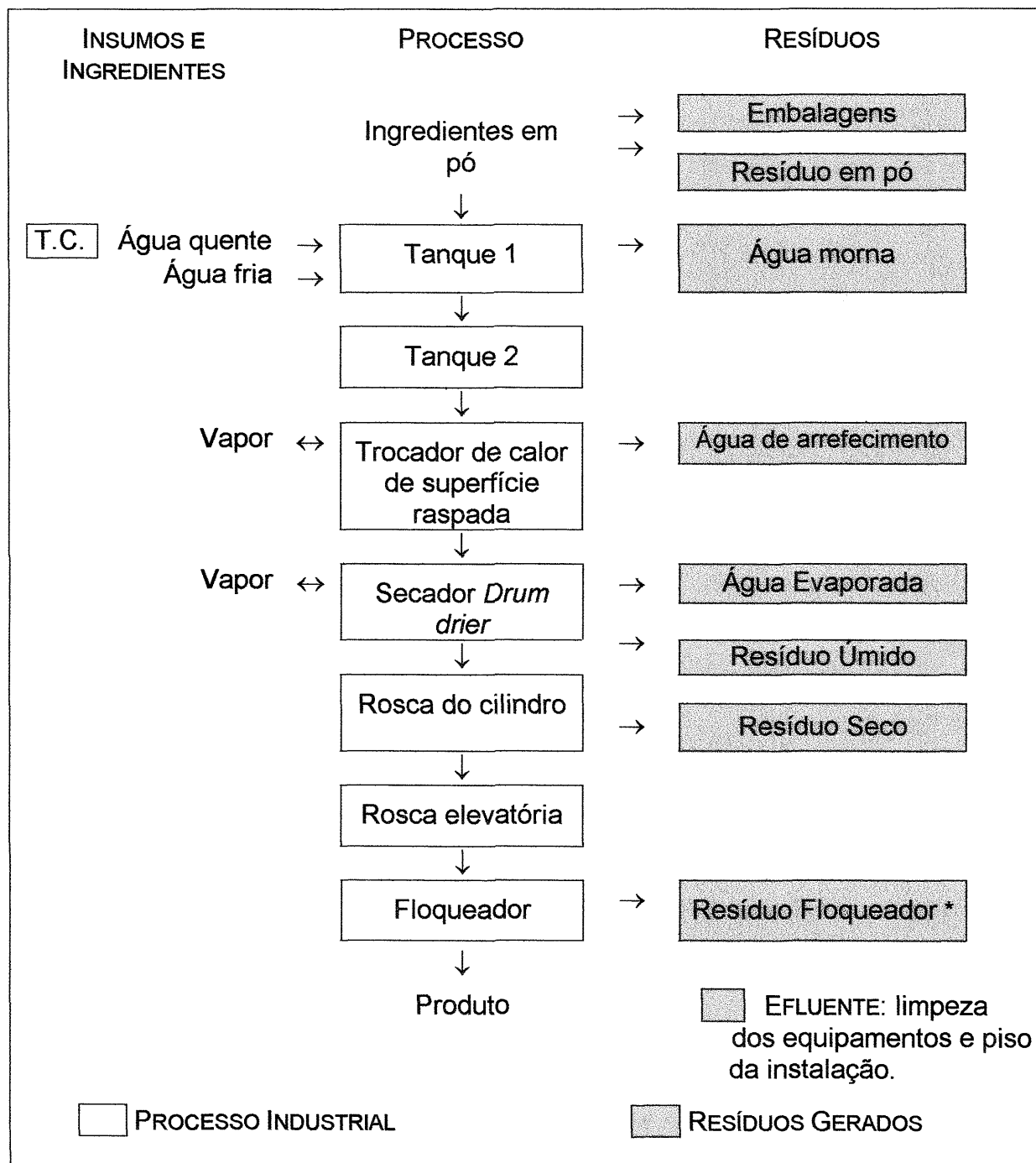
OPERAÇÃO	EQUIPAMENTOS	FUNÇÃO
PREPARAÇÃO	trocador de calor de placas	fornecer água quente para a preparação dos produtos
	balança eletrônica	pesar os ingredientes da formulação
	peneira vibratória	separar possíveis constituintes indesejáveis nas farinhas e açúcar
	tanque com agitador	no primeiro tanque, os ingredientes são dosados e misturados à água. O segundo mantém a vazão do processo contínua
PRÉ-GELATINIZAÇÃO	trocador de calor de superfície raspada	aumentar a temperatura da pasta amido-água para que ocorra a pré-gelatinização do amido
SECAGEM	secador tipo <i>Drum Dryer</i>	secar o material pré-gelatinizado no nível de umidade requerida no produto final
QUEBRA DO FILME	rosca do cilindro	fracionar grosseiramente o filme de produto seco proveniente do cilindro
TRANSPORTE DO PRODUTO	rosca elevatória	as partículas são transportadas da rosca do cilindro ao floqueador
GRANULOMETRIA	Floqueador	ajustar a granulometria do produto

Obs.: Denomina-se como rosca o transportador de parafuso helicoidal.

### ▪ Fluxograma

O processo desta linha produtiva bem como os resíduos gerados é esquematizado na Figura 07.

FIGURA 07 - FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DE FARINHAS PRÉ-GELATINIZADAS E RESÍDUOS GERADOS



## b) Identificação e classificação dos resíduos

## b.1) Resíduos de embalagens

A caracterização destes resíduos é descrita no Quadro 14.

**QUADRO 14 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM - LINHA DE PROCESSAMENTO 2**

SETOR	TIPO	CATEGORIA	PERICULOSIDADE	DISPOSIÇÃO
PREPARAÇÃO	sacos papel kraft sacos plásticos sacos de polipropileno trançado tipo ráfia caixas de papelão	papel plástico plástico papel	classe 3 - inerte	venda
NATUREZA FÍSICA DESTES RESÍDUOS: Sólida				

## b.2) Resíduo orgânico

Engloba o resíduo em pó gerado na preparação do produto quando os ingredientes em pó são alimentados manualmente na peneira vibratória acoplada no tanque misturador; resíduo úmido formado quando há perdas pelas laterais do equipamento de secagem; resíduo seco é o produto perdido na rosca do cilindro e o resíduo do floqueador é o produto cuja granulometria não está conforme sendo desviado do equipamento. No Quadro 15 é observada a caracterização destes resíduos.

**QUADRO 15 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2**

SETOR	TIPO	NATUREZA	CATEGORIA	PERICULOSIDADE	DISPOSIÇÃO
PREPARAÇÃO	resíduo em pó	sólida	resíduo orgânico	classe 3 - inerte	doação
SECAGEM	resíduo úmido	sólida	resíduo orgânico	classe 3 - inerte	doação
FRAGMENTAÇÃO DO FILME DE PRODUTO	resíduo seco	sólida	resíduo orgânico	classe 3 - inerte	doação
GRANULOMETRIA	resíduo seco	sólida	resíduo orgânico	classe 3 - inerte	reaproveitamento



## b.3) Efluente

A caracterização do efluente desta linha está na Quadro 16.

**QUADRO 16 - CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 2**

SETOR	ORIGEM	PERICULOSIDADE	DISPOSIÇÃO
PREPARAÇÃO	água de limpeza do piso	classe 3 - inerte	enviado para a ETE
	água morna (descartada na preparação da formulação)	classe 2 - não inerte	
SECAGEM	água de limpeza do piso água de arrefecimento	classe 3 - inerte	enviado para a ETE
MOAGEM	água de limpeza do piso	classe 3 - inerte	enviado para a ETE
HIGIENIZAÇÃO DE TODOS EQUIPAMENTOS*	água de lavagem dos equipamentos e piso	classe 3 - inerte	enviado para a ETE
	solução de limpeza (alcalina) do trocador de calor de superfície raspada	classe 2 - não inerte	
NATUREZA DESTES EFLUENTES: Líquida.			

\* A higienização é realizada quando ocorre troca de produto a ser processado.

## b.4) Emissão atmosférica

A emissão atmosférica é gerada nos secadores e a sua caracterização é mostrada no Quadro 17.

**QUADRO 17 - CARACTERIZAÇÃO DA EMISSÃO ATMOSFÉRICA NA LINHA DE PROCESSAMENTO 2**

SETOR	ORIGEM	NATUREZA	PERICULOSIDADE	DISPOSIÇÃO
SECAGEM	água evaporada (na forma de vapor)	gasosa	classe 3 - inerte	lançada no ar

No Quadro 17 a emissão atmosférica foi classificada como classe 3, embora seja uma classificação dada aos resíduos sólidos porque o modelo matemático de priorização utilizado classifica os resíduos como classe 1, 2 ou 3 seja qual for o seu estado físico.

### c) Quantificação dos Resíduos

#### c.1) Resíduo de embalagens

A quantidade e o tipo de embalagem varia de acordo com o tipo de ingrediente. A geração anual do resíduo de embalagem depende diretamente da formulação do produto e da quantidade de produto elaborada.

Estes resíduos foram pesados segregadamente por tipo de material. Levantou-se a quantidade de resíduos de embalagens gerada durante um ciclo produtivo para cada produto elaborado na linha produtiva. Relacionou-se a quantidade obtida com a quantidade de produto. Com a quantidade de produto produzida no ano calculou-se a quantidade deste resíduo anual.

A quantidade destes resíduos é apresentada na Tabela 26.

**TABELA 26 - QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM DOS INGREDIENTES DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2**

TIPO DE EMBALAGEM	TOTAL ANUAL	PROCESSAMENTO DE FARINHAS PRÉ-GELATINIZADAS			
		Z	X (linha 2A)	X (linha 2B)	Y
Plástico (kg)	2 735,0800	374,1800	1 528,9000	813,2200	18,7800
Papel kraft (kg)	13 325,9100	872,8900	8 095,4600	4 305,9500	51,6100
Papelão (kg)	96,5300	1,4000	45,8000	24,3600	24,9700
Saco de rafia (unidade)	24 564	13 554	1 417	754	8 839

Ano: 1999.

Na Tabela 26 pode-se observar a variação da quantidade de resíduo gerado que é explicada pela diferença de formulação entre os produtos e quantidade de produto elaborada anualmente.

#### c.2) Resíduos orgânicos

##### ▪ Resíduo em pó

Nos setores de preparação das linhas de processamento 2 A e 2 B os resíduos em pó gerados são recolhidos com um aparelho de sucção (aspirador de pó). A pesagem deste resíduo foi feita quando a manga do equipamento era esvaziada; a frequência média foi de 19 turnos variando de 10 a 20 turnos. Determinou-se a quantidade gerada no processamento de cada um dos produtos.

Com o valor médio de geração por turno multiplicou-se pelo número de turnos em que se processou cada produto. A Tabela 27 mostra a quantidade deste resíduo.

**TABELA 27 - QUANTIDADE DE RESÍDUO ORGÂNICO EM PÓ GERADO NO SETOR DE PREPARAÇÃO DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2**

	TOTAL ANUAL	NÚMERO DE TURNOS/ANO	GERAÇÃO MÉDIA/TURNO*
Resíduo em pó (kg)	935,3688	452	2,0694

Ano: 1999.

\* Corresponde a dez pesagens (ANEXO 2)

▪ Resíduo úmido, seco e do floqueador

A quantidade destes resíduos orgânicos foi determinada a partir do acompanhamento de quatro ciclos produtivos completos de cada produto processado (ANEXO 2). Neste período, os resíduos recolhidos no final de cada turno produtivo antes de serem retirados do local de geração foram pesados determinando os valores médios de geração por turno (apresentados nas Tabelas 28 a 31). Estes valores foram multiplicados pelo número de turnos produtivos de cada produto no ano (mostrados na Tabela 32) determinando-se os valores anuais (Tabela 33).

**TABELA 28 - RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Z - LINHA DE PROCESSAMENTO 2A**

CICLO PRODUTIVO	TOTAL DE TURNOS	PRODUTO		RESÍDUO ÚMIDO		RESÍDUO SECO	
		(kg/ciclo)	(kg/turno)	(kg/ciclo)	(kg/turno)	(kg/ciclo)	(kg/turno)
1	46	82 700	1 797,8261	255,9500	5,5641	52,0200	1,1309
2	30	59 925	1 997,5000	134,2500	4,4750	24,9300	0,8310
3	16	31 500	1 968,7500	81,3000	5,0813	19,9500	1,2469
4	21	40 600	1 933,3333	140,6000	6,6952	23,8900	1,1376
Média aritmética	28,25	53 681,2500	1 924,3524	153,0250	5,4539	30,1975	1,0866

**TABELA 29 - RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X - LINHA DE PROCESSAMENTO 2A**

CICLO PRODUTIVO	TOTAL DE TURNOS	PRODUTO		RESÍDUO ÚMIDO		RESÍDUO SECO		RESÍDUO DO FLOQUEADOR	
		(kg/ciclo)	(kg/turno)	(kg/ciclo)	(kg/turno)	(kg/ciclo)	(kg/turno)	(kg/ciclo)	(kg/turno)
1	20	45 480	2274,0000	315,7000	15,7850	76,6900	3,8345	985,2800	49,2640
2	24	50 415	2100,6250	542,8000	22,6167	33,8900	1,4121	1570,6000	65,4417
3	12	24 915	2076,2500	421,9000	35,1583	32,6700	2,7225	716,7500	59,7292
4	21	44 940	2140,0000	597,7000	28,4619	30,9800	1,4752	975,8000	46,4667
Média aritmética	19,25	41437,5000	2147,7188	469,5250	25,5055	43,5575	2,3611	1062,1075	55,2254

**TABELA 30 - RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X - LINHA DE PROCESSAMENTO 2B**

CICLO PRODUTIVO	TOTAL DE TURNOS	PRODUTO		RESÍDUO ÚMIDO		RESÍDUO SECO	
		(kg/ciclo)	(kg/turno)	(kg/ciclo)	(kg/turno)	(kg/ciclo)	(kg/turno)
1	18	33 825	1 879,1667	346,3500	19,2417	35,1800	1,9544
2	33	63 075	1 911,3636	612,2700	18,5536	97,6100	2,9579
3	22	48 345	2 197,5000	361,6400	16,4382	26,8900	1,2223
4	26	57 945	2 228,6538	293,9000	11,3038	27,6000	1,0615
Média aritmética	24,75	50 797,5000	2 054,1710	403,5400	16,3843	46,8200	1,7990

**TABELA 31 - RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Y - LINHA DE PROCESSAMENTO 2B**

CICLO PRODUTIVO	TOTAL DE TURNOS	PRODUTO		RESÍDUO ÚMIDO		RESÍDUO SECO	
		(kg/ciclo)	(kg/turno)	(kg/ciclo)	(kg/turno)	(kg/ciclo)	(kg/turno)
1	30	62 910	2 097,0000	518,8000	17,2933	17,1200	0,5707
2	23	46 260	2 011,3043	510,8500	22,2109	26,9600	1,1722
3	10	20 670	2 067,0000	264,6300	26,4630	14,3500	1,4350
4	16	33 795	2 112,1875	423,2000	26,4500	20,9600	1,3100
Média aritmética	19,75	40 908,7500	2 071,8730	429,3700	23,1043	19,8475	1,1220

**TABELA 32 - NÚMERO DE TURNOS PRODUTIVOS**

PRODUTOS	NÚMERO DE TURNOS PRODUTIVOS NA LINHA PRODUTIVA		
	2A	2B	TOTAL
Farinha infantil X	396	257	653
Farinha infantil Z	452	—	452
Farinha infantil Y	—	333	333

Ano: 1999.

**TABELA 33 - QUANTIFICAÇÃO TOTAL DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2**

	TOTAL ANUAL	FARINHAS PRÉ-GELATINIZADAS			
		Z	X (linha 2A)	X (linha 2B)	Y
Resíduo úmido (kg)	24 469,8378	2 465,1628	10 100,1780	4 210,7651	7 693,7319
Resíduo seco (kg)	2 262,1078	491,1432	934,9956	462,3430	373,6260
Resíduo do floqueador (kg)	21 869,2584	-	21 869,2584	-	-

Ano: 1999.

## c.3) Efluentes

## ▪ Água morna

Como a temperatura da água é importante na formulação dos produtos, a água que sai do trocador de calor com temperatura inferior à desejada é descartada. O volume da água descartada foi determinado descartando-se a água no tanque de formulação com posterior medição do nível de líquido. A temperatura da água descartada foi visualizada num termômetro digital para fechar o registro de água no momento em que se atingia a temperatura desejada. Repetiu-se o procedimento quatro vezes. A quantidade anual deste efluente é apresentada na Tabela 34.

TABELA 34 - ÁGUA MORNA GERADA NA LINHA DE PROCESSAMENTO 2

	TOTAL ANUAL	PROCESSAMENTO DE FARINHAS PRÉ-GELATINIZADAS			
		Z	X (linha 2A)	X (linha 2B)	Y
Água morna (m <sup>3</sup> )	191,3900	–	83,4500	44,3900	63,5500

Ano: 1999.

Na Tabela 34 observa-se a diferença do volume do efluente gerado por produto processado que se deve à quantidade diferenciada de produto produzido. Durante a quantificação notou-se que o volume médio de água descartado na preparação de cada formulação foi o mesmo.

## ▪ Água de arrefecimento

As informações utilizadas na determinação do volume de efluente gerado no arrefecimento dos trocadores de calor de superfície raspada da linha de processamento 2 são apresentadas na Tabela 35.

TABELA 35 - ÁGUA DE ARREFECIMENTO DOS TROCADORES DE CALOR DE SUPERFÍCIE RASPADA

	LINHA DE PROCESSAMENTO 2A	LINHA DE PROCESSAMENTO 2B
Vazão média (m <sup>3</sup> /minuto)*	1,5563 x 10 <sup>-3</sup>	2,0720 x 10 <sup>-3</sup>
Consumo diário (m <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>	2,2411	2,9837
Total anual (m <sup>3</sup> ) <sup>b</sup>	634,2234	587,7889

\* Média aritmética de 4 medições (ANEXO 2).

<sup>a</sup>: Vazão média (m<sup>3</sup>/min) x 24 horas de funcionamento (1440 minutos)

<sup>b</sup>: Consumo diário x número de dias produtivos/ano de 1999 (2A: 283; 2B: 197).

- Efluente gerado na limpeza do piso

As vazões médias das mangueiras utilizadas na linha de processamento 2 foram determinadas a partir de quatro medições. As informações empregadas no cálculo do volume de efluente gerado na limpeza do piso desta linha produtiva são mostradas na Tabela 36.

**TABELA 36 - VOLUME DE EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DO PISO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 2**

LINHA DE PROCESSAMENTO	SETOR PREPARAÇÃO		SETOR SECAGEM		SETOR MOAGEM <sup>d</sup>	
	(2A)	(2B)	(2A)	(2B)	(2A)	(2B)
Número de lavagens/dia	3	3	2	2	1	1
Tempo médio de lavagem (minutos)	10	10	5	5	7	8
Vazão média (m <sup>3</sup> /minuto) <sup>a</sup>	0,0461	0,0464	0,0461	0,0488	0,0372	0,0372
Consumo de água/lavagem (m <sup>3</sup> ) <sup>b</sup>	0,4610	0,4640	0,2305	0,2440	0,2604	0,2976
Consumo de água/dia (m <sup>3</sup> )	1,3830	1,3920	0,4610	0,4880	0,2604	0,2976
Total anual (m <sup>3</sup> ) <sup>c</sup>	391,3890	274,2240	130,4630	96,1360	73,6932	58,6272

<sup>a</sup>: Corresponde a média de quatro repetições de cada mangueira usada para cada setor (ANEXO 2).

<sup>b</sup>: Multiplicação das médias de vazão e tempo.

<sup>c</sup>: Consumo diário x número de dias produtivos em 1999 (2A: 283; 2B: 197)

<sup>d</sup>: Esta limpeza é realizada conforme a necessidade, por isso, considerou 1 vez/dia, porque em algum turno é executada.

Na Tabela 37 são apresentados os volumes de efluentes gerados na limpeza do piso de forma resumida .

**TABELA 37 - EFLUENTE ANUAL GERADO NA LIMPEZA DO PISO DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2**

	SETORES (m <sup>3</sup> )			TOTAL ANUAL (m <sup>3</sup> )
	Preparação	Secagem	Moagem	
Linha de processamento (2A)	391,3890	130,4630	73,6932	595,5452
Linha de processamento (2B)	274,2240	96,1360	58,6272	428,9872
Ano: 1999.	Total =			1 024,5324

Na Tabela 37 pode-se observar a diferença entre os valores das linhas de processamento 2A e 2B que se deve ao menor número de dias produtivos da linha 2B, uma vez que considerou-se para o levantamento apenas o processamento da farinha infantil Y.

▪ Efluente gerado na higienização dos equipamentos

A higienização dos equipamentos desta linha produtiva é realizada manualmente. Para determinar o efluente gerado neste procedimento foi obtido somando-se os valores médios de cada equipamento.

O processo de higienização foi acompanhado quatro vezes obtendo-se valores médios de tempo de lavagem de cada equipamento bem como o tipo de mangueira utilizado. O volume de água gasto por equipamento foi determinado multiplicando o tempo médio de limpeza pela vazão média da mangueira.

A Tabela 38 apresenta o volume de efluente gerado na limpeza dos equipamentos de cada setor das linhas de processamento 2A e 2B (ressalta-se que as informações utilizadas para chegar a estes valores estão no ANEXO 2).

TABELA 38 - VOLUME DE EFLUENTE GERADO NA HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2

LINHA PRODUTIVA	SETORES (m <sup>3</sup> )			SUB-TOTAL (m <sup>3</sup> )	NÚMERO DE HIGIENIZAÇÃO/ ANO	TOTAL ANUAL (m <sup>3</sup> )
	Preparação	Secagem	Moagem			
2A	2,9671	7,8256	1,8897	12,6824	46	583,3904
2B	2,9514	8,3229	1,8897	13,1640	59	776,6760
Total	5,9185	16,1485	3,7794	25,8464	—	1 360,0664

Ano: 1999.

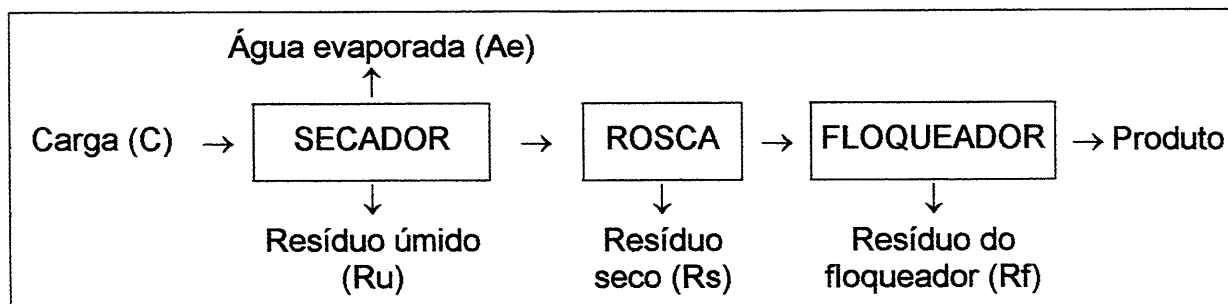
Com o valor total e o número de higienizações realizadas no ano (obtido pela consulta aos apontamentos de produção) chegaram-se aos valores globais (total anual).

Ressalta-se que o número de higienizações está relacionado à troca de produtos processados para atender a programação da produção, uma vez que em cada linha produtiva são processados mais de um produto.

#### c.4) Emissão atmosférica (água evaporada) no secador *drum drier*

Foi determinada por balanço de massa a partir das entradas e saídas (Figura 08). Realizou-se balanço de massa global e de água da secagem (equações 19 e 20). O teor de umidade dos fluxos de entrada e saída do secador foi determinado analiticamente. Estimou-se a quantidade da emissão para base anual.

FIGURA 08 - ENTRADAS E SAÍDAS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2



Obs.: O Rf é gerado apenas no processamento da farinha infantil X na linha de processamento 2A.

Eq. 20 - Equação do Balanço de Massa Global

$$C = Ru + Rs + Rf + P + Ae$$

Eq. 21 - Equação do Balanço de Massa de Água

$$C \cdot x_{ac} = Ru \cdot x_{aru} + Rs \cdot x_{ars} + Rf \cdot x_{arf} + P \cdot x_{ap} + Ae \cdot 1$$

Sendo:

C	fluxo de entrada do secador (carga)	$x_{ac}$	fração mássica da água da carga
Ru	resíduo úmido	$x_{aru}$	fração mássica da água do resíduo úmido
Rs	resíduo seco	$x_{ars}$	fração mássica da água do resíduo seco
Rf	resíduo do floqueador	$x_{arf}$	fração mássica da água do resíduo do floqueador
P	produto	$x_{ap}$	fração mássica da água do produto
Ae	água evaporada	1	fração mássica da água (100%)

Para determinar a quantidade de água evaporada no processamento de cada produto utilizaram-se as equações 20 e 21. Os dados necessários para a resolução foram retirados das Tabelas 28 a 31 apresentadas anteriormente. As equações foram resolvidas para cada ciclo produtivo de cada produto. Também utilizaram-se os dados apresentados na Tabela 39.



TABELA 39 - TEORES DE UMIDADE DOS FLUXOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2

FLUXOS DO SISTEMA	TEOR DE UMIDADE (%)
Carga do produto Z	45,0
Produto Z	máximo 3,0
Resíduo úmido, produto Z	43,0
Resíduo seco, produto Z	3,0
Carga do produto X	50,0
Produto X	máximo 3,0
Resíduo úmido, produto X	48,0
Resíduo seco, produto X	3,0
Resíduo do floqueador, produto X	3,0
Carga do produto Y	52,0
Produto Y	máximo 3,0
Resíduo úmido, produto Y	50,0
Resíduo seco, produto Y	3,0

Obs.: A umidade foi determinada analiticamente pelo método termogravimétrico (105°-110° C) segundo INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985.

Nas Tabelas 40 a 43 são apresentados os valores de água evaporada obtidos a partir da resolução das equações 20 e 21 respectivos a cada produto.

TABELA 40 - BALANÇO MATERIAL DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2A - PRODUTO Z

CICLO PRODUTIVO	ÁGUA EVAPORADA (kg/ciclo)	ÁGUA EVAPORADA (kg/turno)	CARGA DE MATÉRIA-PRIMA (kg/ciclo)
1	63 176,2200	1 373,3960	146 184,1900
2	45 784,8300	1 526,1610	105 869,0100
3	24 072,7400	1 504,5463	55 673,9900
4	31 026,9900	1 477,4757	71 791,4800
Média Aritmética	41 015,1950	1 470,3948	94 879,6700

TABELA 41 - BALANÇO MATERIAL DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2A - PRODUTO X

CICLO PRODUTIVO	ÁGUA EVAPORADA (kg/ciclo)	ÁGUA EVAPORADA (kg/turno)	CARGA DE MATÉRIA-PRIMA (kg/ciclo)
1	43 762,0800	2 188,1040	90 619,7500
2	48 920,0300	2 038,3346	101 482,3200
3	24 141,4300	2 011,7858	50 227,7500
4	43 213,8800	2 057,8038	89 758,3600
Média Aritmética	40 009,3550	2 074,0071	83 022,0450

TABELA 42 - BALANÇO MATERIAL DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2B - PRODUTO X

CICLO PRODUTIVO	ÁGUA EVAPORADA (kg/ciclo)	ÁGUA EVAPORADA (kg/turno)	CARGA DE MATÉRIA-PRIMA (kg/ciclo)
1	31 862,4200	1 770,1344	66 068,9500
2	59 406,7500	1 800,2045	123 191,6300
3	45 484,0400	2 067,4564	94 217,5700
4	54 506,0000	2 096,3846	112 772,5000
Média Aritmética	47 814,8025	1 933,5450	99 062,6625

TABELA 43 - BALANÇO MATERIAL DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2B - PRODUTO Y

CICLO PRODUTIVO	ÁGUA EVAPORADA (kg/ciclo)	ÁGUA EVAPORADA (kg/turno)	CARGA DE MATÉRIA-PRIMA (kg/ciclo)
1	64 259,7200	2 141,9907	127 705,6400
2	47 272,5600	2 055,3287	94 070,3700
3	21 126,3000	2 112,6300	42 075,2800
4	34 538,0900	2 158,6306	68 777,2500
Média Aritmética	41 799,1675	2 117,1450	83 157,1350

Para determinar os valores anuais de liberação de água evaporada utilizaram-se os valores médios por turno que foram multiplicados pelo número de turnos respectivos a cada produto (anteriormente mostrados na Tabela 32).

Na Tabela 44 são apresentadas as quantidades da emissão atmosférica anual.

TABELA 44 - QUANTIFICAÇÃO DA EMISSÃO ATMOSFÉRICA DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2

Água evaporada (kg)	TOTAL ANUAL	PROCESSAMENTO DE FARINHAS PRÉ-GELATINIZADAS			
		Z	X (linha 2A)	X (linha 2B)	Y
	2 687 855,6110	664 618,4496	821 306,8116	496 921,0650	705 009,2850

#### 4.1.1.3 Linha de processamento 3: Elaboração de produtos em pó

##### a) Caracterização da unidade produtiva

###### ▪ Descrição do processo

O objetivo desta linha é processar produtos em pó (refrescos, achocolatados e farinhas pré-gelatinizadas, etc.).

Foi feito o levantamento do processamento de farinhas pré-gelatinizadas provenientes da linha de processamento 2 que são embalados nesta linha de processamento.

O produto é colocado no misturador horizontal com pás passando pela peneira vibratória, e após o tempo de mistura descarrega-se por uma saída no inferior do misturador onde é conectado o *bean* (carrinho transportador); o *bean* carregado é conectado à máquina de envase, para que o produto seja embalado.

###### ▪ Calendário de produção

O período de trabalho desta unidade produtiva é de 17 horas/dia, isto é, dois turnos. Opera em todos os meses do ano. Eventualmente adota-se regime de hora-extra aumentando os dias produtivos.

###### ▪ Lista de equipamentos

No Quadro 18 pode-se observar os equipamentos desta linha de processamento.

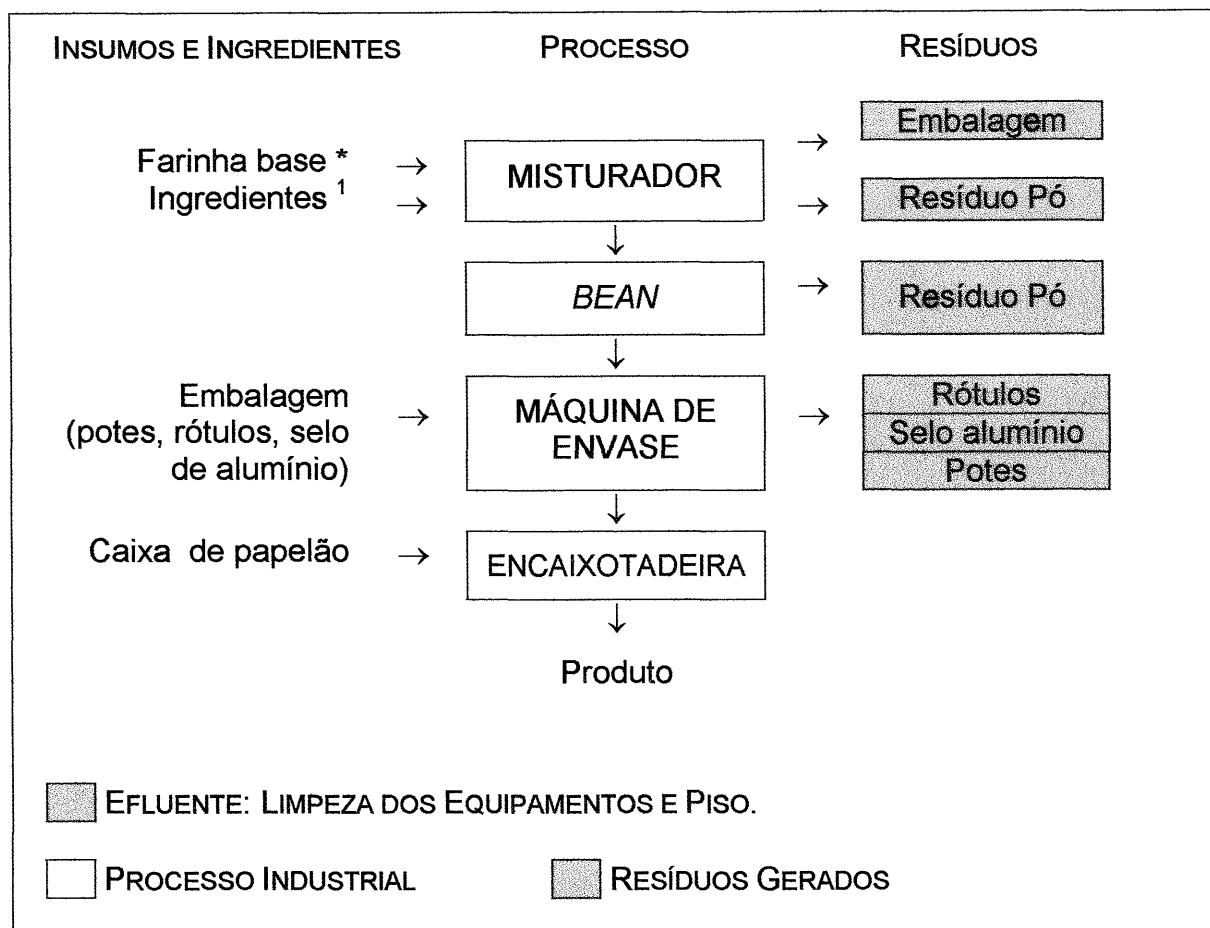
QUADRO 18 - EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 3

OPERAÇÃO	EQUIPAMENTO	FUNÇÃO
PREPARAÇÃO	balança eletrônica	pesar os ingredientes da formulação da farinha infantil Z
	peneira vibratória	separar possíveis constituintes indesejáveis nos ingredientes em pó
	misturador horizontal com pás	misturar os ingredientes secos em pó
	carrinho - Carregador ( <i>bean</i> )	transportar o produto do misturador à máquina de envase
EMBALAGEM	máquina de envase	acondicionar o produto nas embalagens
EMBALAGEM SECUNDÁRIA	encaixotadeira	dispor as embalagens de produto final em caixas de papelão

▪ Fluxograma

Os resíduos gerados e o processo são apresentados na Figura 09.

FIGURA 09 - FLUXOGRAMA DA LINHA DE PROCESSAMENTO 3 (ELABORAÇÃO DE FARINHAS INFANTIS) E RESÍDUOS GERADOS



\* Produto proveniente da linha de processamento 2.

<sup>1</sup>: Apenas na elaboração do produto Z, além da farinha proveniente da linha de processamento 2 adicionam-se outros ingredientes.

b) Identificação e classificação dos resíduos

b.1) Resíduos de embalagens

Os resíduos de embalagem gerados na linha de processamento 3 são descritos no Quadro 19.

**QUADRO 19 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM DA LINHA DE PROCESSAMENTO 3**

SETOR	TIPO	CATEGORIA	PERICULOSIDADE	DISPOSIÇÃO
PREPARAÇÃO	sacos plásticos sacos papel kraft	plástico papel	classe 3 - inerte	venda
ENVASE	rótulos potes	papel plástico	classe 3 - inerte	venda
	selo de alumínio	alumínio	classe 3 - inerte	aterro sanitário
NATUREZA FÍSICA DESTES RESÍDUOS: Sólida				

#### b.2) Resíduo orgânico

O resíduo orgânico em pó é gerado no setor de mistura onde os ingredientes em pó são alimentados manualmente na peneira vibratória acoplada ao misturador. Quando há troca de produção, uma pequena quantidade de produto permanece no fundo do misturador e é retirado por aparelho de sucção (aspirador de pó). Também são gerados nos setores de carregamento do *bean* e envase.

A caracterização deste resíduo é mostrada no Quadro 20.

**QUADRO 20 - CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO EM PÓ GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3**

SETOR	TIPO	NATUREZA	CATEGORIA	PERICULOSIDADE	DISPOSIÇÃO
PREPARAÇÃO	resíduo alimentício em pó	sólida	resíduo orgânico	classe 3 - inerte	doação
Carregamento dos Beans	resíduo alimentício em pó	sólida	resíduo orgânico	classe 3 - inerte	doação
ENVASE	resíduo alimentício em pó	sólida	resíduo orgânico	classe 3 - inerte	doação

#### b.3) Efluentes

A caracterização dos efluentes gerados nesta linha de processamento é mostrada no Quadro 21.

**QUADRO 21 - CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE LÍQUIDO GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3**

SETOR	ORIGEM	PERICULOSIDADE	DISPOSIÇÃO
PREPARAÇÃO	água de limpeza dos misturadores e do piso	classe 3 - inerte	enviado para a ETE
Carregamento dos Beans	água de limpeza do piso	classe 3 - inerte	enviado para a ETE
	água de limpeza dos beans*		
ENVASE	água de limpeza da máquina de envase* e do piso	classe 3 - inerte	enviado para a ETE
NATUREZA DESTES EFLUENTES: Líquida.			

\* Algumas partes da máquina de envase são desmontadas e levadas à área específica de limpeza onde são lavadas. Os beans são lavados na área específica de limpeza.

### c) Quantificação dos resíduos

#### c.1) Resíduo de embalagem

##### ▪ Embalagem dos ingredientes

Levantou-se a quantidade de embalagem gerada durante uma semana para cada produto. Relacionaram-se as quantidades deste resíduo com o total de produto, e com a produção anual obtiveram-se os valores de geração anual mostrados na Tabela 45.

**TABELA 45 - QUANTIDADE DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM DOS INGREDIENTES GERADOS NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3**

	TOTAL ANUAL	PRODUTO Z	PRODUTO X	PRODUTO Y
Plástico (kg)	13 585,7270	2 670,2850	7 271,7020	3 643,7400
Papel kraft (kg)	890,2320	890,2320	—	—

Ano: 2000.

Na Tabela 45 pode-se observar a variação da quantidade do resíduo de embalagem gerado por produto que se deve à quantidade de cada produto elaborado no ano e a quantidade que contém embalagem de cada farinha infantil proveniente da linha de processamento 2, farinhas X e Y 15 kg e farinha Z 25 kg.

- Resíduo de embalagem de produto primária e secundária

O valor anual foi obtido tomando-se por base o somatório dos valores gerados mensalmente para cada tipo de resíduo retirados dos relatórios mensais de produção elaborados pela indústria.

A Tabela 46 apresenta a quantidade destes resíduos.

**TABELA 46 - QUANTIDADE DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM DE PRODUTO GERADOS NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3**

	TOTAL ANUAL	PROCESSAMENTOS DOS	
		Produtos X e Y*	Produtos Z
Potes (unidades)	6 529,0000	3 732,0000	2 797,0000
Alumínio (kg)	427,4300	36,7600	390,6700
Rótulos (kg)	264,5100	243,8400	20,6700

\* são apresentados em conjunto por ser processados na mesma máquina de envase.

Ano: 2000.

### c.2) Resíduo orgânico

Para quantificar os resíduos gerados estabeleceu-se um plano de coleta de dados. Disponibilizou-se um aparelho de sucção (aspirador de pó) com o qual recolheram-se os resíduos gerados ao final do dia produtivo. A princípio, estipulou-se que a coleta seria realizada durante quatro semanas produtivas para cada produto considerado no levantamento. Porém, como a duração do período de produção de cada produto era variável, quantificaram-se os resíduos gerados em torno de vinte dias produtivos (correspondente a quatro semanas produtivas).

Com o aparelho de sucção coletaram-se todos os resíduos gerados que foram pesados posteriormente. Com base nestes valores determinou-se o valor médio de geração por dia produtivo.

A Tabela 47 apresenta a quantidade do resíduo orgânico gerado.

**TABELA 47 - QUANTIFICAÇÃO DO RESÍDUO ORGÂNICO GERADO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3**

	GERAÇÃO MÉDIA*	DIAS PRODUTIVOS NO	TOTAL ANUAL (kg)
	(kg/dia)	ANO	
Produto X	2,3940	206	493,1640
Produto Y	2,2720	121	274,9120
Produto Z	2,4960	100	249,6000
Total =			1 017,6760

Ano: 2000.

\* os valores diários obtidos no levantamento estão no ANEXO 3.

Na Tabela 47 pode-se observar que a geração média por dia no processamento do produto Z é mais elevada devido à maior quantidade de ingredientes na formulação deste produto. Porém, a geração anual foi maior para o produto X devido ao maior número de dias produtivos.

### c.3) Efluente

Primeiramente determinaram-se as vazões médias de cada mangueira utilizada na linha de processamento 3 que são apresentadas na Tabela 48.

#### ▪ Efluente gerado na limpeza do piso

Para cada setor da linha produtiva observou-se o procedimento de execução desta limpeza: tipo de mangueira, frequência de realização, tempo dispendido. O tempo médio foi obtido cronometrando-se a operação por quatro vezes.

Com os valores médios do tempo e da vazão calculou-se o volume de água gasto que foi considerado como o volume de efluente gerado.

Na Tabela 48 são apresentadas as informações utilizadas para a determinação do volume de efluente gerado na limpeza do piso.

TABELA 48 - VOLUME DE EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DO PISO NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3

	SETOR MISTURA	SETOR CARREGAMENTO <i>BEANS</i>	SETOR ENVASE
Frequência	1 x semana	2 x dia	1 x mês
Vazão média mangueira (m <sup>3</sup> /minuto)	0,0380 <sup>a</sup>	0,0402 <sup>a</sup>	0,0077 <sup>b</sup>
Tempo médio de limpeza (minutos)	8	10	60
Consumo de água por lavagem (m <sup>3</sup> )	0,3040	0,4020	0,4620
Consumo de água diário (m <sup>3</sup> )	—	0,8040	—
Dias produtivos no ano	—	267	—
Semanas produtivas no ano	52	—	—
Meses produtivos no ano	—	—	12
Total anual (m <sup>3</sup> )	15,8080	214,6680	5,5440

Ano: 2000.

<sup>a</sup>: Corresponde a média aritmética de quatro repetições (ANEXO 3).

<sup>b</sup>: FONTE:ELECTROLUX DO BRASIL S/A, 1999.



- Efluente gerado na limpeza dos equipamentos

O efluente gerado na higienização de cada equipamento foi quantificado separadamente e as informações utilizadas e o consumo anual da água de lavagem são apresentadas nas Tabelas 49, 50 e 51.

**TABELA 49 - EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DOS MISTURADORES NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3**

	EQUIPAMENTO A			EQUIPAMENTO B		
	Misturador	Peneira	Total	Misturador	Peneira	Total
Frequência	1 x semana	1 x semana	–	1 x semana	1 x semana	–
Vazão média (m <sup>3</sup> /minuto)	0,0380 <sup>a</sup>	0,0118 <sup>b</sup>	–	0,0380 <sup>a</sup>	0,0118 <sup>b</sup>	–
Tempo médio de limpeza (minutos)	20	17	–	20	17	–
Consumo água/lavagem (m <sup>3</sup> )	0,7600	0,2006	0,9606	0,7600	0,2006	0,9606
Semanas produtivas	51	51	–	20	20	–
Sub-total anual (m <sup>3</sup> )	38,7600	10,2306	48,9906	15,2000	4,0120	19,2120
Limpeza do piso (m <sup>3</sup> )	10 min x 0,0402 m <sup>3</sup> /min =		0,4020	10 min x 0,0402 m <sup>3</sup> /min =		0,4020
Total anual (m <sup>3</sup> )	–	–	49,3926	–	–	19,6140
Consumo total anual = 49,3926 + 19,6140 = 69,0066 m <sup>3</sup> (dois equipamentos)						

Ano: 2000.

<sup>a</sup>: Corresponde a média aritmética de quatro repetições (ANEXO 3).

<sup>b</sup>: FONTE: ELECTROLUX DO BRASIL S/A, 1999.

**TABELA 50 - EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DOS BEANS NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3**

	PRODUTO X	PRODUTO Y	PRODUTO Z	TOTAL
Frequência	1 x semana	1 x semana	1 x semana	–
Vazão média (m <sup>3</sup> /minuto)*	0,0118	0,0118	0,0118	–
Tempo médio de limpeza (minutos)	8	8	8	–
Consumo lavagem/ bean (m <sup>3</sup> )	0,0944	0,0944	0,0944	–
Número de beans usado por produto	3	3	3	–
Semanas produtivas	41	24	20	–
Total anual (m <sup>3</sup> )	11,6112	6,7968	5,6640	24,0720

Ano: 2000.

\* FONTE: ELECTROLUX DO BRASIL S/A, 1999.

**TABELA 51 - EFLUENTE GERADO NA LIMPEZA DAS MÁQUINAS DE ENVASE NA LINHA DE PROCESSAMENTO 3**

	PRODUTO X E Y	PRODUTO Z	TOTAL
Frequência	1 x semana	2 x semana	—
Vazão média (m <sup>3</sup> /minuto)*	0,0118	0,0118	—
Tempo médio de limpeza (minutos)	4	4	—
Consumo por lavagem (m <sup>3</sup> )	0,0472	0,0472	—
Consumo semanal (m <sup>3</sup> )	0,0472	0,0944	—
Semanas produtivas	52	20	—
Total anual (m <sup>3</sup> )	2,4544	1,8880	4,3424

Ano: 2000.

\* FONTE: ELECTROLUX DO BRASIL S/A, 1999.

Na Tabela 52 é apresentado o volume total de efluente gerado na limpeza manual de todos os equipamentos da linha de processamento 3.

**TABELA 52 - EFLUENTE GERADO NA HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 3**

	TOTAL ANUAL	EQUIPAMENTOS		
		Misturadores	Beans	Máquinas de Envase
Efluente (m <sup>3</sup> )	97,4210	69,0066	24,0720	4,3424

Ano: 2000.

## 4.1.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 4.1.2.1 Água

A água utilizada pela fábrica é de origem da rede pública (SANEPAR) e é empregada para os seguintes fins:

- **Ingrediente**

Apenas a água utilizada na formulação dos produtos da linha de processamento 1 passa por uma estação de tratamento onde sofre filtração de sólidos, cloração e decoloração no filtro de carvão ativado.

- **Geração de vapor**

A água sofre tratamento específico para se adequar aos padrões recomendados.

O vapor é usado como meio de aquecimento na linha de processamento 1, na esterilização dos produtos e na linha de processamento 2 para evaporar a água, reduzindo o teor de umidade dos produtos.

- Higienização dos equipamentos

Devido às linhas de processamento produzirem mais de um tipo de produto para atender a demanda é feita uma programação da produção. Com as trocas de produtos processados há necessidade de higienizar os equipamentos.

A limpeza dos equipamentos das linhas de processamento 2 e 3 é realizada com água pressurizada (proveniente de máquina de alta pressão) e/ou água de mangueira sem redutor de vazão na extremidade (tubulação flexível: mangote de 2,5 centímetros de diâmetro interno) após o ciclo produtivo. O procedimento é variável de acordo com as dificuldades encontradas em cada local (equipamento). Por isso, verifica-se variação das medidas de consumo de água em cada etapa.

Na linha de processamento 1 emprega-se o sistema *CIP* para higienizar equipamentos e tubulações realizada no final do dia. Quando há troca de produto durante o turno de produção, as etapas do *CIP* executadas variam conforme a sequência dos produtos.

As águas provenientes dos enxágues bem como as soluções de limpeza não são recuperadas/recicladas.

- Processo de limpeza das instalações (piso, paredes)

A frequência deste procedimento é variável com as características da área da linha de processamento.

- Processo de resfriamento

A linha de processamento 1 emprega água de resfriamento e água gelada provenientes respectivamente de torre de resfriamento e do *Chiller*.

- Demais usos

A água é também utilizada nos laboratórios, lavanderia, refeitório e requerimentos sanitários.

#### **4.1.2.2 Efluentes**

Os efluentes gerados em todos os setores produtivos da indústria e esgoto sanitário são enviados para a estação de tratamento de efluentes industriais que opera por sistema de tratamento biológico do tipo lagoas aeradas mecanicamente (estação única central). O sistema consiste de: caixa receptora, bomba, peneira, lagoa um, lagoa dois e lagoa três e canal de descarga. A aeração nas lagoas um e dois é realizada por meio de aeradores mecânicos de superfície. A lagoa 3 funciona como um decantador secundário.

#### **4.1.2.3 Resíduos sólidos orgânicos**

Os resíduos são recolhidos em sacos plásticos e no final do turno são transportados ao setor de resíduo industrial, sendo dispostos em caçambas específicas onde permanecem até o momento do carregamento. Com exceção do resíduo do floqueador na linha de processamento 2 que é utilizado como matéria-prima do mesmo produto, os demais são utilizados para alimentação animal em propriedade rural de pequeno porte da região.

#### **4.1.2.4 Resíduos sólidos de embalagens**

Há um programa de gerenciamento destes resíduos. As embalagens de matérias-primas são segregadas por tipo no próprio setor e no final do turno são levadas ao setor de resíduo industrial onde permanecem até o momento do carregamento. O mesmo ocorre com as embalagens secundárias de produto final. As embalagens são vendidas com preço diferenciado por tipo e destinadas à reciclagem.

Os ingredientes são recebidos embalados e o tipo de embalagem está relacionado ao tipo de ingrediente. Após estes serem usados são gerados resíduos de embalagem.

As embalagens dos produtos químicos usados na higienização dos equipamentos (bombonas plásticas) são retornáveis na compra destes produtos. O valor pago pela empresa corresponde apenas ao conteúdo líquido. Por isso, não foram consideradas no levantamento.

## 4.2 PRIORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Os resíduos apresentados no item 4.1 (levantamento do processo industrial) foram priorizados com a utilização de um modelo matemático.

Adotou-se o modelo matemático proposto por CERCAL (1999) porque possibilita a priorização dos processos produtivos de uma indústria considerando os aspectos econômico, de risco ambiental e de viabilidade técnica (facilidade de minimização).

O modelo adotado é flexível e aplicável a mais processos produtivos bastando para tal pequenas redefinições das variáveis, não sendo necessárias grandes alterações nas equações matemáticas.

Geralmente, os modelos utilizam matrizes simplificadas e para casos específicos. O modelo utilizado é genérico e foi desenvolvido para as indústrias da região metropolitana de Curitiba – Paraná local onde realizou-se este trabalho.

As simplificações no modelo foram feitas conforme a necessidade de adequação ao cenário da indústria.

Salienta-se que neste trabalho a variável equipamento do modelo matemático foi considerada linha produtiva.

Como cada resíduo apresenta uma composição específica e diferenciada dos demais não se considerou o fator composição, por isso  $X_{hjk}$  foi sempre 1 (100%).

Para simplificação, considerou-se os resíduos gerados por linha produtiva e não a geração por produto processado porque os valores de geração anuais foram estimados a partir do valor médio gerado por turno ou dia produtivo de cada produto, com uso do multiplicador apropriado, fazendo com que a maior quantidade de resíduo gerada no processo de determinado produto variasse em função do maior número de turnos ou dias produtivos/produto.

Cada resíduo recebeu uma codificação para facilitar a apresentação dos resultados da priorização. O código do resíduo e a sua identificação é apresentada na Tabela 53.

TABELA 53 - CODIFICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

RESÍDUO	IDENTIFICAÇÃO	LINHA DE PROCESSAMENTO
R1	resíduo de embalagem de ingrediente - plástico	1,2,3
R2	resíduo de embalagem de ingrediente - papel kraft	1,2,3
R3	resíduo de embalagem de ingrediente - papelão	1,2
R4	resíduo de embalagem de ingrediente - saco de rafia	1,2
R5	resíduo de embalagem de ingrediente - bombonas plásticas	1
R6	resíduo de embalagem de ingrediente - barrica de papelão	1
R7	resíduo de embalagem cartonada de produto final	1
R8	resíduo de embalagem secundária - papelão	1
R9	resíduo de embalagem secundária - plástico	1
R10	canudos plásticos	1
R11	rótulos de papel	3
R12	selo de alumínio	3
R13	resíduo de embalagem de produto - pote plástico	3
R14	resíduo em pó gerado no setor de preparação	1
R15	resíduo em pó gerado na unidade produtiva	2
R16	resíduo úmido	2
R17	resíduo seco	2
R18	resíduo do floqueador	2
R19	resíduo em pó gerado na unidade produtiva	3
R20	efluente gerado na limpeza do piso do setor de preparação	1
R21	efluente gerado na limpeza do piso do setor de preparação	2
R22	efluente gerado na limpeza do piso do setor de preparação (mistura e carregamento dos <i>beans</i> )	3
R23	efluente gerado na limpeza do piso do setor de esterilização	1
R24	efluente gerado na limpeza do piso do setor de envase	1
R25	efluente gerado na limpeza do piso do setor de embalagem secundária	1
R26	efluente gerado na limpeza do piso dos setores de secagem e granulometria	2
R27	efluente gerado na limpeza do piso no setor de envase	3
R28	água de diluição do peróxido de hidrogênio	1
R29	água de rolagem da esteira	1
R30	efluente gerado na higienização automática dos equipamentos	1
R31	efluente gerado na limpeza manual dos equipamentos	1,2,3
R32	água para esterilização dos equipamentos	1
R33	água de arrefecimento dos equipamentos	1,2
R34	água gelada	1
R35	água de resfriamento (diminuir a temperatura do produto)	1
R36	efluente gerado na limpeza da torre de resfriamento	1
R37	água morna	2
R38	água evaporada	2
R39	água proveniente do painel de curvas	1

#### 4.2.1 ANÁLISE POR VALOR

Conforme as informações obtidas no levantamento industrial, as destinações dadas aos resíduos foram: venda, reutilização, disposição (doação), tratamento, disposição (em aterro) e descarte no ar, cujas características são mostradas na Tabela 54. As classes de destinação foram escolhidas dentre todas as classes de destinação propostas pelo modelo matemático adotado (apresentadas anteriormente na Tabela 06 do capítulo material e métodos). Salienta-se que cada resíduo sofre apenas um tipo de destinação.

TABELA 54 - CARACTERÍSTICAS DAS CLASSES DE DESTINAÇÃO

DESTINAÇÃO	CLASSE	$D_{\$+}^{S/N}$	$D_{\$B}^{S/N}$	$D_{\$T}^{S/N}$	$D_{\$TD}^{S/N}$	$D_{\$GP}^{S/N}$	$D_{\$R}^{S/N}$	$\xi_{Bh}$
D1: venda	2-D	0	0	0	0	1	1	+0,82
D2: reutilização	3-A	1	1	0	0	0	0	+0,80
D3: disposição (doação)	5-A	0	0	1	1	1	0	-0,20
D4: tratamento	5-B	0	0	0	1	1	0	-0,40
D5: disposição (em aterro)	5-C	0	0	1	1	1	0	-0,60
D6: disposição (no ar)	5-B	0	0	0	1	1	0	-0,40

Obs.: Os valores (um) e (zero) indicam respectivamente, se o custo deve ou não ser considerado.  
 $D^{S/N}$ : destinação sim ou não.

Ressalta-se que CERCAL (1999) considerou destinação final o conjunto de procedimentos executados sobre o resíduo desde o seu surgimento até o seu desaparecimento ou disposição final.

A análise dos resíduos por valor não representa apenas análise econômica, visto que o valor do resíduo foi corrigido considerando os aspectos ambientais (variáveis  $\xi$  e  $\Delta S\%$ ) e os aspectos técnicos (variáveis  $\Omega$  e  $K$ ). Para cada resíduo selecionaram-se os parâmetros matemáticos de cada variável propostos por CERCAL (1999).

Os valores  $\Omega$ ,  $K_{jk}$ ,  $\Delta S\%$  foram atribuídos conforme as características dos resíduos e  $\xi_{Bh}$  foi determinado pela sua classe de destinação. Na Tabela 55 são apresentadas as características dos resíduos.

TABELA 55 - CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS

RESÍDUOS	$\Omega$	$K_{jk}$	$\Delta S^{\%}_i$	DESTINAÇÃO	$\xi_{Bh}$	$W_{TOTAL}$ (kg/ano)
R1	1,0	1,0	1,0	D1	+0,82	16 948,6231
R2	1,0	1,0	1,0	D1	+0,82	15 682,0988
R3	1,0	1,0	1,0	D1	+0,82	220,7940
R4	1,0	1,0	1,0	D1	+0,82	3 989,5700
R5	1,0	1,0	1,0	D1	+0,82	851,0000
R6	1,0	1,0	1,0	D1	+0,82	436,0000
R7	1,0	0,9	1,0	D5	-0,60	2 987,6300
R8	1,0	0,9	1,0	D1	+0,82	51,0400
R9	1,0	0,9	1,0	D1	+0,82	9,1000
R10	1,0	0,9	1,0	D1	+0,82	3,2890
R11	1,0	0,9	1,0	D1	+0,82	264,5100
R12	1,0	0,9	1,0	D5	-0,60	427,4300
R13	1,0	0,9	1,0	D1	+0,82	293,8050
R14	0,8	1,1	0,5	D3	-0,20	52,7568
R15	0,8	1,1	0,5	D3	-0,20	935,3688
R16	0,8	0,9	0,5	D3	-0,20	24 469,8378
R17	0,8	0,9	0,5	D3	-0,20	2 262,1078
R18	0,8	0,9	0,5	D2	+0,80	21 869,2584
R19	0,8	0,9	0,5	D3	-0,20	1 017,6760
R20	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	81 432,0000
R21	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	665 613,0000
R22	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	230 476,0000
R23	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	20 706,0000
R24	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	43 639,2000
R25	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	1 848,0000
R26	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	358 919,4000
R27	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	5 544,0000
R28	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	497 565,1800
R29	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	73 950,0000
R30	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	4 068 573,8000
R31	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	1 586 031,4000
R32	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	73 080,0000
R33	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	4 771 612,3000
R34	1,2	1,1	3,0	D2	+0,80	9 200,0000
R35	1,2	1,1	3,0	D2	+0,80	4 000,0000
R36	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	127 607,5000
R37	0,8	1,0	3,0	D4	-0,40	191 390,0000
R38	0,8	0,9	3,0	D6	-0,40	2 687 855,6110
R39	1,2	1,1	3,0	D4	-0,40	17 539,2000

Ressalta-se a igualdade das seguintes variáveis:  $\xi_{Bh} = \xi_B$ ;  $K_{jk} = K$ ;  $\Delta S^{\%}_i = \Delta S^{\%}$

As destinações VENDA e REUTILIZAÇÃO com  $\xi_{Bh} > 0$  são ambientalmente aceitáveis, as demais, àquelas com  $\xi_{Bh} < 0$ , são tipos de destinação ambientalmente impróprias segundo os valores de  $\xi_{Bh}$  propostos por CERCAL (1999). Portanto, observando-se os valores  $\xi_{Bh}$  de cada resíduo na Tabela 55 verifica-se que dos 39 resíduos apenas 14 sofrem uma destinação ambientalmente aceitável. Ressalta-se



que dentre os 25 resíduos restantes estão os efluentes que são devidamente tratados antes de serem lançados no corpo receptor.

Desconsiderou-se a variação da quantidade gerada de resíduos com o produto processado, por isso a variável  $W_k$  foi 1 para todos os resíduos. Uma vez que o levantamento foi realizado por linha produtiva.

Para cada resíduo atribuiu-se um  $\Delta S^{\%}_i$ . Para os resíduos orgânicos admitiu-se o valor mínimo que deve ser considerado como padrão de variação do valor monetário dos materiais constituintes do resíduo, ou seja 50% (0,5). Para os resíduos de embalagem 100% (1,0) por serem mais impactantes quando lançados indevidamente no meio ambiente.

Para os resíduos que apresentam água na composição escolheu-se o maior valor admissível de  $\Delta S^{\%}_i$ , ou seja, 300% (3,0) visto que a água está entrando na taxação progressiva.

Para as variáveis  $K_{jk}$ ,  $\Delta S^{\%}_i$ ,  $\xi_{Bh}$  deve-se ponderá-las com as equações 11, 02 e 08 para determinar  $K$ ,  $\Delta S^{\%}$ ,  $\xi_B$  respectivamente, porém devido às simplificações realizadas o valor de  $W_k$  foi 1 e mesmo o valor de  $Z_{jk}$  sendo diferenciado não se modificaria os valores obtidos pelas equações, tendo-se a igualdade das variáveis  $K_{jk}$  e  $K$ ,  $\Delta S^{\%}_i$  e  $\Delta S^{\%}$ ,  $\xi_{Bh}$  e  $\xi_B$ .

A relação dos resíduos com o processo foi determinada como INTRÍNSECO para os resíduos orgânicos cuja composição está intimamente relacionada com o produto, água morna que é ingrediente e água evaporada; SEMI-INTRÍNSECO para os resíduos de embalagem que possuem composição diferenciada do produto porém a quantidade gerada está relacionada a produção (quantidade de produto elaborada) e EXTRÍNSECO para os resíduos cuja composição não está relacionada ao produto processado, como os efluentes provenientes da limpeza do piso e equipamentos.

A constância dos resíduos (variável  $K_{jk}$ ) é atribuída considerando a quantidade e a composição do resíduo. Como cada resíduo tem a composição constante, considerou-se o modo de geração para classificá-los.

Utilizou-se o coeficiente de variação (CV) como medida de dispersão para verificar a variabilidade dos dados em relação à média obtida no plano de coleta das quantidades dos resíduos.

Segundo FONSECA & MARTINS (1995), para  $CV \leq 15\%$  existe uma pequena variabilidade (dispersão), para  $15\% < CV < 30\%$  tem-se uma média dispersão e para  $CV \geq 30\%$  há uma grande variabilidade.

Então, para os resíduos que apresentaram  $CV \geq 30\%$  atribuiu-se o índice padrão  $K_{jk} = 0,9$  (VARIÁVEL) entre os quais R16, R17, R18 e R38 (gerados na linha de processamento 2) e R19 (gerado na linha de processamento 3).

Baseando-se nas condições operacionais, os resíduos R7, R8, R9, R10, R11, R12 e R13 foram determinados como VARIÁVEL por serem gerados quando ocorrem falhas operacionais.

Para aqueles cujo  $CV$  foi  $\leq 15\%$  concedeu-se o índice padrão  $K_{jk} = 1,1$  (FIXO), recebendo esta classificação os resíduos (R14 e R15) e os efluentes visto que a composição e a quantidade gerada por procedimento é sempre a mesma.

Os resíduos cuja quantidade gerada por formulação é a mesma, porém varia com a quantidade de produto elaborada foram classificados como SEMI-FIXO.

Os custos unitários ( $\$^+_{i}$ ,  $\$^-_B$ ,  $\$^-_T$ ,  $\$^-_{TD}$ ,  $\$^-_{GP}$ ,  $\$^+_R$ ) de cada resíduo foram levantados conforme a necessidade imposta pelo modelo, isto é, determinaram-se apenas os custos cuja destinação indicou a necessidade de cálculo. Os custos envolvidos para cada resíduo são apresentados na Tabela 56.

As equações 01, 03, 04, 05, 06 e 07 ponderam os custos unitários do resíduo entre todas as linhas produtivas onde o mesmo é gerado e para todos os produtos considerados para análise. Entretanto, não foi necessário ponderá-los porque a variável  $W_K$  teve valor 1,0 e a variável  $Z_{jk}$  que diferencia a quantidade gerada do resíduo por linha produtiva sendo multiplicada pelo mesmo custo chegar-se-ia ao mesmo valor se considerasse  $Z_{jk}$  igual a 1,0, isto porque o custo unitário de cada resíduo é o mesmo em todas as linhas de processamento onde é gerado. Portanto, o valor unitário é igual ao valor corrigido.

Ressalta-se que para o cálculo do custo de geração e permanência dos resíduos consideraram-se os gastos com material, energia, mão-de-obra e espaço relacionados à geração e à permanência dos resíduos na fábrica conforme a linha de processamento onde são gerados. Salienta-se que a permanência do resíduo na indústria não traz problemas sérios, uma vez que nunca ocorreu paralisação do processo produtivo por não existir espaço físico para armazenar o resíduo.

TABELA 56 - DADOS ECONÔMICOS DOS RESÍDUOS

RESÍDUOS	\$ <sup>+</sup> <sub>i</sub>	\$ <sup>-</sup> <sub>B</sub>	\$ <sup>-</sup> <sub>T</sub>	\$ <sup>-</sup> <sub>TD</sub>	\$ <sup>-</sup> <sub>GP</sub>	\$ <sup>+</sup> <sub>R</sub>	\$ <sup>'</sup>
R1	-	-	-	-	0,1208	0,2500	+0,1292
R2	-	-	-	-	0,1208	0,1300	+0,0092
R3	-	-	-	-	0,1208	0,1300	+0,0092
R4	-	-	-	-	0,1208	1,0317	+0,9109
R5	-	-	-	-	0,1208	0,6569	+0,5361
R6	-	-	-	-	0,1208	0,2500	+0,1292
R7	-	-	0,1703	0	7,8375	-	-8,0078
R8	-	-	-	-	1,5833	0,1300	-1,4533
R9	-	-	-	-	4,7188	0,2500	-4,4688
R10	-	-	-	-	3,1208	0,2500	-2,8708
R11	-	-	-	-	4,1208	0,1300	-3,9908
R12	-	-	0,1703	0	15,9208	-	-16,0911
R13	-	-	-	-	5,6763	0,1300	-5,5463
R14	-	-	0	0	0,3008	-	-0,3008
R15	-	-	0	0	1,3794	-	-1,3794
R16	-	-	0	0	0,8260	-	-0,8260
R17	-	-	0	0	1,4868	-	-1,4868
R18	1,4568	0,0200	-	-	-	-	+1,4368
R19	-	-	0	0	2,0826	-	-2,0826
R20	-	-	-	0,0005	0,0016	-	-0,0021
R21	-	-	-	0,0005	0,0016	-	-0,0021
R22	-	-	-	0,0005	0,0016	-	-0,0021
R23	-	-	-	0,0005	0,0016	-	-0,0021
R24	-	-	-	0,0005	0,0016	-	-0,0021
R25	-	-	-	0,0005	0,0016	-	-0,0021
R26	-	-	-	0,0005	0,0016	-	-0,0021
R27	-	-	-	0,0005	0,0016	-	-0,0021
R28	-	-	-	0,0005	0,0125	-	-0,0130
R29	-	-	-	0,0005	0,0036	-	-0,0041
R30	-	-	-	0,0005	0,0053	-	-0,0058
R31	-	-	-	0,0005	0,0017	-	-0,0022
R32	-	-	-	0,0005	0,0267	-	-0,0272
R33	-	-	-	0,0005	0,0016	-	-0,0021
R34	0,0016	0	-	-	-	-	+0,0016
R35	0,0016	0	-	-	-	-	+0,0016
R36	-	-	-	0,0005	0,0016	-	-0,0021
R37	-	-	-	0,0005	0,0203	-	-0,0208
R38	-	-	-	0	0,0016	-	-0,0016
R39	-	-	-	0,0005	0,0016	-	-0,0021

Custos : R\$/kg. (A unidade de peso quilograma foi definida como base).

Os custos foram determinados baseados informações da indústria. Ressalta-se que os dados não disponíveis foram estimados.

Os espaços preenchidos com – indica que não é necessário considerar o custo.

\$<sup>'</sup> calculado pela equação 10.

O fator de correção do valor unitário de cada resíduo ( $\delta^+$  ou  $\delta^-$ ), o custo corrigido (\$) e o custo total (\$<sub>TOTAL</sub>) calculados bem como a ordem de priorização são apresentados na Tabela 57.

TABELA 57 - RESULTADOS DA ANÁLISE POR VALOR

RESÍDUOS	(K.Ω)	$\xi$	$\delta^+$ ou $\delta^-$	\$	\$ <sub>TOTAL</sub>	ORDEM DE PRIORIDADE	
R1	1,00	+0,82	$\delta^+ = 1,820$	+0,2351	+3 984,6213	1	R30
R2	1,00	+0,82	$\delta^+ = 1,820$	+0,0167	+261,8911	2	R7
R3	1,00	+0,82	$\delta^+ = 1,820$	+0,0167	+3,6873	3	R33
R4	1,00	+0,82	$\delta^+ = 1,820$	+1,6578	+6 613,9091	4	R28
R5	1,00	+0,82	$\delta^+ = 1,820$	+0,9757	+830,3207	5	R16
R6	1,00	+0,82	$\delta^+ = 1,820$	+0,2351	+102,5036	6	R31
R7	0,90	-0,60	$\delta^- = 1,440$	-11,5312	-34 450,9591	7	R12
R8	0,90	+0,82	$\delta^- = 0,162$	-0,2354	-12,0148	8	R37
R9	0,90	+0,82	$\delta^- = 0,162$	-0,7239	-6,5875	9	R38
R10	0,90	+0,82	$\delta^- = 0,162$	-0,4651	-1,5297	10	R32
R11	0,90	+0,82	$\delta^- = 0,162$	-0,6465	-171,0057	11	R21
R12	0,90	-0,60	$\delta^- = 1,440$	-23,1712	-9 904,0660	12	R17
R13	0,90	+0,82	$\delta^- = 0,162$	-0,8985	-263,9838	13	R26
R14	0,88	-0,10	$\delta^- = 0,968$	-0,2912	-15,3628	14	R19
R15	0,88	-0,10	$\delta^- = 0,968$	-1,3353	-1 248,9980	15	R22
R16	0,72	-0,10	$\delta^- = 0,792$	-0,6542	-16 008,1679	16	R15
R17	0,72	-0,10	$\delta^- = 0,792$	-1,1775	-2 663,6319	17	R29
R18	0,72	+0,40	$\delta^+ = 1,944$	+2,7931	+61 083,0256	18	R36
R19	0,72	-0,10	$\delta^- = 0,792$	-1,6494	-1 678,5548	19	R20
R20	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0061	-496,7352	20	R24
R21	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0061	-4 060,2393	21	R13
R22	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0061	-1 405,9036	22	R11
R23	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0061	-126,3066	23	R23
R24	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0061	-266,1991	24	R39
R25	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0061	-11,2728	25	R27
R26	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0061	-2 189,4083	26	R14
R27	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0061	-33,8184	27	R8
R28	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0378	-18 807,9638	28	R25
R29	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0120	-887,4000	29	R9
R30	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0168	-68 352,0398	30	R10
R31	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0064	-10 150,6010	31	R3
R32	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0790	-5 773,3200	32	R35
R33	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0061	-29 106,8350	33	R34
R34	1,32	+2,40	$\delta^+ = 2,576$	+0,0041	+37,7200	34	R6
R35	1,32	+2,40	$\delta^+ = 2,576$	+0,0041	+16,4000	35	R2
R36	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0061	-778,4058	36	R5
R37	0,80	-1,20	$\delta^- = 1,760$	-0,0366	-7 004,8740	37	R1
R38	0,72	-1,20	$\delta^- = 1,584$	-0,0025	-6 719,6390	38	R4
R39	1,32	-1,20	$\delta^- = 2,904$	-0,0061	-106,9891	39	R18

$$\xi = \xi_B \cdot \Delta S\%$$

Os fatores de correção foram calculados pelas equações  $\delta^+ = (1+\xi)/(K.\Omega)$  ou  $\delta^- = (1-\xi).(K.\Omega)$  e posteriormente foram multiplicados por \$' obtendo \$.

$$\$_{TOTAL} = \$ \cdot W_{TOTAL}$$

Segundo CERCAL (1999), se o valor monetário total do resíduo (\$<sub>TOTAL</sub>) é negativo representa prejuízo e quando positivo lucro que a indústria tem por dar ao

mesmo a destinação considerada. Portanto, os resíduos que apresentam maior prejuízo, ou seja, menor valor global foram os de maior prioridade. Na Tabela 57 é possível observar a ordem crescente de priorização dos resíduos considerando-se apenas a análise por valor.

A priorização da análise por valor foi estabelecida pelo valor de  $\$_{TOTAL}$  calculado pela multiplicação do  $\$'$  (valor unitário corrigido) pelo  $W_{TOTAL}$  (quantidade gerada do resíduo). Verificou-se a importância da variável  $W_{TOTAL}$  visto que se o resíduo tem um alto valor unitário corrigido  $\$$  mas é gerado em pequena quantidade ele não será o mais prioritário para a indústria. Exemplificando, o R30 que apresentou ( $\$=-0,0168$ ) e por ter ( $\$_{TOTAL} = -68\,352,0398$ ) ocupou a primeira posição de prioridade, já o R12 com ( $\$=-23,1712$ ) apresentou ( $\$_{TOTAL} = -9\,904,0660$ ) ocupando a sétima posição.

Os resíduos que apresentaram o mesmo  $\$$  não receberam a mesma ordem de priorização por serem gerados em quantidades diferenciadas e por isso obtiveram-se  $\$_{TOTAL}$  diferentes.

Na Tabela 56 é possível observar que os resíduos R8, R9, R10, R11 e R13 sofrem uma destinação ambientalmente correta (venda), porém como o retorno obtido (preço de venda) é menor que o custo de geração e permanência o gerenciamento destes resíduos conferem prejuízo à indústria. Entretanto, como são gerados em pequenas quantidades não foram os mais prioritários, ocupando a seguinte ordem de priorização (R8: 27°, R9: 29°, R10: 30°, R11: 22° e R13: 21°).

A análise do custo total ( $\$_{TOTAL}$ ) de cada resíduo, mostrado na Tabela 57, permitiu verificar que dos 39 resíduos analisados apenas nove (23,08%) proporcionam lucro à empresa, cujo valor é (R\$ + 72 934,0787) e os demais (76,92%) prejuízo (R\$ - 222 702,8123) revelando que a empresa tem um saldo total negativo de R\$ - 149 768,7336. Conclui-se que o gerenciamento dado a maioria dos resíduos não representa vantagem à empresa cabendo a mesma reduzir a geração ou melhorar a destinação dos resíduos.

Recomenda-se a realização de pesquisa de mercado para verificar a possibilidade de aumentar o custo de venda dos resíduos praticados pela empresa. Também deve-se estudar a possibilidade de adotar destinações que forneçam mais benefícios à indústria. Por exemplo, resíduos orgânicos poderiam ser vendidos ao invés de doados e os resíduos de embalagem cartonada poderiam ser reciclados.

É importante ressaltar que os valores de  $\$_{TOTAL}$  não são puramente econômicos (não trata apenas de custo), uma vez que nele estão embutidos os aspectos econômicos e também os ambientais. É um artifício do modelo para selecionar as prioridades de minimização. Observa-se que o modelo enfatiza muito a questão ambiental avaliando as diferenças dos valores unitários dos resíduos  $\$'$  (não corrigido) e  $\$$  (corrigido).

#### **4.2.2 ANÁLISE POR RISCOS**

Para o processo de tomada de decisão foi necessário adotar uma metodologia para analisar as interações dos resíduos com o meio ambiente. Segundo VALLE (1995), a análise de riscos é uma ferramenta importante para identificar os pontos vulneráveis de uma instalação industrial para elaborar um programa de redução de riscos, uma vez que é essencial verificar os efeitos dos resíduos sobre o meio ambiente físico: a água, o solo e o ar, por isso efetuou-se a análise por riscos.

A análise de riscos do modelo de priorização adotado é multicriterial, ou seja, engloba fatores humanos (danos à saúde), ambientais (periculosidade do resíduo) e jurídicos (penalidades e reclamações), com uma ponderação diferenciada que permite avaliar a magnitude dos resíduos sobre o meio ambiente, assim os resíduos com riscos mais graves devem ser priorizados em primeiro lugar.

A classificação dos resíduos quanto à periculosidade e as respostas das questões da análise por riscos são apresentadas na Tabela 58.

TABELA 58 - PERICULOSIDADE DOS RESÍDUOS E RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DA ANÁLISE POR RISCOS

RESÍDUO	II	EXISTEM DADOS?	DANOS À SAÚDE?	RECLAMAÇÕES?	PENALIZAÇÕES?	$\Sigma Q_{jk}$
R1	3	sim	isento	isento	isento	0
R2	3	sim	isento	isento	isento	0
R3	3	sim	isento	isento	isento	0
R4	3	sim	isento	isento	isento	0
R5	3	sim	isento	isento	isento	0
R6	3	sim	isento	isento	isento	0
R7	3	sim	isento	isento	isento	0
R8	3	sim	isento	isento	isento	0
R9	3	sim	isento	isento	isento	0
R10	3	sim	isento	isento	isento	0
R11	3	sim	isento	isento	isento	0
R12	3	sim	isento	isento	isento	0
R13	3	sim	isento	isento	isento	0
R14	3	sim	isento	isento	isento	0
R15	3	sim	isento	isento	isento	0
R16	3	sim	isento	isento	isento	0
R17	3	sim	isento	isento	isento	0
R18	3	sim	isento	isento	isento	0
R19	3	sim	isento	isento	isento	0
R20	3	sim	isento	isento	potencial	1
R21	3	sim	isento	isento	potencial	1
R22	3	sim	isento	isento	potencial	1
R23	3	sim	isento	isento	potencial	1
R24	3	sim	isento	isento	potencial	1
R25	3	sim	isento	isento	potencial	1
R26	3	sim	isento	isento	potencial	1
R27	3	sim	isento	isento	potencial	1
R28	3	sim	isento	isento	potencial	1
R29	3	sim	isento	isento	potencial	1
R30	2	sim	potencial	isento	potencial	5
R31Lp1,3	3	sim	isento	isento	potencial	1
R31Lp2	2	sim	potencial	isento	potencial	5
R32	2	sim	isento	isento	potencial	1
R33	3	sim	isento	isento	potencial	1
R34	3	sim	isento	isento	potencial	1
R35	3	sim	isento	isento	potencial	1
R36	3	sim	isento	isento	potencial	1
R37	2	sim	isento	isento	potencial	1
R38	3	sim	isento	potencial	isento	2
R39	3	sim	isento	isento	potencial	1

Na Tabela 58, pode-se observar que todos os resíduos analisados foram classificados como resíduos não essencialmente prioritários porque todas as respostas da pergunta EXISTEM DADOS foram SIM e das perguntas DANOS À SAÚDE, RECLAMAÇÕES e PENALIZAÇÕES não foram JÁ OCORREU.

Os resíduos que tiveram resposta EM POTENCIAL para a pergunta DANOS À SAÚDE foram aqueles que contêm produtos químicos.

O único resíduo que recebeu resposta EM POTENCIAL na questão RECLAMAÇÕES foi o resíduo R38 por se tratar de emissão atmosférica devido ao odor que apresenta, embora seja um odor agradável e que até o presente momento não foi registrada nenhuma reclamação.

Os efluentes líquidos foram os resíduos que tiveram a resposta EM POTENCIAL para a questão PENALIDADES porque, caso ocorram variações no fluxo destes, a eficiência da ETE pode ser prejudicada fazendo com que o efluente lançado não esteja de acordo com os padrões legais.

O somatório ( $\sum Q_{jk}$ ) foi obtido considerando-se os pesos atribuídos a cada resposta de cada pergunta conforme a Tabela 07.

Segundo VALLE (1995), a periculosidade dos resíduos é definida pelas suas propriedades físicas, químicas e infecto-contagiosas. Um resíduo perigoso é aquele que possui uma das seguintes características: corrosividade, reatividade, explosividade, toxicidade, inflamabilidade, patogenicidade ou radiatividade. Com base neste conceito, nenhum resíduo foi classificado como perigoso (classe 1).

Para cada resíduo resolveu-se a equação 17 substituindo os parâmetros matemáticos específicos de cada resíduo apresentados na Tabela 58.

A variável  $W_k$  foi 1 para todos os resíduos porque a análise foi realizada não considerando a diferença de geração por produto. Considerou-se a geração total por linha produtiva que é explicado pelo fato da quantidade de geração não variar com o produto processado. A maior quantidade de resíduo anual por produto processado está relacionado ao maior número de turnos ou dias produtivos por produto.

Com exceção do R31, os demais foram analisados considerando a variável  $Z_{jk}$  igual a 1 porque os resíduos eram gerados em apenas uma linha produtiva ou, quando a fonte geradora foi mais de uma linha produtiva, o somatório ( $\sum Q_{jk}$ ) foi o mesmo, sendo desnecessário fazer a média ponderada (chegar-se-ia ao mesmo resultado). Para o R31 o valor de  $Z_{Lp1,3}$  foi 0,1382 e  $Z_{Lp2}$  foi 0,8618 devido o somatório ( $\sum Q_{jk}$ ) ser diferente para cada linha produtiva.

Considerando-se apenas a análise dos resíduos por riscos, os resíduos prioritários foram aqueles que apresentaram maior valor de R e estão apresentados em ordem crescente de prioridade na Tabela 59.



TABELA 59 - RESULTADO DA ANÁLISE POR RISCOS

ORDEM CRESCENTE DE PRIORIDADE	RESÍDUO	VALOR DO R CALCULADO	ORDEM CRESCENTE DE PRIORIDADE	RESÍDUO	VALOR DO R CALCULADO
1	R30	$R_{30} = 2,50$	6	R1	$R_1 = 0$
2	R31	$R_{31} = 2,20$	6	R2	$R_2 = 0$
3	R38	$R_{38} = 0,66$	6	R3	$R_3 = 0$
4	R32	$R_{32} = 0,50$	6	R4	$R_4 = 0$
4	R37	$R_{37} = 0,50$	6	R5	$R_5 = 0$
5	R20	$R_{20} = 0,33$	6	R6	$R_6 = 0$
5	R21	$R_{21} = 0,33$	6	R7	$R_7 = 0$
5	R22	$R_{22} = 0,33$	6	R8	$R_8 = 0$
5	R23	$R_{23} = 0,33$	6	R9	$R_9 = 0$
5	R24	$R_{24} = 0,33$	6	R10	$R_{10} = 0$
5	R25	$R_{25} = 0,33$	6	R11	$R_{11} = 0$
5	R26	$R_{26} = 0,33$	6	R12	$R_{12} = 0$
5	R27	$R_{27} = 0,33$	6	R13	$R_{13} = 0$
5	R28	$R_{28} = 0,33$	6	R14	$R_{14} = 0$
5	R29	$R_{29} = 0,33$	6	R15	$R_{15} = 0$
5	R33	$R_{33} = 0,33$	6	R16	$R_{16} = 0$
5	R34	$R_{34} = 0,33$	6	R17	$R_{17} = 0$
5	R35	$R_{35} = 0,33$	6	R18	$R_{18} = 0$
5	R36	$R_{36} = 0,33$	6	R19	$R_{19} = 0$
5	R39	$R_{39} = 0,33$	—	—	—

Obs.: Os resíduos com mesmo valor de R possuem a mesma ordem de prioridade.

Cálculo de R  $\Rightarrow R_{30} = [(5.1.1) \div 2] = 2,50$

$R_{31} = [(1.0,1382.1) \div 3 + (5.0,8618.1) \div 2] = 2,20$

Os resíduos que tiveram o valor do R calculado igual a zero foram aqueles que tiveram o somatório ( $\Sigma Q_{jk}$ ) igual a zero o que significa ausência de riscos ao meio ambiente e aos seres humanos, uma vez que nenhuma das respostas das perguntas (reclamações, penalidades, danos à saúde) foi “em potencial”.

Os resíduos que apresentaram mesmo valor de R apresentam o mesmo tipo de risco, uma vez que receberam a mesma classificação.

Por esta análise pode-se verificar que os resíduos da indústria alimentícia em questão não são muito impactantes ao meio ambiente.

ÁVILA FILHO et al. (1999) priorizaram as rotinas mais impactantes para o meio ambiente de uma indústria química. Das 48 rotinas consideradas, as onze rotinas que apresentaram a maior pontuação (igual a 10,0) foram estabelecidas como as mais impactantes para as quais elaboraram-se recomendações de minimização dos impactos ambientais. Observou-se que muitas rotinas obtiveram a mesma pontuação. Na análise de riscos usou a técnica de *ENVOP* e alguns dos

padrões utilizados foram: temperatura (desvio: mais, menos), pressão (desvio: mais, menos), fluxo (desvio: não, mais, menos, reciclo), composição (desvio: mudar, adicionar, remover) entre outros. Por ser uma indústria química enfatizou-se a questão ambiental, a análise de riscos foi fundamental na priorização das rotinas mais impactantes.

#### **4.2.3 ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO**

Esta análise determina o resíduo mais fácil de ser minimizado. Para isto é avaliado o impacto da medida de minimização, para cada resíduo, no processo, considerando-se também a viabilidade técnica, o capital necessário e a disponibilidade de mão-de-obra.

Para efetuar a análise por facilidade de minimização de cada resíduo, todas as questões foram respondidas com SIM ou NÃO. O peso correspondente de cada questão foi considerado para respostas SIM obtendo o somatório ( $\sum F_{jk}$ ) que foi utilizado na resolução da equação 18 ou 19. As respostas das questões e o somatório ( $\sum F_{jk}$ ) são mostrados na Tabela 60.

TABELA 60 - RESPOSTAS DAS QUESTÕES DA ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO

continua

RESÍDUOS										
	PESO	R1Lp1,2	R1Lp3	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
Parar equipamento	01	N	N	N	N	N	N	N	S	S
Parar processo	02	N	N	N	N	N	N	N	S	S
Parar unidade	03	N	N	N	N	N	N	N	S	S
Modificar equipamento	02	S	N	S	S	S	S	S	S	N
Modificar processo	04	S	S	S	S	S	S	S	N	N
Modificar unidade	06	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Implantar equipamento	04	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Implantar processo	08	S	S	S	S	S	S	S	N	N
Implantar unidade	12	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tecnologia disponível	-10,1	S	S	S	S	S	S	S	N	S
Mão-de-obra disponível	-7,1	N	S	N	N	N	N	N	N	S
Recursos disponíveis	-15,1	N	S	N	N	N	N	N	N	S
$\Sigma F_{jk}$		3,9	-20,3	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	8,0	-26,3
Custo minimização (CM)		3	2	3	3	3	3	3	4	2

RESÍDUOS											
	PESO	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18
Parar equipamento	01	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S
Parar processo	02	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S
Parar unidade	03	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S
Modificar equipamento	02	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Modificar processo	04	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S
Modificar unidade	06	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Implantar equipamento	04	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Implantar processo	08	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Implantar unidade	12	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tecnologia disponível	-10,1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Mão-de-obra disponível	-7,1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Recursos disponíveis	-15,1	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N
$\Sigma F_{jk}$		-26,3	-26,3	-26,3	-26,3	-26,3	-32,3	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2
Custo minimização (CM)		2	2	2	2	2	2	3	3	3	3

Obs.: S: sim, N: não.

TABELA 60 - RESPOSTAS DAS QUESTÕES DA ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO

conclusão

RESÍDUOS											
	PESO	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28
Parar equipamento	01	S	N	N	N	N	N	N	N	N	S
Parar processo	02	S	N	N	N	N	N	N	N	N	S
Parar unidade	03	S	N	N	N	N	N	N	N	N	S
Modificar equipamento	02	S	N	N	N	N	N	N	N	N	S
Modificar processo	04	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Modificar unidade	06	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Implantar equipamento	04	S	S	S	S	N	S	N	S	S	S
Implantar processo	08	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Implantar unidade	12	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tecnologia disponível	-10,1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N
Mão-de-obra disponível	-7,1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N
Recursos disponíveis	-15,1	N	N	N	N	S	N	S	N	N	N
Σ F <sub>jk</sub>		-1,2	-13,2	-13,2	-13,2	-32,3	-13,2	-32,3	-13,2	-13,2	12,0
Custo minimização (CM)		4	2	2	2	2	2	2	2	2	3

RESÍDUOS												
	PESO	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38	R39
Parar equipamento	01	S	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S
Parar processo	02	S	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S
Parar unidade	03	S	S	N	S	N	N	N	N	S	S	S
Modificar equipamento	02	S	N	N	N	N	N	N	N	S	N	S
Modificar processo	04	N	S	N	S	N	N	N	N	S	N	N
Modificar unidade	06	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Implantar equipamento	04	N	S	S	N	S	N	N	S	S	S	S
Implantar processo	08	N	S	N	N	S	N	N	N	N	S	N
Implantar unidade	12	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tecnologia disponível	-10,1	N	S	S	N	S	S	S	S	S	N	S
Mão-de-obra disponível	-7,1	N	N	S	N	S	S	S	S	S	N	S
Recursos disponíveis	-15,1	N	N	N	N	N	S	S	N	N	N	N
Σ F <sub>jk</sub>		8,0	11,9	-13,2	7,0	-5,2	-32,3	-32,3	-13,2	-1,2	18,0	-5,2
Custo minimização (CM)		4	4	2	4	3	1	1	2	4	4	3

Obs.: S: sim, N: não.

O custo é um fator importante que pode tornar inviável a implementação de uma estratégia de minimização, por isso é importante considerá-lo para determinar a opção mais fácil de implementar.

Os custos de implementação de cada opção para minimização de cada resíduo foram escolhidos a partir de uma estimativa superficial e podem ser observados na Tabela 60.

Ressalta-se que os recursos financeiros para novos investimentos não estão facilmente disponíveis e são liberados após avaliação econômica detalhada. Por

isso, a opção CUSTO MUITO BAIXO (PESO 1) foi designado para àquelas opções de minimização que requerem apenas pequenos ajustes.

O CUSTO BAIXO (PESO 2) foi atribuído para estratégias de minimização que envolvem mudanças de procedimentos ou práticas operacionais implementadas diretamente após revisão e treinamento apropriados, ou seja, opções simples, tecnicamente viáveis.

O CUSTO ALTO (PESO 3) foi escolhido para opções que requerem mudanças de processos ou equipamentos ou exigem aquisição de equipamentos e/ou materiais de baixo custo e estudos para garantir a performance.

O CUSTO MUITO ALTO (PESO 4) foi determinado para opções que exigem modificações ou aquisição de equipamentos ou dispositivos eletrônicos complexos, necessitando de estudos aprofundados e testes demonstrativos antes da implantação e envolvem significativas despesas de capital, ou ainda quando a tecnologia deve ser desenvolvida.

SCHILLING et al. (1999) sugeriram critérios de custo do investimento inicial da opção de prevenção de poluição, entre os quais: < \$10, \$50 e > \$100. Entretanto, esta faixa de valores foi considerada muito estreita, por isso, foi ampliada. Adotou-se uma escala de valores baseada no cenário da indústria em questão: MUITO BAIXO (<R\$100), BAIXO (R\$101-1000), ALTO (R\$1 001-5 000) e MUITO ALTO (>R\$5 001).

Ressalta-se que as faixas de valores de cada custo são específicos para cada indústria.

Os estudos ou testes devem ser realizados uma vez que CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI (1995) salientaram a importância de garantir que a taxa de produção ou a qualidade do produto não seja alterada e que outros problemas ambientais não sejam criados com a implementação da opção de minimização. Ressalta-se a necessidade de criar parcerias com fornecedores para facilitar a realização dos testes demonstrativos de bancada ou de escala piloto.

A equação utilizada (Eq. 18 ou 19) foi determinada pelo somatório ( $\sum F_{jk}$ ).

Para todos os resíduos, a variável  $W_k$  foi designada 1. Com exceção do R1, a todos os resíduos atribuiu-se o valor 1 para a variável  $Z_{jk}$ . Para R1, o valor de  $Z_{Lp1,2}$  foi 0,1984 e  $Z_{Lp3}$  foi 0,8016 em razão do somatório ( $\sum F_{jk}$ ) ser discriminado por linha

de processamento. Optou-se por analisar separadamente o R1 visto que a ordem de facilidade nas linhas de processamento é diferenciada.

De acordo com os valores de F obtidos pela resolução da equação 18 ou 19, ordenaram-se os resíduos de modo crescente. Os resíduos mais prioritários quanto à análise de facilidade de minimização (aqueles que apresentaram menores valores de F) são mostrados na Tabela 61.

TABELA 61 - RESULTADO DA ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO

ORDEM CRESCENTE DE PRIORIDADE	RESÍDUO	VALOR DE F CALCULADO	ORDEM CRESCENTE DE PRIORIDADE	RESÍDUO	VALOR DE F CALCULADO
1	R34	$F_{34} = -32,30$	6	R15	$F_{15} = -1,73$
1	R35	$F_{35} = -32,30$	6	R16	$F_{16} = -1,73$
2	R14	$F_{14} = -16,15$	6	R17	$F_{17} = -1,73$
2	R23	$F_{23} = -16,15$	6	R18	$F_{18} = -1,73$
2	R25	$F_{25} = -16,15$	6	R33	$F_{33} = -1,73$
3	R8	$F_8 = -13,15$	6	R39	$F_{39} = -1,73$
3	R9	$F_9 = -13,15$	7	R19	$F_{19} = -0,30$
3	R10	$F_{10} = -13,15$	7	R37	$F_{37} = -0,30$
3	R11	$F_{11} = -13,15$	8	R1Lp1,2	$F_{1Lp1,2} = +2,32$
3	R12	$F_{12} = -13,15$	9	R2	$F_2 = +11,70$
3	R13	$F_{13} = -13,15$	9	R3	$F_3 = +11,70$
4	R1Lp3	$F_{1Lp3} = -8,14$	9	R4	$F_4 = +11,70$
5	R20	$F_{20} = -6,60$	9	R5	$F_5 = +11,70$
5	R21	$F_{21} = -6,60$	9	R6	$F_6 = +11,70$
5	R22	$F_{22} = -6,60$	10	R32	$F_{32} = +28,00$
5	R24	$F_{24} = -6,60$	11	R7	$F_7 = +32,00$
5	R26	$F_{26} = -6,60$	11	R29	$F_{29} = +32,00$
5	R27	$F_{27} = -6,60$	12	R28	$F_{28} = +36,00$
5	R31	$F_{31} = -6,60$	13	R30	$F_{30} = +47,60$
5	R36	$F_{36} = -6,60$	14	R38	$F_{38} = +72,00$

Obs.: Os resíduos com mesmo valor de F possuem a mesma ordem de priorização.

Cálculo de  $F \Rightarrow F_{1Lp1,2} = [(3,9. 3). 0,1984 . 1] = +2,32$

$F_{1Lp3} = [(-20,3 \div 2). 0,8016 . 1] = -8,14$

Os resíduos R34 e R35 já que são reciclados 100% e foram considerados na análise demonstram a veracidade do modelo visto que foram os mais prioritários. Isto foi possível porque as respostas e os custos foram favoráveis devido à minimização existente obtendo-se um valor de F pequeno.

Em segundo lugar, os resíduos mais facilmente minimizados são os R14, R23 e R25. A quantidade do R14 (linha de processamento 1) pode ser reduzida com treinamento do funcionário que prepara a formulação dos produtos. A geração é pequena em virtude da menor quantidade de ingredientes em pó em relação à quantidade de produto elaborado quando comparado aos resíduos das linhas de

processamento 2 e 3 da formulação e da plataforma de apoio às embalagens instalada lateralmente à peneira vibratória.

Os efluentes R23 e R 25 são gerados nas operações de limpeza de piso utilizando, respectivamente, pistola de pulverização e máquina de alta pressão. Por isso, indica-se a otimização do procedimento (treinamento de funcionários para diminuir o tempo e o número de limpezas).

Os resíduos que ocuparam a terceira posição de priorização, ou seja, resíduos de embalagem dos produtos finais podem ser minimizados com ajuste e controle adequado dos parâmetros operacionais das máquinas de envase/ embalagem secundária durante o funcionamento. Treinamento dos operadores e manutenção preventiva reduzem a geração. É necessário garantir que os materiais de embalagem estejam dentro da especificação sendo fundamental que exista parceria com os fornecedores.

O  $R_{1Lp3}$  é a embalagem utilizada para acondicionamento do produto elaborado na linha de processamento 2 e pesagem de ingredientes (contra-peso). Deve-se realizar estudo para modificar o procedimento ajustando o tamanho da embalagem à quantidade de produto.

Os efluentes gerados nas operações de limpeza de piso e limpeza manual dos equipamentos podem ser minimizados com a otimização do procedimento atual. Sugere-se redução do tempo de lavagem, treinamento dos funcionários, instalação de pistolas de pulverização para reduzir a vazão. O número de procedimentos executados/dia devem ser avaliados.

O R30 pode ser reduzido transformando o *CIP* sem recuperação para um com recuperação, porém esta alternativa exige aquisição de equipamentos e adequações complexas na unidade existente que é operada automaticamente. Outra alternativa é a redução do consumo de água pela instalação de um tanque para armazenar o retorno da alimentação e acessórios para recuperar a água utilizada no enxágüe final e reutilizá-la no enxágüe do próximo ciclo de limpeza.

O R38 é gerado em virtude da necessidade de adicionar água para preparar a pasta amido-água com teor adequado de umidade para garantir o bom funcionamento do secador *drum drier*. A emissão atmosférica foi designada como o resíduo mais difícil de se minimizar.

Para os R28 e R32 cabe empregar técnicas de reaproveitamento, uma vez que técnicas de redução na fonte envolveriam mudanças no processo e estes resíduos são gerados intencionalmente pela necessidade de garantir a qualidade dos produtos finais.

Os resíduos de embalagem de ingredientes podem ser minimizados se estudos forem realizados pelos próprios fabricantes/fornecedores para diminuir o volume ou peso das embalagens e conseqüentemente o resíduo gerado após o uso.

#### 4.2.4 PRIORIZAÇÃO GLOBAL

Para fazer a priorização global dos resíduos integraram-se os resultados obtidos nas análises por valor, por riscos e facilidade de minimização.

Ressalta-se que nenhum resíduo é menos importante que outro porém, foi necessário atribuir uma ordem de priorização global.

Esta seleção foi baseada no método quantitativo (*Weighted Sum Method*) descrito em *EPA* (1988) que envolve a seleção dos critérios considerados, a determinação de pesos (numa escala de 0 a 10, por exemplo) para cada critério em relação à sua importância e por último a multiplicação do valor do critério pelo peso correspondente.

Os critérios de seleção utilizados foram as ordens de priorização das análises por valor, por riscos e por facilidade de minimização. Cada critério foi pontuado segundo valores arbitrários (pesos). O número representativo da ordem de priorização de cada análise foi multiplicado pelo peso atribuído a cada análise: 1) risco, 2) valor, 3) facilidade; e o somatório dos valores (critério x peso) de cada resíduo permitiu a qualificação da prioridade global (menor somatório).

A análise por risco recebeu o menor peso devido à natureza dos resíduos da indústria em questão. Em virtude da ênfase do aspecto favorável a minimização que um resíduo pode ter, atribuiu-se o maior peso à análise por facilidade.

Na Tabela 62 são mostradas a ordem crescente de todas os resultados das análises executadas.



TABELA 62 - RESULTADOS DAS ANÁLISES POR VALOR, RISCOS E FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO

ANÁLISE POR VALOR		ANÁLISE POR RISCOS		ANÁLISE DE FACILIDADE	
ORDEM	RESÍDUO	ORDEM	RESÍDUO	ORDEM	RESÍDUO
1	R30	1	R30	1	R35
2	R7	2	R31	2	R34
3	R33	3	R38	3	R23
4	R28	4	R37	4	R14
5	R16	5	R32	5	R25
6	R31	6	R33	6	R12
7	R12	7	R28	7	R13
8	R37	8	R21	8	R11
9	R38	9	R26	9	R8
10	R32	10	R22	10	R9
11	R21	11	R29	11	R10
12	R17	12	R36	12	R1Lp3
13	R26	13	R20	13	R31
14	R19	14	R24	14	R21
15	R22	15	R23	15	R26
16	R15	16	R39	16	R22
17	R29	17	R27	17	R36
18	R36	18	R25	18	R20
19	R20	19	R35	19	R24
20	R24	20	R34	20	R27
21	R13	21	R7	21	R33
22	R11	22	R16	22	R16
23	R23	23	R12	23	R17
24	R39	24	R17	24	R15
25	R27	25	R19	25	R39
26	R14	26	R15	26	R18
27	R8	27	R13	27	R37
28	R25	28	R11	28	R19
29	R9	29	R14	29	R1Lp1,2
30	R10	30	R8	30	R3
31	R3	31	R9	31	R6
32	R35	32	R10	32	R2
33	R34	33	R3	33	R5
34	R6	34	R6	34	R4
35	R2	35	R2	35	R32
36	R5	36	R5	36	R7
37	R1	37	R1	37	R29
38	R4	38	R4	38	R28
39	R18	39	R18	39	R30
—	—	—	—	40	R38

Na Tabela 62, é possível observar que os resíduos que tiveram mesma ordem de priorização nas análises por risco e facilidade (mostradas anteriormente nas Tabelas 59 e 61 respectivamente) foram desempatados, recebendo uma posição de priorização única. Como a análise por valor não apresentou empate, sua ordem foi mantida sendo utilizada para desempatar o resultado das outras análises. Por

exemplo, na análise por facilidade os resíduos R34 e R35 ocuparam a primeira posição nesta análise, sendo o R35 de maior prioridade na análise por valor que o R34, portanto o R35 é o primeiro e o R34 o segundo na análise por facilidade.

Na Tabela 63 é apresentado o resultado da priorização global dos resíduos.

TABELA 63 - RESULTADO DA PRIORIZAÇÃO GLOBAL DOS RESÍDUOS

RESÍDUO	FACILIDADE		VALOR		RISCO ordem	SOMATÓRIO	PRIORIZAÇÃO GLOBAL	
	ordem	ordemx3	ordem	ordemx2				
R1Lp1,2	29	87	37	74	37	198	1	R31
R1Lp3	12	36	37	74	37	147	2	R12
R2	32	96	35	70	35	201	3	R23
R3	30	90	31	62	33	185	4	R21
R4	34	102	38	76	38	216	5	R33
R5	33	99	36	72	36	207	6	R26
R6	31	93	34	68	34	195	7	R35
R7	36	108	2	4	21	133	8	R22
R8	9	27	27	54	30	111	9	R25
R9	10	30	29	58	31	119	10	R13
R10	11	33	30	60	32	125	11	R34
R11	8	24	22	44	28	96	12	R14
R12	6	18	7	14	23	55	13	R11
R13	7	21	21	42	27	90	14	R16
R14	4	12	26	52	29	93	15	R36
R15	24	72	16	32	26	130	16	R37
R16	22	66	5	10	22	98	17	R20
R17	23	69	12	24	24	117	18	R24
R18	26	78	39	78	39	195	18	R8
R19	28	84	14	28	25	137	19	R17
R20	18	54	19	38	13	105	20	R9
R21	14	42	11	22	8	72	21	R30
R22	16	48	15	30	10	88	22	R10
R23	3	9	23	46	15	70	23	R27
R24	19	57	20	40	14	111	24	R28
R25	5	15	28	56	18	89	25	R32
R26	15	45	13	26	9	80	25	R15
R27	20	60	25	50	17	127	26	R7
R28	38	114	4	8	7	129	27	R19
R29	37	111	17	34	11	156	28	R39
R30	39	117	1	2	1	120	29	R38
R31	13	39	6	12	2	53	30	R1Lp3
R32	35	105	10	20	5	130	31	R29
R33	21	63	3	6	6	75	32	R3
R34	2	6	33	66	20	92	33	R18
R35	1	3	32	64	19	86	33	R6
R36	17	51	18	36	12	99	34	R1Lp1,2
R37	27	81	8	16	4	101	35	R2
R38	40	120	9	18	3	141	36	R5
R39	25	75	24	48	16	139	37	R4

Obs.: Somatório = (ordem facilidade x 3) + (ordem valor x 2) + (ordem risco x 1).

Na Tabela 63, pode-se observar a ordem crescente de priorização global. Os resíduos mais prioritários foram aqueles que apresentaram menor somatório. O resultado da priorização global foi satisfatório porque possibilitou uma ordenação de prioridade dos resíduos eficaz, uma vez que envolveu as respostas obtidas das análises de valor, por risco e de facilidade de minimização da aplicação do modelo matemático proposto por CERCAL (1999).

A indústria em questão reconhece a necessidade de gerenciar perdas e processos. Com a aplicação de metodologia simplificada, considerando o valor puramente econômico dos resíduos e a quantidade gerada aproximada, a indústria determinou como prioridade os resíduos: R16 (resíduo úmido), R19 (resíduo em pó), R30 (efluente proveniente do *CIP*), R31 (efluente da limpeza manual dos equipamentos) e R33 (água de arrefecimento). Porém, a empresa não tem abordado todos os seus resíduos e a metodologia por ela utilizada não considera os aspectos ambientais e a facilidade de minimização.

Portanto, salienta-se a importância de analisar os resíduos de forma global, uma vez que nem sempre o resíduo que apresenta maior prejuízo para a empresa é o mais facilmente minimizado. Isto foi percebido com o R30 que apesar de ser o mais prioritário nas análises por valor e por risco ficou com a 21ª colocação de priorização global por causa da 39ª posição na análise por facilidade. Os demais resíduos evidenciados pela empresa, tiveram a seguinte ordem de priorização global: R16: 14º, R19: 27º, R31: 1º e R33: 5º.

Este trabalho foi o ponto de partida para melhorar os sistemas de gerenciamento dos resíduos da indústria, mudando o foco para sistema preventivo e evidenciando a melhoria contínua que está prevista nos modernos sistemas de gestão ambiental, como a ISO 14 001.

### 4.3 PROPOSIÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA MINIMIZAR RESÍDUOS

Para os resíduos mais prioritários elaboraram-se estratégias destinadas à minimização de resíduos. No Quadro 22 são mostradas as estratégias de minimização, para a indústria em questão, fundamentadas em informações bibliográficas.

As estratégias a serem empregadas dependem diretamente da situação do processo produtivo da indústria e dos resíduos gerados.

QUADRO 22 - ESTRATÉGIAS DE MINIMIZAÇÃO

continua

RESÍDUO	ESTRATÉGIAS E CONSIDERAÇÕES
R31 (efluente gerado na limpeza manual dos equipamentos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>usar método de pré-limpeza a seco</li> <li>maximizar o período de produção para diminuir a necessidade de limpeza</li> <li>programar a produção para reduzir a frequência de limpeza (desde que não implique que a limpeza seja mais severa. Deve-se respeitar o período máximo que a linha produtiva pode operar sem prejudicar a eficiência do processo/qualidade do produto).</li> <li>conscientizar funcionários para eliminar o desperdício</li> </ul>
R12 (selo de alumínio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ajustar adequadamente os parâmetros operacionais do equipamento (máquina de envase)</li> <li>verificar a especificação do material no recebimento</li> <li>tratar causas com fornecedores</li> </ul>
R23 (efluente gerado na limpeza do piso, setor de esterilização, linha produtiva 1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>otimizar o procedimento de limpeza (verificou-se que esta operação é efetuada com mangueira com pistola de pulverização, vazão reduzida)</li> <li>treinar funcionário para que execute o procedimento num tempo menor</li> </ul>
R21 (efluente gerado na limpeza do piso, setor de preparação, linha produtiva 2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>instalação de pistolas de pulverização (para controlar a vazão) ou utilizar água pressurizada</li> <li>elaborar um programa de conscientização dos funcionários da necessidade de racionalizar o consumo de água</li> <li>diminuir o tempo de limpeza</li> </ul>
R33 (água de arrefecimento dos equipamentos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>reparar frequentemente a água de selo das bombas, válvulas, trocadores de calor</li> <li>desenvolver um projeto para recircular/reaproveitar esta água (envolve a aquisição de equipamentos: tubulação, reservatório, etc.)</li> </ul>
R26 (efluente gerado na limpeza do piso, setores de secagem e granulometria, linha produtiva 2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>instalação de pistolas de pulverização (para controlar a vazão) ou utilizar água pressurizada</li> <li>elaborar um programa de conscientização dos funcionários da necessidade de racionalizar o consumo de água</li> <li>diminuir o tempo de limpeza</li> </ul>

## QUADRO 22 - ESTRATÉGIAS DE MINIMIZAÇÃO

conclusão

RESÍDUO	ESTRATÉGIAS E CONSIDERAÇÕES
R35 (água de resfriamento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o circuito fechado é uma tecnologia implantada na indústria responsável pela baixa demanda de água fresca e reduzida geração de efluentes</li> <li>fazer verificações periódicas para garantir o bom funcionamento do sistema</li> </ul>
R22 (efluente gerado na limpeza do piso, setor de preparação, linha produtiva 3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>otimizar o procedimento de limpeza (diminuir o tempo)</li> <li>resolver o problema de geração de resíduo em pó que é o responsável pelo o aumento da necessidade de limpeza</li> </ul>
R25 (efluente gerado na limpeza do piso, setor embalagem secundária, linha produtiva 1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>otimizar o tempo de limpeza (nesta operação utiliza-se máquina de alta pressão, ou seja, água pressurizada)</li> </ul>
R13 (resíduo de embalagem de produto: pote plástico)	<ul style="list-style-type: none"> <li>verificar a especificação do material no recebimento</li> <li>tratar causas com fornecedores</li> </ul>
R34 (água gelada)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o circuito fechado é uma tecnologia implantada na indústria responsável pela baixa demanda de água fresca e reduzida geração de efluentes</li> <li>fazer verificações periódicas para garantir o bom funcionamento do sistema</li> </ul>
R14 (resíduo em pó)	<ul style="list-style-type: none"> <li>melhorar o procedimento de alimentação de ingredientes, instruir o funcionário responsável pela preparação da formulação para que coloque os ingredientes em pó aos poucos na peneira vibratória, evitando assim, perda por transbordamento</li> </ul>
R11 (rótulos de papel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ajustar equipamento</li> <li>verificar a especificação do material no recebimento</li> <li>tratar causas com fornecedores</li> </ul>
R16 (resíduo úmido)	<ul style="list-style-type: none"> <li>manutenção preventiva</li> <li>treinar operadores para evitar problemas ou erros oriundos de desvios dos procedimentos operacionais, ou seja, adequar os parâmetros de operação para reduzir a geração de resíduos (cada turno tem um operador) e evitar a geração excessiva de resíduo na finalização da produção (aproveitando o máximo da alimentação do secador)</li> <li>dimensionar adequadamente os “aparadores” situados nas extremidades dos rolos alimentadores</li> <li>trocar periodicamente os “aparadores”</li> <li>ajustar adequadamente a distância entre os rolos alimentadores e o cilindro principal</li> <li>ajustar a vazão da alimentação do secador prevenindo excessos que propiciam vazamentos</li> </ul>
R36 (efluente gerado na limpeza da torre de resfriamento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>otimizar o procedimento de limpeza (reduzir o tempo de lavagem, instalar pistola de pulverização ou utilizar água pressurizada)</li> </ul>

Freqüentemente, certas estratégias de minimização podem ser implementadas de forma rápida, como boas práticas de fabricação, de manutenção e de limpeza, que envolvem melhorias administrativas e operacionais reduzindo o custo, sem incorrer em investimentos significativos. O tempo de retorno do investimento é da ordem de dias (CRITTENDEN & KOLACZKOWSKI, 1995).

DENNISON (1996) propôs que boas práticas operacionais de processo sejam executadas, tais como procedimentos de operação especificados, implementação de técnicas de qualidade e manutenção preventiva regular para diminuir a quantidade de resíduo gerada. Enfatizou também a importância de programa de conscientização dos funcionários para utilizarem os recursos de forma racional, eliminando os pontos de desperdício.

Dar aos empregados a oportunidade de compartilhar suas idéias de minimização pode trazer grandes benefícios à indústria por ser uma ótima oportunidade e com custo nulo. Solicitar sugestões dos empregados é um excelente meio de integrá-los no desenvolvimento do sistema de minimização (ENVIRO-SENSE, 1997; EPA, 1988).

LEÃO & VIEIRA (1997) relataram que em pequenos e médios curtumes do Estado de Minas Gerais, um programa de racionalização de água pôde reduzir em até 30% a quantidade de efluentes líquidos gerados.

OLIVEIRA et al. (1997) sugeriram medidas de reuso de água em uma indústria de acabamento de metal que possibilitou a redução da geração de efluente deixando de enviar à ETE 70 000 litros.

Em CANADÁ (1996) relatou-se a redução do volume de água utilizado na lavagem dos equipamentos com a instalação de pistolas de pulverização.

Algumas estratégias já são praticadas pela indústria em questão, tais como:

- uso de bombas dosadoras de produtos químicos para o preparo das soluções de limpeza utilizadas no *CIP*;
- condução direta das águas pluviais ao corpo receptor;
- o gerenciamento de alguns resíduos de embalagem já vem dando lucro à indústria.

## 5 CONCLUSÕES

A indústria em questão possibilitou a realização deste trabalho devido à existência de geração de resíduos que podem ser minimizados.

O trabalho realizado acerca dos processos produtivos enfatizou a minimização de resíduos que é uma ferramenta que vai ao encontro de uma melhor produção de alimentos do ponto de vista econômico e ambiental. Ou seja, com os dados levantados na indústria foi possível demonstrar novos caminhos para o gerenciamento dos resíduos uma vez que os processos podem ser otimizados gerando menos resíduo. O sistema de minimização de resíduos deve ser apreciado como parte integrante do programa de qualidade da indústria.

A operação, os resíduos e os modos de geração foram específicos e diferenciados para cada linha produtiva da indústria.

As informações coletadas, no levantamento de dados, proporcionaram o conhecimento do processo industrial possibilitando a definição de oportunidades de minimização de resíduos. Ressalta-se que para a identificação e quantificação dos resíduos foi muito importante a troca de informações com colaboradores envolvidos diretamente ou indiretamente com os processos produtivos para a condução do levantamento de dados.

O treinamento e a educação ambiental dos colaboradores são de grande importância para que eles se empenhem em atingir sucesso no programa de minimização de resíduos. Por isso, recomenda-se que a indústria de alimentos envolva sua equipe de colaboradores relacionados ao processamento, direta ou indiretamente, para continuidade no processo de identificação e solução de resíduos nas demais linhas produtivas.

Este trabalho foi o ponto de partida para relacionar o valor econômico dos resíduos gerados num processo industrial aos aspectos ambientais e técnicos.

O modelo matemático utilizado mostrou-se adequado à priorização dos resíduos da indústria em questão uma vez que possibilitou ordenar os resíduos numa escala de prioridade considerando os aspectos ambiental, econômico e facilidade de minimização. Por isso, constituiu-se em uma ferramenta importante para o processo de tomada de decisão (recomendação de melhorias no gerenciamento dos resíduos visando a minimização). Pôde-se aplicá-lo aos resíduos gerados nas 3 linhas de processamento da indústria avaliada.

Dentre as estratégias relacionadas, algumas podem ser implementadas facilmente a curto prazo enquanto outras requerem o desenvolvimento de estudos para verificar a viabilidade econômica.

As operações de higienização foram responsáveis pelo grande volume de efluente gerado em razão do consumo elevado de água.

A otimização do uso de água na unidade industrial é uma estratégia para a redução do volume de efluente gerado. As operações de higienização de equipamentos e instalações (piso) devem ser realizadas de modo eficiente sem desperdício. A diminuição do consumo é uma forma de ação pró-ativa da empresa ao incremento nos custos de obtenção da água.

Promover a conservação de água por meio de planos melhores e mais eficientes de aproveitamento da água com o desenvolvimento de alternativas que possibilitem a minimização do desperdício é fundamental para contornar os efeitos da taxaço e escassez de água.

A Companhia de Saneamento do Paraná passará a pagar pela água captada e este custo será repassado ao preço da água tratada fornecida. A indústria alimentícia em questão que adquire água da Sanepar sofrerá um incremento no custo de aquisição. Com a diminuição do consumo mediante emprego das



estratégias de minimização obter-se-á uma redução eficaz no impacto desta cobrança.

## **6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Para a realização de trabalhos futuros recomenda-se:

- avaliar a influência das falhas/paradas de equipamentos, devoluções de produto na geração de resíduos;
- considerar os efluentes gerados nos serviços de apoio: refeitório, lavanderia, requerimentos sanitários no desenvolvimento do sistema de minimização de resíduos avaliando como contribuem na geração de efluentes;
- executar análise econômica (determinar o tempo de retorno) das estratégias propostas antes de implementá-las;
- implantar as estratégias de minimização evidenciadas e avaliar a performance (calculando o índice de redução);
- reavaliar os pesos das variáveis do modelo matemático empregado para melhor adaptá-lo aos diversos setores industriais, inclusive à diversidade das indústrias alimentícias;
- aplicar o modelo matemático de priorização utilizado neste trabalho em outras indústrias alimentícias;
- desenvolver modelos matemáticos e ferramentas informatizadas para serem utilizadas no gerenciamento dos resíduos industriais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEA. Associação Brasileira de Engenheiros de Alimentos. **Editorial**. Disponível em: <<http://www.geocities.com/eureka/gold/5301>>. Acesso em: 02 fev. 2000.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. **NBR 14001**: Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro. 1996. 14 p.

ALVA-ARGÁEZ, A.; KOKOSSIS, A. C.; SMITH, R. Wastewater minimisation of industrial systems using an integrated approach. **Computers Chemical Engineering**, Great Britain, v. 22, suppl., p. S741-S744, mar. 1998.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; LIMA, U. A. **Biotecnologia**: Tópicos de microbiologia industrial. São Paulo: Edgard Blücher, 1990. 243 p. v. 2.

AMARAL, M. C. Águas vermelha, escura e com mau odor em circuitos de água potável e de água recuperada (reuso/reciclo). **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, v. 2, n. 6, p. 69-75, maio/jun. 1997.

ATHAYDE, A. Higienização em indústrias de laticínios colabora no controle total da qualidade. **Engenharia de Alimentos**, São Paulo, v. 4, n. 18, p. 24-29, mar./abr. 1998.

ÁVILA FILHO, S.; KIPERSTOK, A.; SANTOS, L. A. P.; PONTES, L. A. M. Rotinas limpas nas operações da indústria química. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: PROTER INFORMÁTICA, 1999. 1 CD-ROM.

BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o desenvolvimento mundial**. Desenvolvimento e meio ambiente, indicadores do desenvolvimento mundial. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1992. 305 p.

BAPTISTA, M. V. S.; ZENY, A. S.; MACHADO, G. E. S. Proposta do SENAI para implantação de sistemas de gestão ambiental na indústria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: PROTER INFORMÁTICA, 1997. 1 CD-ROM.

BARRETO, P. A. A. Higienização na indústria de ovos. **Engenharia de Alimentos**, São Paulo, v. 4, n. 22, p. 30-31, nov./dez. 1998.

BENFORADO, D. M.; RIDLEHOOVER, G.; GORES, M. D. Pollution prevention: one firm's experience. **Chemical Engineering**, Highstown, v. 98, n. 9, p. 130- 133, sep. 1991.

BEQUETTE, F. El agua, una crisis inminente? **Correo de la Unesco**, Spanish Belibcrer, v. 51, n. 6, p. 67-70, jun. 1998.

BRITO, M. H. A influência do meio ambiente na gestão contábil-financeira. **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, v. 5, n. 24, p. 108-109, maio/jun. 2000.

BROCH, S. A. O.; IDE, C. N. Automonitoramento industrial como ferramenta de gestão ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: PROTER INFORMÁTICA, 1999. 1 CD-ROM.

BYERS, B. Zero discharge: a systematic approach to water reuse. **Chemical Engineering**, Hightstown, v. 102, n. 7, p. 96-100, jul. 1995.

CABEZAS, H.; YOUNG, D. Using simulation for pollution prevention. **Chemical Engineering**, Highstown, v. 106, n. 3, p. 117-123, mar. 1999.

CAJAZEIRA, J. E. R. **ISO 14001: Manual de implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997. 117 p.

CALDERÓN, Z., ESPUÑA, A., PUIGJANER, L. Waste analysis and minimization in batch and semibatch reactor operation through dynamic simulation and neural networks. **Computers Chemical engineering**, Great Britain, v. 22, suppl, p. S977-980, mar. 1998.

CAMPBELL, M. E., GLENN, W. M. **Profit from pollution prevention: a guide to Industrial waste reduction & recycling.** Toronto (Canadá): Pollution Probe Foundation, 1982. 395 p.

CANADÁ. Ministère de l'Environnement et de la Faune. **Estudo de caso: Setor Agro-industrial, Tecnologias limpas em abatedouro de aves.** Tradução: Fact-Sheet 4 Agri-Food Sector (Clean Technologies poultry Processing). Québec, out. 1996, 6 p.

CASTRO, P.; MATOS, H. FERNANDES, M. C.; NUNES, C. P. Improvements for mass-exchange networks design. **Chemical Engineering Science**, Great Britain, v. 54, n. 1, p. 1649-1665, jun. 1999.

CERCAL, S. R. **Proposição de modelo matemático de seleção de prioridades de minimização de resíduos industriais.** Curitiba, 1999. 78 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química, área de concentração Tecnologia de Alimentos) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Identificação e avaliação de oportunidades de prevenção à poluição (P2) no setor industrial.** São Paulo, 1997. 37 p.

\_\_\_\_\_. **Manual para a implementação de um programa de prevenção à poluição.** São Paulo, 1998. 12 p.

CHANG, C. T.; HWANG, J. R. A multiobjective programming approach to waste minimization in the utility systems of chemical process. **Chemical Engineering Science**, Great Britain, v. 51, n. 16, p. 3951-3965, aug. 1996.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998. 104 p.

CHEREMISINOFF, P. N. **Waste minimization and cost reduction for the process industries.** New Jersey: Noyes, 1995. 331 p.

CLIFT, R. Clean technology: the idea and the practice. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, Great Britain, v. 68, n. 4, p. 347-350, apr. 1997.

CRITTENDEN, B.; KOLACZKOWSKI, S. **Waste minimization**: A practical guide. England: IChemE (Institution of Chemical Engineers), 1995. 81 p.

COMELLA, P.; RITTMAYER, R. Waste minimization/Pollution prevention. **Pollution Engineering**, Atlanta, v. 22, p. 71-74, apr. 1990.

COWEN, B. D.; BRAITHWAITE, K. R. O verde a favor da economia. **HSM Management**, São Paulo, v. 2, n. 8, p. 128-132, maio/jun. 1998.

CUNHA, A. V. R **Modelo de minimização de custos associados ao consumo de água e geração de efluentes aplicação em indústria de refrigerantes**. Curitiba, 2000. 71 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química, área de concentração Tecnologia de Alimentos) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

DAUGHERTY, J. E. **Industrial environmental management**: a practical handbook. Rockville, Maryland (U.S.A): Government Institutes, 1996. 572 p.

D'AVIGNON, A. **Normas ambientais ISO 14000**: Como podem influenciar sua empresa. 2. ed. Rio de Janeiro: CNI, DAMPI, 1996. 65 p.

DENNISON, M. S. **Pollution prevention**: strategies and technologies. U.S.A.: Government Institutes, 1996. 463 p.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. São Paulo: Atlas, 1995. 134 p.

EDWARDS, H. W.; KOSTRZEWA, M. F.; LOOBY, G. P. **Waste minimization assessment for a manufacture of corn syrup and corn starch**. Disponível em: <<http://www.nttc.edu/env/waste/csu56-27.html>>. Acesso em: 27 mar. 2000.

ELECTROLUX DO BRASIL S/A. **Lavadora de alta pressão**. [mensagem de trabalho]. Mensagem recebida por: <vera-lucia.b.coelho@notes.electrolux.com.br> em 26 out. 1999.

ENVIRO-SENSE, Small business waste reduction guide. Disponível em: <<http://www.epa.gov/~es>> . Acesso em: 25 nov. 1997.

EPA. **Waste minimization opportunity assessment manual**. Cincinnati, Ohio: ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1988, 96 p.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1987. 652 p.

FERROLI, P. C. M.; FIOD NETO, M.; CASAROTTO FILHO, N.; CASTRO, J. E. E. Emissões zero: uma visão da metodologia ZERI em fábricas de subproduto de origem animal. **Produto & Produção**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 66-74, out. 1998.

FONSECA, J. S. DA; MARTINS, G. DE A. **Curso de estatística**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1995. 317 p.

FORWARD, G. **Sinergia de subprodutos**. Palestra proferida no Fifth international high level seminar on cleaver production. Phoenix Park, South Korea, 29 sep.-01 oct. 1998.

FREEMAN, H. M., **Industrial pollution prevention handbook**. New York: Mc Graw-Hill, 1995. 935 p.

FURTADO, J. S.; MARGARIDO, A. C.; SILVA, E. R. F.; SILVA, M. L. P.; STRAUBE, C. D.; SUZUKI, S. M. **Manual de avaliação na fábrica: prevenção de resíduos na fonte & economia de água e energia**. Programa de produção limpa. Departamento de engenharia de produção & Fundação Vanzolini, Escola Politécnica USP. Disponível em: <<http://www.vanzolini.org.br>>. Versão out. 1998.

GILBERT, M. J. **ISO 14001/BS7750 Sistema de gerenciamento ambiental**. São Paulo: IMAM, 1995. 257 p.

GRAU, R.; ESPUÑA, A.; PUIGJANER, L. Focusing in by-product recovery and waste minimization in bath production scheduiing. **Computers Chemical Engineering**, Great Britain, v. 18, suppl., p. S271-S275, 1994.

GUTBERLET, J. Produção, consumo e cidadania. **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, v. 4, n. 23, p. 43, mar./abr.2000.

HIGGINS, T. E. **Pollution prevention handbook**. London: Lewis Publishers, 1995. 555 p.

HILALY, A.; SIKDAR, S. Process simulation tools for pollution prevention: new methods reduce the magnitude of waste streams. **Chemical Engineering**, Hightstown, v. 103, n. 2, p. 98-105, feb. 1996.

HOJDA, R. G. ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental. parte 1. **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, v. 2, ed. 12, n. 11, p. 16-29, mar./abr., 1998.

IGLECIO, C. Ecologia entra na pauta do setor alimentício. **Alimentos e Tecnologia**, São Paulo, v. 12, n. 75, p. 20-30, jan./fev. 1998.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 533 p. v. 1.

KIELY, G. **Environmental engineering**. Irwin: Mc Graw-Hill, 1996. 976 p.

KLENK, L. A. Direito pelo uso da água deve começar a ser cobrado em 2001. **Gazeta Mercantil do Paraná**. Curitiba, 19 nov. 1999. Geral, v. 2, n. 423, p. 3.

KOBYLINSKI, E. A.; HUNTER, G. L. Wastewater: prevent pollution at its source it's good for the environment and it makes good business sense. **Chemical Engineering**, Hightstown, v. 99, n. 6, p. 86-88, jun. 1992.

LAGE NETO, H. S. Gestão ambiental na indústria: evolução e tendência. **Engenharia**, São Paulo, v. 55, n. 526, p. 43-46, 1998.

LEÃO, M. M. D.; VIEIRA, M. R. Redução da carga poluidora gerada em curtumes através de melhorias no processo industrial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: PROTER INFORMÁTICA, 1997. 1 CD-ROM.

LIBANORI, A. Incentivos econômicos para controlar a poluição. **Ambiente**, São Paulo, v. 5, n.1, p. 21-25, 1991.

LOBO, Y. R. O.; LIMA, P. C. Avaliação do ciclo de vida. **Produto & Produção**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 24-32, jun. 1998.

LUPER, D. Integrate waste minimization into R&D and design. **Chemical Engineering Progress**, New York, v. 92, n. 6, p. 58-60, jun. 1996.

MACHADO, E. S. Entrevista concedida pelo engenheiro da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDHERSA), Curitiba, 01 dez. 2000.

MADRID, C.; CENZANO, I.; VICENTE, J.M. **Manual das indústrias dos alimentos**. Tradução: José A. Ceschin. São Paulo: Varela, 1995. 599 p.

MALTA, C.; PRESTES, C. A commodity do século 21. **Amanhã**, [São Paulo], p. 42-53, jan. 1997.

MATOS, S. V.; SCHALCH, V. Alternativas de minimização de resíduos da indústria de fundição. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: PROTER INFORMÁTICA, 1997. 1 CD-ROM.

NAUMANN, M. O papel da economia na resolução dos problemas ambientais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 2., 1998, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: [s.n.], 1998. v. 2. p. 69-74.

NEMEROW, N.L. **Zero pollution for industry: Waste minimization through industrial complex**. New York: John Wiley , 1995. 211 p.

NEWTON, J. Setting up a waste minimization program. **Pollution Engineering**, Atlanta, v. 22, p. 75-80, abr. 1990.

OKOTH, M. W. Waste minimization: water use in Kenyan milk powder factory. **UNEP Industry and Environment**, Nairobi (Kenya), v. 20, p. 54-57. jul./sep. 1997.



OLIVEIRA, C. A. A.; DANIEL, L. A. Prevenção de poluição pela redução de efluentes líquidos industriais na fonte de geração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: PROTER INFORMÁTICA, 1999. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, C. A. A.; SANTOS, T. P.; DANIEL, L. A. Aplicação do reuso de água como medida minimizadora de efluentes industriais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: PROTER INFORMÁTICA, 1997. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, W. B.; FEROLLA, G. Certificação ISO 14000. **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, v. 2, n. 9, p. 20-23. nov./dez. 1997.

PARKINSON, G. Reducing wastes can be cost-effective. **Chemical Engineering**, Hightstown, v. 90, n. 7, p. 30-33, jul. 1990.

PAWLOWSKY, U. **Tratamento de efluentes industriais**. Curso de mestrado em Tecnologia Química, área de concentração Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná, 1998. 105 p. (Apostila).

PEREIRA FILHO, F. A.; KAUSS, A. G. B. ISO 14001: um modelo avançado de gestão ambiental: a experiência da CETREL. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: PROTER INFORMÁTICA, 1997. 1 CD-ROM.

PRADO, V.M. Minimização dos resíduos sólidos industriais: o reprocessamento como alternativa. **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, v. 2, n. 9, p. 35-36, nov./dez. 1997.

REIS, M. J. L. **ISO 14000 gerenciamento ambiental**: um novo desafio para a sua competitividade. São Paulo: Qualitymark, 1996, 200 p.

ROSAIN, R. M. Reusing water in CPI plants. **Chemical Engineering Progress**, New York, v. 89, n. 4, p. 28-35, apr. 1993.

SANTOS, A. S. R. Usuário-pagador na questão hídrica. **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, v. 4, n. 22, p. 82-83, jan./fev. 2000.

SANTOS, C. F. M. Novas tecnologias e o selo verde. **Leite e Derivados**, São Paulo, v. 8, n. 44, p. 30-43, jan./fev. 1999.

SCHILLING, G. E. M.; HANDA, R. M. **Gerenciamento de resíduos sólidos**. Curso de especialização em gerenciamento ambiental na indústria. SENAI/PR - CETSAM. 1998. (Apostila).

SCHILLING, G. E. M.; ZENY, A. S.; BAPTISTA, M. V. S. Auditorias de redução de resíduos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: PROTER INFORMÁTICA, 1999. 1 CD-ROM.

SEABRA, F.; DARÓS, L. L.; PEREIRA, M. F. A ISO 14000 e a competitividade da indústria têxtil no mercosul: o caso da Hering têxtil S.A. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 2., 1998, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: [s.n.], 1998. v. 2. p. 24-31.

SILVA, M. L. P. Por que vale adotar a produção limpa. **Banas Qualidade**, São Paulo. v. 8. n. 77, p. 76-78, out. 1998.

SWAMI. Strategic Waste Minimization Initiative. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ttnrmrl/625/11-91/004.htm>> Acesso em: 02 jun. 1999.

TAVARES, L. F. F. A. ISO 14001 e a melhoria ambiental. **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, v. 4, n. 21, p. 38-49, nov./dez. 1999.

TOLEDO, J.C. **Qualidade industrial**: Conceitos, sistemas e estratégias. São Paulo: Ed. Atlas, 1987. 182 p.

VALLE, C. E. **Qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. São Paulo: Pioneira, 1995. 113 p.

VÉRAS, A. L. S. Higienização na indústria de alimentos: estudo do impacto ambiental. **Leite e Derivados**, São Paulo, v. 6, n. 34, p. 18-34, maio/jun. 1997.

WAJNSZTAJN, G. M.; LEAL, C. A. Obstáculos à implantação da gestão ambiental numa empresa: estudo de caso de uma refinaria de petróleo do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: PROTER INFORMÁTICA, 1999. 1 CD-ROM.

WANG, Y.P.; SMITH, R. Wastewater minimisation. **Chemical Engineering Science**, Great Britain, v. 49, n. 7, p. 981-1006, apr. 1994.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1 – Linha produtiva 1

### VAZÃO MÉDIA DAS MANGUEIRAS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 1 (m<sup>3</sup>/min)

MEDIÇÃO	SETOR PREPARAÇÃO	SETOR ESTERILIZAÇÃO	SETOR ENVASE	SETOR EMBALAGEM SECUNDÁRIA
1	0,0310	0,0116	0,0417	Máquina de alta pressão
2	0,0313	0,0121	0,0418	
3	0,0311	0,0117	0,0417	
4	0,0313	0,0122	0,0418	
Média aritmética	0,0312	0,0119	0,0418	0,0077*
Desvio padrão	0,00013	0,00025	0,00004	--
CV (%)	0,42	2,14	0,10	--

\* Fonte: ELECTROLUX DO BRASIL S/A, 1999.

### RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO CIP DOS EQUIPAMENTOS DO GRUPO 1- LINHA PROCESSAMENTO 1

MEDIÇÃO	VOLUME (cm3)		
	Enxágüe inicial	limpeza alcalina e enxágüe	limpeza ácida e enxágüe
1	3004328,60	3708045,45	2863585,35
2	2763054,39	3527089,72	2823372,96
3	2521780,07	3326027,79	2561992,46
4	2823372,96	3667833,07	2883691,54
5	2819798,43	3454625,64	2799893,85
Média	2786466,89	3536724,33	2786507,23
Desvio padrão	155270,11	139833,10	116043,95
C.V. (%)	5,57	3,95	4,16

### RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO CIP DOS EQUIPAMENTOS DO GRUPO 2 – LINHA DE PROCESSAMENTO 1

MEDIÇÃO	VOLUME (cm3)		
	Enxágüe inicial	limpeza alcalina e enxágüe	limpeza ácida e enxágüe
1	3004328,70	3708045,46	2863585,35
2	3271018,86	2942948,19	2869398,00
3	3004328,70	3708045,46	2857772,70
4	3263054,39	3366771,14	2862325,00
5	3082098,65	3326558,75	2864845,70
Média	3124965,86	3410473,80	2863585,35
Desvio padrão	119452,22	284474,83	3761,67
C.V. (%)	3,82	8,34	0,13

RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO *CIP* DOS EQUIPAMENTOS DO GRUPO 3 – LINHA DE PROCESSAMENTO 1

MEDIÇÃO	VOLUME (cm3)		
	Enxágüe inicial	limpeza alcalina e enxágüe	limpeza ácida e enxágüe
1	933390,81	1737638,50	1596895,10
2	933387,62	1737547,52	1584875,90
3	852966,05	1637107,58	1415939,45
4	893178,44	1556682,81	1476258,03
5	873075,24	1596895,19	1436045,65
Média	897199,63	1653174,32	1502002,83
Desvio padrão	32168,74	73469,89	75223,05
C.V. (%)	3,59	4,44	5,01

RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO *CIP* DOS EQUIPAMENTOS DO GRUPO 4 – LINHA DE PROCESSAMENTO 1

MEDIÇÃO	VOLUME (cm3)		
	Enxágüe inicial	limpeza alcalina e enxágüe	limpeza ácida e enxágüe
1	310098,84	1558806,66	1481897,87
2	269886,45	1456151,84	1476258,03
3	289992,65	1434983,72	1470618,19
4	249780,26	1595833,26	1476258,03
Média	279939,55	1511443,87	1476258,03
Desvio padrão	22479,40727	67579,89171	3987,969109
C.V. (%)	8,03	4,47	0,27

Obs.: A média corresponde a média aritmética.

$$\text{Desvio padrão (s)} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

C.V. = coeficiente de variação = desvio padrão/média \* 100

## ANEXO 2 – Linha produtiva 2

### RESÍDUO ORGÂNICO EM PÓ GERADO NAS LINHAS DE PROCESSAMENTO 2A E 2B

Resíduo (kg)	turnos correspondentes	Resíduo/turno (kg)
34,0000	18	1,8889
40,0000	20	2,0000
33,0000	18	1,8333
55,0000	27	2,0370
50,7000	22	2,3045
40,7000	19	2,1421
43,6000	21	2,0762
57,0000	27	2,1111
50,0000	23	2,1739
55,3000	26	2,1269
Média =		2,0694
Desvio padrão =		0,13
C.V. (%) =		6,31

Obs.: O aparelho de sucção é utilizado simultaneamente nas linhas de processamento 2A e 2B.

RESULTADOS DA PRIMEIRA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Z – LINHA DE PROCESSAMENTO 2

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Úmido (kg)	R. Seco (kg)
22/jul	2	1375	9,00	4,00
	3	1425	6,50	0,40
23/jul	1	1650	2,00	0,40
	2	1675	1,90	1,50
	3	1400	3,00	1,20
24/jul	1	1675	10,00	0,80
	2	1800	1,00	1,00
	3	1450	54,00	3,50
25/jul	1	1850	2,30	0,50
	2	1450	10,00	9,00
	3	1300	1,00	0,10
26/jul	1	1675	3,00	1,90
	2	1875	0,70	0,50
	3	1350	2,50	0,20
27/jul	1	2000	22,65	2,00
	2	1825	13,40	0,25
	3	1475	2,50	0,15
28/jul	1	1800	6,30	0,90
	2	1825	3,10	0,50
	3	1550	1,70	0,10
29/jul	1	1825	3,00	0,20
	2	1800	2,80	0,55
	3	1450	1,50	0,50
30/jul	1	1725	1,80	0,10
	2	1800	2,10	1,00
	3	1475	1,40	0,20
31/jul	1	1950	25,00	5,00
	2	1875	2,20	0,50
	3	1675	0,90	0,28
01/ago	1	2175	2,70	0,20
	2	2150	1,50	1,00
	3	1775	0,90	0,10
02/ago	1	2150	3,90	0,10
	2	2225	15,00	1,80
	3	1775	5,50	0,19
03/ago	1	2225	1,10	2,00
	2	2350	2,00	0,50
	3	1900	5,50	0,10
04/ago	1	2250	3,10	2,00
	2	2200	2,80	0,80
	3	1825	3,70	1,00
05/ago	1	2200	0,80	0,00
	2	2225	1,30	1,50
	3	1875	0,90	0,15
06/ago	1	2350	2,00	0,35
	2	1050	6,00	3,00
<b>Média =</b>		<b>1797,8261</b>	<b>5,5641</b>	<b>1,1309</b>
Desvio padrão =		308,52	8,91	1,60
C.V. (%) =		17,16	160,22	141,62

Ciclo de Produção = 46 turnos



RESULTADOS DA SEGUNDA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Z – LINHA DE PROCESSAMENTO 2

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Úmido (kg)	R. Seco (kg)
16/ago	1	1350	22,00	0,90
	2	1825	14,00	4,50
	3	1500	1,80	1,20
17/ago	1	1950	21,00	0,40
	2	2025	4,00	1,00
	3	1675	2,30	0,10
18/ago	1	1975	2,00	0,15
	2	2075	4,00	0,50
	3	1700	0,50	0,40
19/ago	1	2125	0,90	0,20
	2	2100	1,00	1,00
	3	1775	0,80	0,10
20/ago	1	2150	0,85	0,10
	2	2150	0,00	2,00
	3	1200	2,50	0,40
21/ago	1	2350	1,00	0,17
	2	2250	0,50	2,00
	3	1875	2,50	2,70
22/ago	1	2300	1,20	0,30
	2	2300	0,80	1,50
	3	1875	0,00	0,20
23/ago	1	2275	0,95	0,15
	2	2225	0,10	0,50
	3	1850	0,30	0,25
24/ago	1	2300	17,50	0,80
	2	2300	4,50	1,20
	3	1950	2,30	0,11
25/ago	1	2250	1,00	1,10
	2	2300	1,30	0,80
	3	1950	22,65	0,20
<b>Média =</b>		<b>1997,5000</b>	<b>4,4750</b>	<b>0,8310</b>
Desvio padrão =		291,64	6,91	0,94
C.V. (%) =		14,60	154,42	113,36

Ciclo de Produção = 30 turnos

RESULTADOS DA TERCEIRA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Z – LINHA DE PROCESSAMENTO 2

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Úmido (kg)	R. Seco (kg)
07/set	3	1200	8,40	0,00
08/set	1	1750	15,70	0,40
	2	1725	1,90	2,00
	3	1500	1,50	0,20
09/set	1	2125	2,30	0,35
	2	2900	4,70	3,00
	3	2125	3,00	0,30
10/set	1	2100	3,10	6,50
	2	2175	7,90	1,50
	3	1875	3,60	0,40
11/set	1	2150	2,20	1,50
	2	2250	1,50	2,00
	3	1825	1,90	0,30
12/set	1	2175	0,80	0,10
	2	2150	1,10	1,00
	3	1475	21,70	0,40
<b>Média =</b>		<b>1968,7500</b>	<b>5,0813</b>	<b>1,2469</b>
Desvio padrão =		383,60	5,67	1,60
C.V. (%) =		19,48	111,61	127,92

Ciclo de Produção = 16 turnos

RESULTADOS DA QUARTA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Z – LINHA DE PROCESSAMENTO 2

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Úmido (kg)	R. Seco (kg)
26/set	3	600	1,20	0,40
27/set	1	2150	15,90	0,30
	2	2100	12,00	0,10
	3	1725	4,50	0,20
28/set	1	2100	6,00	0,50
	2	2100	2,00	0,00
	3	1700	1,50	0,20
29/set	1	2050	25,00	0,00
	2	2100	1,50	0,90
	3	1800	0,30	0,30
30/set	1	2075	0,90	0,30
	2	2075	1,00	0,10
	3	1725	0,70	0,30
01/out	1	1950	0,10	2,70
	2	2025	0,40	2,00
	3	1750	0,90	0,30
02/out	1	2425	19,90	1,29
	2	2350	20,00	10,00
	3	1700	2,00	0,00
03/out	1	2550	4,80	1,00
	2	1550	20,00	3,00
<b>Média =</b>		<b>1933,3333</b>	<b>6,6952</b>	<b>1,1376</b>
Desvio padrão =		389,62	8,09	2,16
C.V. (%) =		20,15	120,77	189,45

Ciclo de Produção = 21 turnos

RESULTADOS DA PRIMEIRA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X – LINHA DE PROCESSAMENTO 2A

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Úmido (kg)	R. Seco (kg)	R.Floq. (kg)
09/ago	1	2475	62,00	6,00	0,00
	2	570	2,30	9,30	0,00
	3	1935	21,00	0,50	68,00
10/ago	1	2775	21,00	3,00	20,00
	2	2100	10,00	4,50	82,00
	3	1935	8,80	0,70	51,00
11/ago	1	2580	18,00	3,90	75,85
	2	2340	12,00	5,00	46,55
	3	1875	21,50	5,20	98,00
12/ago	1	2760	20,70	2,40	66,25
	2	2535	8,00	6,00	37,55
	3	2280	18,00	1,24	41,00
13/ago	1	2985	15,80	2,40	45,00
	2	2355	17,00	5,50	41,30
	3	2235	18,00	0,50	22,50
14/ago	1	2955	10,00	3,85	47,30
	2	2505	7,00	6,00	50,00
	3	2175	3,50	0,30	54,10
15/ago	1	2670	12,10	2,90	71,25
	2	1440	9,00	7,50	67,63
<b>Média =</b>		<b>2274,0000</b>	<b>15,7850</b>	<b>3,8345</b>	<b>49,2640</b>
Desvio padrão =		543,58	12,09	2,46	24,87
C.V. (%) =		23,90	76,59	64,09	50,47
Ciclo de Produção = 20 turnos					

RESULTADOS DA SEGUNDA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X – LINHA DE PROCESSAMENTO 2A

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Umido (kg)	R. Seco (kg)	R.Floq. (kg)
26/ago	3	1155	6,30	0,35	0,00
27/ago	1	2850	66,00	5,70	51,00
	2	2340	65,00	1,50	31,15
	3	1920	22,00	0,80	59,10
28/ago	1	2370	10,00	3,45	50,85
	2	2430	10,00	2,98	77,00
	3	1920	8,00	0,40	89,00
29/ago	1	2430	26,00	3,50	52,25
	2	2205	9,00	1,00	46,85
	3	1875	55,00	0,25	65,00
30/ago	1	2445	9,00	2,00	57,50
	2	2145	14,00	0,30	48,00
	3	1665	39,00	0,40	86,00
31/ago	1	2385	22,00	1,90	87,00
	2	2175	50,00	0,50	65,15
	3	1710	20,00	1,35	77,00
01/set	1	2370	15,00	0,85	52,15
	2	1965	14,00	0,60	66,40
	3	1845	29,50	0,54	88,00
02/set	1	2055	5,00	0,40	96,00
	2	1710	12,00	1,25	69,90
	3	1860	29,00	0,87	73,60
03/set	1	2670	2,00	0,90	84,90
	2	1920	5,00	2,10	96,80
<b>Média =</b>		<b>2100,6250</b>	<b>22,6167</b>	<b>1,4121</b>	<b>65,4417</b>
Desvio padrão =		365,41	18,69	1,31	21,97
C.V. (%) =		17,40	82,65	92,46	33,57
Ciclo de Produção = 24 turnos					

RESULTADOS DA TERCEIRA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X – LINHA DE PROCESSAMENTO 2A

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Úmido (kg)	R. Seco (kg)	R.Floq. (kg)
13/set	2	1290	28,00	8,00	0,00
	3	1980	31,00	0,50	0,00
14/set	1	2505	23,70	2,40	113,00
	2	2475	44,00	0,57	19,00
	3	2040	35,00	0,90	56,00
15/set	1	2385	45,00	0,50	99,35
	2	2205	30,00	14,00	66,00
	3	2025	35,70	0,30	105,00
16/set	1	2415	24,00	1,35	49,40
	2	2070	39,00	3,00	70,00
	3	1920	27,00	0,15	41,00
17/set	1	1605	59,50	1,00	98,00
<b>Média =</b>		<b>2076,2500</b>	<b>35,1583</b>	<b>2,7225</b>	<b>59,7292</b>
Desvio padrão =		347,30	10,00	3,98	38,00
C.V. (%) =		16,73	28,44	146,30	63,63

Ciclo de Produção = 12 turnos

RESULTADOS DA QUARTA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X – LINHA DE PROCESSAMENTO 2A

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Úmido (kg)	R. Seco (kg)	R.Floq. (kg)
19/set	3	990	60,00	1,00	0,00
20/set	1	1770	54,75	6,50	65,90
	2	2400	30,00	1,50	63,00
	3	2040	52,00	1,20	48,00
21/set	1	2460	28,50	2,35	68,05
	2	2340	54,75	1,40	65,80
	3	1890	61,00	0,20	72,73
22/set	1	2385	21,00	1,70	66,25
	2	2310	39,75	0,60	56,60
	3	1965	23,00	0,90	30,00
23/set	1	2490	7,50	5,00	25,80
	2	2460	18,00	2,30	44,55
	3	1920	23,00	0,10	47,24
24/set	1	2175	34,75	0,80	36,15
	2	2325	17,00	0,30	24,35
	3	1920	3,90	0,40	69,00
25/set	1	2370	6,50	1,30	48,00
	2	2340	8,00	0,70	46,40
	3	1965	30,00	0,40	34,00
26/set	1	2370	6,30	2,13	25,65
	2	2055	18,00	0,20	38,33
<b>Média =</b>		<b>2140,0000</b>	<b>28,4619</b>	<b>1,4752</b>	<b>46,4667</b>
Desvio padrão =		338,22	18,34	1,56	18,64
C.V. (%) =		15,80	64,43	105,56	40,12

Ciclo de Produção = 21 turnos

RESULTADOS DA PRIMEIRA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X – LINHA DE PROCESSAMENTO 2B

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Umido (kg)	R. Seco (kg)
09/jul	3	750	28,00	0,95
10/jul	1	2430	5,00	1,80
	2	2505	2,60	2,67
	3	1980	3,40	2,60
11/jul	1	150	49,00	0,20
	2	540	1,85	3,90
	3	2055	2,30	2,50
12/jul	1	2430	2,30	4,20
	2	2355	6,00	1,26
	3	1950	41,00	2,30
13/jul	1	1740	2,80	0,30
	2	2670	55,00	3,20
	3	2130	6,20	0,60
14/jul	1	2175	38,50	0,40
	2	1950	24,00	2,80
	3	2070	17,80	3,40
15/jul	1	2115	20,30	0,10
	2	1830	40,30	2,00
<b>Média =</b>		<b>1879,1667</b>	<b>19,2417</b>	<b>1,9544</b>
Desvio padrão =		675,94	17,92	1,28
C.V. (%) =		35,97	93,11	65,56
Ciclo de Produção = 18 turnos				

RESULTADOS DA SEGUNDA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X – LINHA DE PROCESSAMENTO 2B

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Umido (kg)	R. Seco (kg)
26/jul	3	645	2,50	0,20
27/jul	1	2325	8,00	4,50
	2	2370	8,00	2,00
	3	1950	51,70	0,185
28/jul	1	2445	12,30	0,10
	2	2385	4,00	3,50
	3	2010	10,00	2,15
29/jul	1	45	9,00	0,00
	2	1230	28,00	6,90
	3	2010	1,80	0,32
30/jul	1	435	4,50	5,80
	2	2100	9,20	0,10
	3	2160	4,30	3,70
31/jul	1	1785	78,50	3,60
	2	1050	2,00	5,50
	3	1980	3,15	6,10
01/ago	1	2310	7,00	8,30
	2	2490	6,00	4,50
	3	2040	3,50	0,18
02/ago	1	2370	8,20	3,00
	2	2370	35,00	4,50
	3	1965	66,50	1,50
03/ago	1	1845	100,92	5,00
	2	2355	4,30	2,00
	3	2010	9,70	0,14
04/ago	1	2370	17,40	0,40
	2	2505	18,00	3,00
	3	1950	30,60	0,25
05/ago	1	2220	18,50	4,25
	2	1875	4,00	2,30
	3	1965	9,70	0,14
06/ago	1	2250	18,00	8,50
	2	1260	18,00	5,00
<b>Média =</b>		<b>1911,3636</b>	<b>18,5536</b>	<b>2,9579</b>
Desvio padrão =		599,24	23,13	2,51
C.V. (%) =		31,35	124,67	84,77
Ciclo de produção = 33 turnos				

RESULTADOS DA TERCEIRA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X – LINHA DE PROCESSAMENTO 2B

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Úmido (kg)	R. Seco (kg)
22/ago	3	765	3,00	0,00
23/ago	1	2340	10,50	0,50
	2	2400	10,00	0,99
	3	1965	7,00	0,25
24/ago	1	2430	8,50	0,10
	2	2355	6,00	2,00
	3	1920	10,50	0,13
25/ago	1	2370	5,50	1,00
	2	2430	7,00	2,00
	3	2085	61,00	0,15
26/ago	1	2130	87,10	7,00
	2	2475	26,00	3,00
	3	2100	22,00	0,14
27/ago	1	2430	19,12	0,00
	2	2355	12,00	1,50
	3	1980	5,83	1,20
28/ago	1	2370	11,12	2,00
	2	2490	12,00	1,50
	3	2100	4,50	0,50
29/ago	1	2415	19,00	0,30
	2	2535	9,00	1,00
	3	1905	4,97	1,63
<b>Média =</b>		<b>2197,5000</b>	<b>16,4382</b>	<b>1,2223</b>
Desvio padrão =		369,80	19,52	1,50
C.V. (%) =		16,83	118,78	122,64
Ciclo de Produção = 22 turnos				



RESULTADOS DA QUARTA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X – LINHA DE PROCESSAMENTO 2B

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Úmido (kg)	R. Seco (kg)
25/set	2	1740	30,00	1,20
	3	1980	10,00	1,00
26/set	1	2100	3,50	2,00
	2	2475	7,00	0,90
	3	2370	3,80	1,70
27/set	1	2340	10,50	3,80
	2	2670	10,00	4,00
	3	2115	5,30	0,30
28/set	1	2445	7,80	3,00
	2	2475	18,00	2,50
	3	2160	13,50	0,40
29/set	1	2295	11,60	0,80
	2	2295	9,00	2,00
	3	1995	5,00	0,20
30/set	1	2355	14,30	0,10
	2	2325	10,00	0,00
	3	2025	8,20	0,20
01/out	1	2205	6,10	0,00
	2	2235	15,00	0,20
	3	2055	7,60	0,40
02/out	1	2235	9,00	0,00
	2	2400	9,10	1,20
	3	1740	7,00	0,30
03/out	1	2355	5,60	0,10
	2	2505	7,00	0,90
	3	2055	50,00	0,40
<b>Média =</b>		<b>2228,6538</b>	<b>11,3038</b>	<b>1,0615</b>
Desvio padrão =		222,03	9,37	1,15
C.V. (%) =		9,96	82,92	108,08
Ciclo de Produção = 26 turnos				

RESULTADOS DA PRIMEIRA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Y – LINHA DE PROCESSAMENTO 2B

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Umido (kg)	R. Seco (kg)
16/jul	2	1680	11,00	2,00
	3	2130	23,00	0,50
17/jul	1	2550	37,00	0,30
	2	2040	36,00	1,75
	3	1845	5,60	0,30
18/jul	1	2430	17,30	0,20
	2	2040	14,50	1,50
	3	1815	13,00	1,00
19/jul	1	1170	97,00	0,00
	2	1605	15,60	0,10
	3	2250	7,80	0,18
20/jul	1	2550	34,50	1,10
	2	690	15,00	2,50
	3	2115	11,30	0,20
21/jul	1	2370	10,50	0,00
	2	2565	15,00	0,00
	3	2235	7,50	0,14
22/jul	1	1740	4,40	0,00
	2	2250	4,50	0,00
	3	1980	3,20	0,40
23/jul	1	2520	13,50	0,00
	2	2460	8,00	2,40
	3	2235	8,80	0,22
24/jul	1	2550	17,00	0,30
	2	2310	16,00	0,50
	3	1875	9,10	0,40
25/jul	1	2340	20,50	0,20
	2	2310	16,00	0,10
	3	1935	12,90	0,23
26/jul	1	2325	13,30	0,60
<b>Média =</b>		<b>2097,0000</b>	<b>17,2933</b>	<b>0,5707</b>
Desvio padrão =		417,93	17,05	0,72
C.V. (%) =		19,93	98,60	125,98
Ciclo de Produção = 30 turnos				

RESULTADOS DA SEGUNDA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Y – LINHA DE PROCESSAMENTO 2B

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Umido (kg)	R. Seco (kg)
15/ago	1	285	7,00	0,30
	2	2295	15,00	2,00
	3	1965	17,77	0,40
16/ago	1	2325	30,50	1,50
	2	1905	22,00	2,00
	3	2265	21,00	0,08
17/ago	1	2400	38,00	0,50
	2	2265	40,00	1,00
	3	2040	12,90	0,20
18/ago	1	2445	30,00	2,50
	2	2340	30,00	2,00
	3	2025	27,00	0,115
19/ago	1	2385	25,00	0,30
	2	1320	5,00	0,20
	3	2025	21,30	0,70
20/ago	1	2160	35,50	0,40
	2	2325	29,00	1,00
	3	2010	20,60	0,10
21/ago	1	2400	6,30	0,00
	2	2535	13,00	1,505
	3	2520	10,00	0,16
22/ago	1	1260	10,98	0,00
	2	765	43,00	10,00
<b>Média =</b>		<b>2011,3043</b>	<b>22,2109</b>	<b>1,1722</b>
Desvio padrão =		562,97	10,93	2,03
C.V. (%) =		27,99	49,19	172,96
Ciclo de produção = 23 turnos				

RESULTADOS DA TERCEIRA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Y – LINHA DE PROCESSAMENTO 2B

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Umido (kg)	R. Seco (kg)
30/ago	2	1185	12,50	1,00
	3	1905	16,40	0,40
31/ago	1	2295	22,05	0,50
	2	2280	21,80	0,50
	3	1875	17,95	0,60
01/set	1	2415	29,56	0,50
	2	2295	25,43	3,00
	3	1905	15,62	0,35
02/set	1	2265	24,90	2,30
	2	2250	78,42	5,20
<b>Média =</b>		<b>2067,0000</b>	<b>26,4630</b>	<b>1,4350</b>
Desvio padrão =		347,91	18,00	1,52
C.V. (%) =		16,83	68,02	105,98
Ciclo de Produção = 10 turnos				

RESULTADOS DA QUARTA MEDIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Y – LINHA DE PROCESSAMENTO B

Data	Turnos	Produção (kg)	R.Úmido (kg)	R. Seco (kg)
19/set	3	810	23,70	0,50
20/set	1	2085	54,00	4,30
	2	2415	18,50	3,50
	3	1995	21,00	0,40
21/set	1	2475	11,50	0,20
	2	2460	33,00	0,85
	3	2055	12,30	1,69
22/set	1	2400	24,70	0,10
	2	2415	13,00	0,10
	3	1965	17,00	0,30
23/set	1	2475	18,50	1,10
	2	2295	19,00	0,90
	3	1755	6,90	2,00
24/set	1	2040	31,10	2,70
	2	2400	15,00	0,20
	3	1755	104,00	2,12
Média =		2112,1875	26,4500	1,3100
Desvio padrão =		415,50	22,73	1,26
C.V. (%) =		19,67	85,94	95,92
Ciclo de Produção = 16 turnos				

MEDIÇÕES DAS VAZÕES DA ÁGUA DE ARREFECIMENTO DOS TROCADORES DE CALOR DE SUPERFÍCIE RASPADA

MEDIÇÃO	VAZÃO (m <sup>3</sup> /minuto)	
	Linha de processamento 2A	Linha de processamento 2B
1	1,5660 x 10 <sup>-3</sup>	2,0792 x 10 <sup>-3</sup>
2	1,5563 x 10 <sup>-3</sup>	2,0939 x 10 <sup>-3</sup>
3	1,5369 x 10 <sup>-3</sup>	2,0599 x 10 <sup>-3</sup>
4	1,5660 x 10 <sup>-3</sup>	2,0551 x 10 <sup>-3</sup>
Média aritmética	1,5563 x 10 <sup>-3</sup>	2,0720 x 10 <sup>-3</sup>
Desvio padrão	0,00001	0,00002
CV (%)	0,76	0,75

VAZÃO DAS MANGUEIRAS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2

MEDIÇÃO	Linha de Processamento 2A	Linha de Processamento 2B		
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	0,0463	0,0462	0,0479	0,0375
2	0,0452	0,0463	0,0492	0,0378
3	0,0465	0,0468	0,0489	0,0360
4	0,0463	0,0463	0,0492	0,0375
Vazão média (m <sup>3</sup> /min)	0,0461	0,0464	0,0488	0,0372
Desvio padrão	0,00051	0,00023	0,00053	0,00070
CV(%)	1,11	0,51	1,09	1,89

## Higienização dos equipamentos da linha de processamento 2

EFLUENTES DO PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2A, SETOR DE PREPARAÇÃO

EQUIPAMENTO	TEMPO S/P (min)	VOLUME (m <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>	TEMPO C/P (min)	VOLUME (m <sup>3</sup> ) <sup>b</sup>	TOTAL (m <sup>3</sup> )
Tanque 1	15	0,6915	10	0,0770	0,7685
Tanque 2	10	0,4610	10	0,0770	0,5380
Plataforma de matéria-prima	10	0,4610	20	0,1540	0,6150
Tubulações	—	—	15	0,1155	0,1155
Piso	16	0,7376	25	0,1925	0,9301
<b>Total</b>	<b>—</b>	<b>2,3511</b>	<b>—</b>	<b>0,6160</b>	<b>2,9671</b>

<sup>a</sup>: Tempo x Vazão mangueira 1 (0,0461 m<sup>3</sup>/min).

<sup>b</sup>: ELECTROLUX DO BRASIL S/A = 7,7 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/minuto.

s/P: Mangueira sem redutor de vazão

c/P: Água pressurizada

EFLUENTES DO PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2B, SETOR DE PREPARAÇÃO

EQUIPAMENTO	TEMPO S/P (min)	VOLUME (m <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>	TEMPO C/P (min)	VOLUME (m <sup>3</sup> ) <sup>b</sup>	TOTAL (m <sup>3</sup> )
Tanque 1	15	0,6960	10	0,0770	0,7730
Tanque 2	10	0,4640	10	0,0770	0,5410
Plataforma de matéria-prima	10	0,4640	20	0,1540	0,6180
Tubulações	—	—	15	0,1155	0,1155
Piso	15	0,6960	27	0,2079	0,9039
<b>Total</b>	<b>—</b>	<b>2,3200</b>	<b>—</b>	<b>0,6314</b>	<b>2,9514</b>

<sup>a</sup>: Tempo x Vazão da mangueira 2 (0,0464 m<sup>3</sup>/min).

<sup>b</sup>: ELECTROLUX DO BRASIL S/A = 7,7 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/minuto.

s/P: Mangueira sem redutor de vazão

c/P: Água pressurizada

VAZÃO DOS EFLUENTES DO PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2A, SETOR DE SECAGEM

EQUIPAMENTO	TEMPO C/P (min)	CONSUMO (m <sup>3</sup> )
<i>Trocador de calor de superfície raspada</i>		
▪ Solução alcalina	—	0,0600
▪ Lavagem	10	0,0770
▪ Piso	10	0,0770
<b>Sub-Total</b>		<b>0,2140</b>
<i>Secador</i>		
▪ Circulação de água	—	5,8560
▪ Lavagem	155	1,1935
▪ Lavagem tubulação de alimentação	16	0,1232
▪ Piso	57	0,4389
<b>Sub-Total</b>		<b>7,6116</b>
<b>Total</b>		<b>7,8256</b>

VAZÃO DOS EFLUENTES DO PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2B, SETOR DE SECAGEM

EQUIPAMENTO	TEMPO C/P (min)	TEMPO S/P (min)	CONSUMO (m <sup>3</sup> )
<i>Trocador de calor de superfície raspada</i>			
▪ Lavagem	35	--	0,2695
▪ Piso	10	--	0,0770
Sub-Total			0,3465
<i>Secador</i>			
▪ Circulação de água	--	--	5,8560
▪ Lavagem	153	--	1,1781
▪ Lavagem mangueira de alimentação*	--	10	0,4880
▪ Piso	59		0,4543
Sub-Total			7,9764
Total			8,3229

\* Vazão da mangueira 3: 0,0488 m<sup>3</sup>/min.

C/P: Água pressurizada (ELECTROLUX DO BRASIL S/A =  $7,7 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/minuto).

VAZÃO DOS EFLUENTES DO PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 2, SETOR DE MOAGEM A E B

EQUIPAMENTO	TEMPO S/P (min)	VOLUME (m <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>	TEMPO C/P (min)	VOLUME (m <sup>3</sup> ) <sup>b</sup>	TOTAL (m <sup>3</sup> )
Rosca do cilindro	6	0,2232	7	0,0539	0,2771
Rosca elevatória	7	0,2604	10	0,0770	0,3374
Floqueador	11	0,4092	20	0,1540	0,5632
Piso	15	0,5580	20	0,1540	0,7120
Total	--	1,4508	--	0,4389	1,8897

<sup>a</sup>: Tempo x Vazão da tabela

<sup>b</sup>: (ELECTROLUX DO BRASIL S/A =  $7,7 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/minuto).

S/P: Mangueira 4 sem redutor de vazão (0,0372 m<sup>3</sup>/min)

C/P: Água pressurizada

### ANEXO 3 – Linha produtiva 3

#### VAZÃO MÉDIA DAS MANGUEIRAS DA LINHA DE PROCESSAMENTO 3

MEDIÇÃO	SETOR DE MISTURA (m <sup>3</sup> /minuto)	SETOR DE CARREGAMENTO DOS BEANS (m <sup>3</sup> /minuto)
1	0,0381	0,0402
2	0,0380	0,0401
3	0,0380	0,0402
4	0,0379	0,0401
Média aritmética	0,0380	0,0402
Desvio padrão	0,00007	0,00005
CV (%)	0,19	0,12

#### RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL X – LINHA DE PROCESSAMENTO 3

Data	Produção (kg)	Resíduo (kg)
01/jun	11932,80	3,250
02/jun	11649,60	5,360
05/jun	10185,60	2,780
06/jun	11534,40	0,981
07/jun	11721,60	4,257
06/jul	6187,20	2,850
07/jul	5419,20	0,750
08/jul	11884,80	1,590
10/jul	11784,00	1,210
11/jul	8913,60	1,977
12/jul	3686,40	2,560
02/ago	2308,80	2,500
03/ago	12508,80	7,040
05/ago	6196,80	0,400
07/ago	2659,20	0,550
08/ago	5419,20	6,080
09/ago	6000,00	0,900
10/ago	6230,40	1,130
11/ago	5419,20	5,040
14/ago	3816,00	0,660
15/ago	12801,60	2,370
16/ago	12384,00	1,800
17/ago	12748,80	1,560
18/ago	12883,20	1,260
19/ago	5889,20	1,114
21/ago	2822,40	2,270
Valor médio/dia =		2,3940
Desvio padrão =		1,76
C.V. (%) =		73,59

RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Y – LINHA DE PROCESSAMENTO 3

Data	Produção (kg)	Resíduo (kg)
08/jun	12355,200	2,120
09/jun	672,000	1,290
12/jun	1032,000	1,278
14/jun	10790,400	0,500
15/jun	7060,800	0,850
16/jun	9019,200	1,350
19/jun	1132,800	1,870
28/jun	12129,600	4,359
29/jun	5803,200	0,700
30/jun	2054,400	1,595
01/jul	10459,200	2,890
03/jul	5774,400	0,350
04/jul	2899,200	0,680
05/jul	4982,400	1,270
13/jul	5798,400	0,345
14/jul	2779,200	0,875
31/jul	6297,600	1,450
01/ago	13051,200	10,350
02/ago	13612,800	7,260
04/ago	11644,800	4,120
05/ago	2462,400	2,200
Valor médio/dia =		2,2720
Desvio padrão =		2,42
C.V. (%) =		106,50



RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE FARINHA INFANTIL Z – LINHA DE PROCESSAMENTO 3

Data	Produção (kg)	Resíduo (kg)
13/jun	8505,600	2,722
20/jun	4464,000	1,780
21/jun	498,600	2,550
27/jun	5577,600	2,976
17/jul	652,800	1,869
24/jul	7104,000	3,102
25/jul	7564,800	2,999
27/jul	9432,000	1,545
28/jul	12235,200	4,450
21/ago	8438,400	1,822
22/ago	11942,400	2,810
23/ago	15705,600	2,800
24/ago	1516,800	1,400
06/set	4934,400	1,980
18/set	5673,600	0,660
19/set	8020,800	2,470
20/set	8476,800	2,560
21/set	9014,400	3,750
22/set	6628,800	3,180
Valor médio/dia =		2,4960
Desvio padrão =		0,86
C.V. (%) =		34,47