

ELAINE TRANNIN DE MELLO SCARAMAL

MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM INDÚSTRIA CERVEJEIRA DO SUL DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Tecnologia Química, área de concentração em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Urivald Pawlowsky

CURITIBA

2002

ELAINE TRANNIN DE MELLO SCARAMAL

**MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM UMA INDÚSTRIA
CERVEJEIRA DO SUL DO PARANÁ**

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. EDNA REGINA AMANTE
Centro de Ciências Agrárias, UFSC


Prof.^a. Dr.^a. MARIA LÚCIA MASSON
Setor de Tecnologia, UFPR


Prof. Dr. GEORGES KASKANTZIS NETO
Setor de Tecnologia, UFPR

Curitiba, 31 de Janeiro de 2002

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Dr. Urivald Pawlowsky, pelo apoio, paciência e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

A Universidade Federal do Paraná, em especial ao Centro Politécnico, Mestrado em Tecnologia Química, pela oportunidade oferecida.

A Cervejaria e aos seus funcionários, pelas instalações, informações e recursos colocados à disposição, viabilizando a execução deste projeto.

Ao João Carlos Kaminski e Rui Gil Canesso Garcia, pela confiança depositada.

Ao João Rodrigues e ao Carlos Simões, pela contribuição técnica durante a elaboração deste estudo.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa de estudo.

A CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo, pelas informações e projetos compartilhados.

Ao Halloay Scaramal, pelo estímulo, pela ajuda e pela paciência durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

A minha família e aos meus amigos, pelo incentivo e compreensão durante esse tempo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS E DE SÍMBOLOS	VIII
RESUMO	IX
SUMMARY	X

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 PROBLEMÁTICA DA POLUIÇÃO AMBIENTAL	3
2.2 HISTÓRICO SOBRE A EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS REFERENTES À PROTEÇÃO AMBIENTAL	8
2.3 PREVENÇÃO À POLUIÇÃO, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E PRODUÇÃO LIMPA	11
2.4 MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS	20
2.5 MODELO DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS	30
2.5.1 Necessidade reconhecida de Minimização de Resíduos	30
2.5.1.1 Definição da política da companhia e estratégia para sua implementação através da minimização de resíduos	30
2.5.2 Planejamento e Organização	31
2.5.2.1 Comprometimento da direção da empresa	31
2.5.2.2 Estabelecimento da equipe de avaliação	31
2.5.2.3 Definição dos objetivos do Programa de Minimização	32
2.5.3 Fase de Avaliação	33
2.5.3.1 Coleta de dados	33
2.5.3.2 Organização dos dados	34
2.5.3.3 Identificação das práticas significativas de geração de resíduos	35

2.5.3.4 Revisão dos dados e inspeção do local	36
2.5.4 Posição preliminar das opções práticas de minimização	38
2.5.5 Fase de análise de viabilidade	38
2.5.5.1 Avaliação da viabilidade técnica	38
2.5.5.2 Avaliação da viabilidade econômica	40
2.5.6 Relatório da Avaliação	42
2.5.6.1 Implementação dos projetos de minimização de resíduos	43
2.5.6.2 Revisão e auditoria dos projetos implementados	43
2.5.7 Divulgação de Informações	45
2.5.8 Reavaliação dos objetivos globais	46
2.6 CERVEJARIAS	47
2.7 PROCESSO DE COMPOSTAGEM	60
 3 MATERIAL E MÉTODOS	 63
3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA	63
3.2 METODOLOGIA DE TRABALHO E DADOS COLETADOS	63
3.2.1 Modelo de Minimização de Resíduos	64
3.2.1.1 Necessidade reconhecida de minimização de resíduos	64
3.2.1.2 Planejamento e organização	64
3.2.1.3 Fase de avaliação	65
3.2.1.4 Posição preliminar das opções práticas de minimização	94
3.2.1.5 Fase de análise de viabilidade	95
3.2.1.6 Relatório da avaliação	95
3.2.1.7 Divulgação de informações	96
3.2.1.8 Reavaliação dos objetivos globais	96
3.2.2 Modelo de priorização	96
3.2.2.1 Legislação (A)	97
3.2.2.2 Custos para Tratamento do Resíduo (B)	98
3.2.2.3 Riscos Potenciais a Segurança (C)	98
3.2.2.4 Quantidade gerada de resíduo (D)	99

3.2.2.5 Classificação do resíduo (E)	99
3.2.2.6 Potencial (ou facilidade) de minimização (F)	100
3.2.2.7 Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (G)	100
3.2.2.8 Número de Prioridade (N.P.)	101
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	102
4.1 NECESSIDADE RECONHECIDA DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS	102
4.2 PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO	102
4.3 FASE DE AVALIAÇÃO	103
4.3.1 Dados de produção de cerveja e dos resíduos gerados	103
4.3.1.1 Efluente	105
4.3.1.2 Levedura	106
4.3.1.3 Lodo da ETDI	108
4.3.1.4 Materiais recicláveis	109
4.3.1.5 – Resíduo de trub	110
4.3.1.6 Borra de rótulos	111
4.3.1.7 Terra diatomácea	113
4.3.1.8 Resíduos da videojet	114
4.3.1.9 Gás metano na ETDI	114
4.3.1.10 Bagaço das peneiras	114
4.3.1.11 Resíduo de óleo BPF	115
4.3.1.12 Bagaço de cevada	115
4.3.2 Aplicação do Modelo de Priorização	116
4.4 POSIÇÃO PRELIMINAR DAS OPÇÕES	120
4.5 VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA - PROPOSTAS DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS	121
4.5.1 Lodo ETDI	121
4.5.2 Resíduos Videojet	126
4.5.3 Levedura cervejeira	127
4.5.4 Terra diatomácea	129

4.5.5 Resíduo de óleo BPF	133
4.5.6 Materiais recicláveis	134
4.5.7 Resíduo de trub	135
4.5.8 Borra de rótulos	136
4.5.9 Efluente	137
4.5.10 Bagaço de cevada	137
4.5.11 Bagaço das peneiras	138
4.5.12 Gás metano na ETDI	138
4.6 Discussão dos objetivos definidos para a aplicação do modelo	140
4.6.1 Atendimento integral à legislação ambiental	140
4.6.2 Maior segurança aos funcionários	141
4.6.3 Destinação mais nobre do lodo da ETDI	141
4.6.4 Diminuir a carga orgânica da ETDI	141
4.6.5 Melhorar a destinação da terra diatomácea	141
4.6.6 Agregar valor ao bagaço de cevada	141
4.6.7 Secagem da levedura	142
4.6.8 Minimizar as perdas de materiais recicláveis	142
4.6.9 Reaproveitamento do gás metano	142
4.6.10 Projeções	142
5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	144
5.1 CONCLUSÕES	144
5.2 RECOMENDAÇÕES	147
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148
ANEXO 01	154
ANEXO 02	155
ANEXO 03	167
ANEXO 04	175

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Consumo em hectolitros de cerveja no Brasil	49
TABELA 02 – Fases do processo cervejeiro e resíduos formados	56
TABELA 03 – Carga poluidora e volume de despejos	57
TABELA 04 – Resíduo e carga poluidora	58
TABELA 05 – Volumes de produção de cerveja	103
TABELA 06 – Resíduos gerados	104
TABELA 07 – Geração mensal de efluente	106
TABELA 08 – Geração mensal de levedura	107
TABELA 09 – Geração mensal de lodo	108
TABELA 10 – Quantidades anuais geradas de cada resíduo reciclável	110
TABELA 11 – Geração mensal de trub	111
TABELA 12 – Geração mensal de borra de rótulos	112
TABELA 13 – Geração mensal de terra diatomácea	113
TABELA 14 – Geração mensal de bagaço de cevada	116
TABELA 15 – Lista de prioridades	117
TABELA 16 – Características do resíduo	122
TABELA 17 – Análise de classificação do resíduo	123
TABELA 18 – Análise bacteriológica	124
TABELA 19 – Dados para secagem da levedura	128
TABELA 20 – Composição de terra diatomácea antes de ser usada	130
TABELA 21 – Comparação das caldeiras a óleo e a gás natural	134
TABELA 22 – Composição média do trub	135
TABELA 23 – Consumo de óleo BPF	139

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Mudança de ênfase	19
FIGURA 02 – Mudança na aplicação de ferramentas	19
FIGURA 03 – Hierarquia de gerenciamento ambiental de resíduo	21
FIGURA 04 – Produção de Cerveja	53
FIGURA 05 – Envasamento de Cerveja	55
FIGURA 06 – Processo de Fabricação: área quente	69
FIGURA 07 – Processo de Fabricação: área fria	73
FIGURA 08 – Envasamento de cerveja: Linha 01 (garrafa 600 mL)	79
FIGURA 09 – Envasamento de cerveja: Linha 02 (garrafa 355 mL)	84
FIGURA 10 – Envasamento de cerveja: Linhas 03/04 (lata 350 mL)	89
FIGURA 11 – Estação de Tratamento de Água	91
FIGURA 12 – Estação de Tratamentos de Despejos Industriais	93

LISTA DE ABREVIATURAS E DE SÍMBOLOS

CETESB	Centro de Tecnologia em Saneamento Ambiental
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
EPA	Environmental Protection Agency
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETDI	Estação de Tratamento de Despejos Industriais
EUA	Estados Unidos da América
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
NO _x	Compostos nitrogenados
P2	Prevenção a Poluição
P+L	Produção mais Limpa
PVPP	Polivinilpolipirrolidona – estabilizante de cerveja
TFM	Tanques de Fermentação
Trap	Filtro de cilindro de algodão e polietileno
Trub	Composto de proteínas do malte
un	Unidade

RESUMO

A justificativa para a elaboração do presente estudo vem da necessidade de preservação dos recursos naturais e o meio ambiente como um todo. Não podemos mais pensar nas tecnologias “fim-de-tubo”, que são ações corretivas nas quais as companhias desperdiçam recursos em eventos já realizados, normalmente de maneira descontrolada.

A metodologia de Minimização de Resíduos significa a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia através da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em todos os setores produtivos.

Esta abordagem ajuda na inovação dentro das empresas a fim de trazer a estas e toda a região um passo em direção a um desenvolvimento econômico sustentado e competitivo.

O presente trabalho apresenta a aplicação prática desta metodologia em uma indústria cervejeira. Não se têm dados da aplicação desta metodologia em cervejarias anteriormente. Até o momento, esta metodologia foi aplicada em indústrias com maior potencial poluidor tal como a indústria têxtil, a de galvanoplastia e a cerâmica.

Com base nos resultados da implementação do programa de minimização de resíduos nesta cervejaria, ficou comprovada a viabilidade técnica e econômica desta metodologia como forma de controlar a poluição industrial e gerar ganhos de capital, facilitando o caminho para um desenvolvimento sustentável.

As alternativas sugeridas envolvem boas práticas de fabricação, alteração de processo e reciclagem e reuso. Os projetos de minimização apresentados, se implantados, evitam a disposição anual de 6.500 toneladas de resíduo em aterros e o descarte em rios de aproximadamente 880.000 m³/ano de efluente.

SUMMARY

The justification for the elaboration of the present study comes from the need of preservation of the natural resources and the environment as a whole. We cannot think about end of pipe technologies anymore, that are corrective actions in which the companies waste resources in events already realized, usually in an uncontrolled way.

Waste minimization means the continuous application of an economical, environmental and technological strategy integrated to the processes and products, in order to increase the efficiency in the use of raw materials, water and energy through the non generation, minimization or recycling of residues generated in all productive sections.

This approach helps in the innovation inside the companies in order to bring to these and the whole region a step towards a sustained and competitive economical development.

The present project presents the practical application of this methodology in an brewery industry. Information of the application of this methodology are not available in breweries previously. Until the moment, this methodology was applied in industries with bigger pollutant potential as the textile, galvanization and ceramic industries.

Based in the results of the implementation of the program of waste minimization in this brewery, it was proven the technical and economical viability of this methodology to control the industrial pollution and to generate capital gains, contributing for a sustainable development. The projects of Waste Minimization that were suggested, if implanted, avoid the annual disposition of 6.500 tons of residue in landfills and the discard in rivers of approximately 880.000 m³/year of liquid residues.

1 INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, o mundo passou por várias situações no que diz respeito a transformação de matéria prima em produto acabado. Primeiro, foi a produção em larga escala, onde o objetivo principal era produzir grandes quantidades de produtos e suprir o mercado.

Depois, veio a preocupação com a qualidade. O aumento da concorrência, inclusive do mercado externo, e a exigência dos consumidores obrigaram os fabricantes a pensar não somente em quantidade, mas na qualidade e na padronização, com igual prioridade.

Em seguida, veio o conceito de produtividade, ou seja, produzir mais, em menor tempo e com a mesma qualidade. Veio, também, a preocupação com a redução dos custos de produção focada principalmente na redução de mão de obra.

Nos dias atuais, a maior preocupação é com relação a produtividade dos recursos. Além de todas as outras preocupações já citadas, deve-se produzir mais produtos, com a menor quantidade de matérias-primas, insumos, água, energia e todos as outras entradas do processo. Isto significa, primeiramente, uma grande oportunidade de redução de custos, o que atrai os empresários. Na visão ambiental, significa o caminho para o desenvolvimento sustentável, com a utilização mais racional dos recursos naturais.

Mais de 97% da água do mundo é salgada e imprópria para consumo e dos 2,5% restantes, dois terços (1,6% do total), é congelada. O restante é geralmente de difícil acesso. Os recursos de água doce facilmente utilizáveis representam menos de 0,1% da água do planeta. Estes dados foram apresentados durante o Fórum Mundial sobre Água, realizado em Maio de 2000, na cidade de Haia, Holanda.

A justificativa para a elaboração do presente estudo vem da necessidade de preservação dos recursos naturais e o meio ambiente como um todo. Não podemos

mais pensar nas tecnologias “fim-de-tubo”, que são ações corretivas nas quais as companhias desperdiçam recursos em eventos já realizados, normalmente de maneira descontrolada.

A metodologia de Minimização de Resíduos significa a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia através da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em todos os setores produtivos.

Esta abordagem ajuda na inovação dentro das empresas a fim de trazer a estas e toda a região um passo em direção a um desenvolvimento econômico sustentado e competitivo.

O presente trabalho apresenta a aplicação prática desta metodologia em uma indústria cervejeira. Não se têm dados da aplicação desta metodologia em cervejarias anteriormente. Até o momento, esta metodologia foi aplicada em indústrias com maior potencial poluidor tal como a indústria têxtil, a de galvanoplastia e a cerâmica.

Na Revisão Bibliográfica são abordados a problemática da poluição ambiental, o conceito de prevenção a poluição e produção mais limpa, a metodologia de minimização de resíduos, a indústria de produção de cerveja e a metodologia de compostagem.

Em Material e Métodos, é apresentada a cervejaria em que foi desenvolvido o presente trabalho e o método de minimização de resíduos utilizado.

Os resultados são apresentados em Resultados e Discussão e finalmente é apresentada a Conclusão do trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROBLEMÁTICA DA POLUIÇÃO AMBIENTAL

Com cerca de dez mil pessoas nascendo na Terra por hora, vemos emergir atualmente um novo e estranho padrão de escassez. No começo da revolução industrial, a mão de obra era superexplorada e relativamente escassa (a população total correspondia a aproximadamente um terço da atual), ao passo que os estoques globais de capital natural eram abundantes e inexplorados (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998 & HAWKEN, 1999)

O consumo excessivo dos recursos naturais sustentou o crescimento de sociedades de consumo em países desenvolvidos, trazendo riqueza para seus cidadãos, enquanto lançava o lixo em seu meio ambiente, tanto nas democracias capitalistas do Ocidente quanto nas antigas economias planificadas do Leste Europeu. Hoje, porém, a situação se inverteu: após dois séculos de aumento da produtividade do trabalho, de liquidação dos recursos naturais ao custo de sua extração, não no valor de sua substituição e de exploração dos sistemas vivos, as pessoas é que passaram a ser um recurso abundante (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998 & HAWKEN, 1999).

Os seres humanos já usam mais da metade da água potável de superfície disponível, transformaram entre um terço a metade da superfície da Terra firme, fixam mais nitrogênio que todos os sistemas naturais do planeta e se apropriam de mais de dois quintos de toda a produtividade biológica primária terrestre (HAWKEN, 1999).

Há anos, era comum que os resíduos tóxicos e industriais fossem jogados fora de forma simples e mais barata: os sólidos lançados ao solo e os líquidos aos rios, poços ou também ao solo. As leis de controle da poluição estimularam outros métodos, como o armazenamento em poços profundos, em tanques, incineração, disposição em aterros específicos para lixo perigoso, e lançamento ou queima no

mar. Mas todos esses métodos podem causar uma poluição local potencialmente séria, se o lixo escapar dos tanques ou do sítio em que está armazenado. O lançamento ao solo ou ao mar de resíduos tóxicos é hoje proibido na maioria dos países ricos. Grandes quantidades de refugos químicos armazenados ainda necessitam de um destino apropriado (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998).

Um levantamento de sítios contendo resíduos perigosos, feito nos EUA, identificou 20 mil aterros com produtos químicos potencialmente perigosos. Na Holanda, há cem mil sítios com solos poluídos. A limpeza desses locais será dispendiosa. Também precisam ser desenvolvidos novos métodos de armazenamento desse tipo de lixo. A incineração é, provavelmente, a melhor alternativa existente, embora contribua com a poluição do ar por substâncias tóxicas. A incineração no mar, com a finalidade de se reduzir a poluição em áreas povoadas, tem amplas restrições devido ao dano potencial para os ecossistemas marinhos. A reciclagem de alguns resíduos químicos é viável, mais atualmente é inexpressiva (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998).

Atualmente, o total anual de desperdícios nos Estados Unidos, excluindo-se a água usada, excede os 22,7 trilhões de quilos. Se incluirmos no cálculo a água jogada fora, o fluxo anual de detritos do sistema industrial norte-americano é de 113 trilhões de quilos. Menos de 2% do total desse lixo é realmente reciclado – principalmente o papel, o vidro, o plástico, o alumínio e o aço. No curso de uma década, 226 trilhões de quilos dos recursos norte-americanos terão se transformado em gases e sólidos improdutivos (HAWKEN, 1999).

No continente africano, uma das indústrias mais prósperas é a de cerveja. As cervejarias Sul-africanas, que controlam 95% do mercado interno, expandiram-se por todo o continente. Há um imenso aumento do consumo de cerveja e juntamente com o crescimento econômico vêm os problemas: a água e os resíduos sólidos. Uma cervejaria comum na África consome até 10 litros de água potável para cada litro de cerveja produzida. Dada a extrema escassez de água no continente, fica claro que essa não é uma prática sustentável (PAULI, 1996).

Há séculos, os engenheiros procuram reduzir o uso de energia e recursos na indústria. A revolução industrial anterior acelerou a transição do motor a vapor de Newcomen, 0,5% eficiente, para os motores diesel de hoje, mais de cinquenta por cento eficientes. Há décadas que a energia usada para fabricar um determinado produto vem diminuindo tipicamente um ou dois por cento ao ano: mais depressa quando o preço da energia sobe, mais devagar quando ele cai. Em cada etapa do processo industrial, existe toda uma legião de oportunidades de fazer mais e melhor com muitíssimo menos (HAWKEN, 1999).

A produtividade radicalmente acrescida dos recursos é a pedra de toque do capitalismo natural, pois o uso mais efetivo dos recursos oferece três significativas vantagens: desacelera seu esgotamento, em uma extremidade da cadeia de valor, diminui a poluição, na outra, e fornece as bases do crescimento do emprego em atividades significativas em todo o mundo. Disso podem resultar custos mais baixos para os negócios e para a sociedade, que já não terá que custear as causas principais das perturbações ambientais e sociais (HAWKEN, 1999)

Quase toda deterioração social e no ecossistema é produto do emprego economicamente dissipador dos recursos humanos e naturais, porém as estratégias de produtividade dos recursos podem praticamente deter a degradação da biosfera, tornando-a mais rentável para empregar as pessoas e, assim, evitar a perda dos sistemas vivos indispensáveis e de coesão social (HAWKEN, 1999)

Michael Porter, professor de Administração de Empresas da Harvard Business School, afirma que: “Novos padrões ambientais adequados podem dar início a um processo de inovações que diminua o custo total de um produto ou aumente o seu valor”. Para ele, as inovações permitem gerenciar melhor os insumos, desde matéria-prima até fontes de energia. Os recursos embutidos na poluição devem ser convertidos em algo que agregue valor ao processo. Uma das primeiras perguntas que deve ser feita rumo à produtividade dos recursos é quanto custa a poluição emitida por sua empresa (ROWAN, 1999).

A redução do uso dissipador de material – ou seja, a eliminação da própria idéia de desperdício – pode ser obtida redesenhando-se os sistemas industriais em

linhas biológicas que modifiquem a natureza dos processos industriais e materiais possibilitando a reciclagem constante do material em ciclos fechados contínuos e, com muita frequência, a eliminação da toxicidade (HAWKEN, 1999).

Para avaliar o potencial de produtividade radical dos recursos, é útil reconhecer que o sistema industrial atual, falando em termos práticos, não passa de um sedentário inveterado: come alimentos de má qualidade em excesso e quase não faz exercícios. Já em plena maturidade, a sociedade industrial continua mantendo sistemas de vida que exigem uma enorme quantidade de calor e pressão, que dependem da indústria petroquímica e de intensificadores de material, além de precisar de grandes fluxos de produtos químicos tóxicos e perigosos. Essas “calorias inúteis” acabam se convertendo em poluição, chuva ácida e efeito estufa que prejudicam o meio ambiente e os sistemas social e financeiro (HAWKEN, 1999).

A economia norte-americana continua sendo assombrosamente ineficiente: estima-se que apenas seis por cento de seu vastíssimo fluxo de material resultam realmente em produtos. De modo geral, a proporção de desperdício de produtos duráveis que constituem a riqueza material deve estar próxima de cem para um. O conjunto da economia tem menos de dez por cento – provavelmente bem menos – da eficiência energética que as leis da física permitem (HAWKEN, 1999).

Para examinar só um exemplo, a indústria química emprega o calor e a pressão, primeiro para provocar reações que deslocam e moldam as moléculas nas formas desejadas, depois para separar certos produtos dos indesejáveis. Há mais de um século que os engenheiros químicos vêm economizando energia e custos de material, sendo que a partir de 1970 chegaram a cortar pela metade a energia usada pela indústria química norte-americana. Acabaram com o vazamento do vapor, instalaram isolamento térmico e recuperaram e reutilizaram o calor. Contudo, ainda se pode economizar mais, muito mais. Estão sendo projetados catalisadores especiais que ajudam a acelerar e aumentar a eficiência de reações químicas específicas, diminuindo a massa do material indesejável que, no caso dos produtos

químicos finos, representam de cinco a cinquenta vezes o produto desejado e, no dos farmacêuticos, de 25 a 100 (HAWKEN, 1999).

Poluir o ambiente custa caro para a empresa. Segundo Hans Jöhr (1994), nos Estados Unidos, entre 1988 e 1989, o número de denúncias e condenações por infrações às leis que protegem o meio ambiente simplesmente dobraram. Outras conseqüências são o provável aumento de custo dos prêmios de seguros das áreas envolvidas e a variação do valor das ações das organizações.

A poluição custa também em termos de desperdício dos recursos de esforços e da diminuição do valor para o consumidor. Ou seja, poluição é ineficiência, desperdício. É matéria-prima de boa qualidade e cara, que se consome em vez de transformar-se em produto vendável. Além de tudo, gera refugo, que gera custo de disposição (FREEMAN, 1989 & ROWAN, 1999).

Entre as prioridades mundiais, podemos citar como itens que precisam ser revertidos ou contidos:

- degradação da camada de ozônio (CFC's);
- efeito estufa (CO₂, CH₄ e NO_x);
- perda da biodiversidade (flora e fauna);
- poluição do ar (CO, SO₂, NO_x);
- poluição das águas (oceanos, superficiais e subterrâneas);
- disposição de resíduos tóxicos e nucleares;
- esgotamento de recursos naturais (combustíveis fósseis, água, ar, solo, florestas);
- coleta e tratamento de lixo urbano;
- aumento do consumo de energias;
- superpopulação (congestionamentos, ruídos, estresse, etc) (FREEMAN, 1989 & ROWAN, 1999).

2.2 HISTÓRICO SOBRE A EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS REFERENTES À PROTEÇÃO AMBIENTAL

No período pós guerra, a maior preocupação era a retomada do crescimento econômico, a reconstrução dos países que sofreram grandes perdas (Japão e Alemanha) e o suprimento de toda uma demanda reprimida de consumo da população economicamente ativa dos Estados Unidos. A consciência ecológica era ainda incipiente, sendo priorizada a construção de novas indústrias. Podemos dividir os movimentos em quatro fases distintas:

O primeiro movimento na formação de uma consciência ambiental foi a preocupação sobre os recursos hídricos e o saneamento básico. Este estágio pode ser denominado de **conscientização** (JUNIOR, 1998).

Somente nos anos 70, com o aumento significativo de indústrias poluidoras do ar e da água e com contaminações acidentais da população (por exemplo o acidente de Seveso, em 1976 na Itália) é que o mundo começou a se preocupar com os efeitos danosos da poluição. Também em 1976, o Congresso norte americano criou o “Ato de Recuperação e Conservação de Resíduos” – a primeira lei para lidar a nível nacional com resíduos perigosos. A Conferência de Estocolmo tratou basicamente do controle da poluição do ar e da água. Nesta época surgiram também os primeiros organismos oficiais de controle ambiental. Este estágio pode ser determinado como de **controle da poluição**. Já no final da década verificou-se que apenas com o controle da poluição os impactos ambientais não conseguiam ser evitados (ALFORD, 1987 & JUNIOR, 1998).

Na década de 80, inicia-se a fase de **planejamento ambiental**, pois apenas o controle da poluição gerada não era mais aceito como uma alternativa tecnicamente viável e acreditava-se que, com um planejamento adequado, os impactos poderiam ser minimizados. Esta época foi marcada por grandes desastres ecológicos como o acidente da Union Carbide (em 84, na Índia), a explosão de uma usina nuclear em Tchérnobil (em 86), o grande derramamento de óleo provocado

pelo navio Exxon Valdez (no Alasca, em 89) e pela identificação da degradação da camada de ozônio (ALFORD, 1987 & JUNIOR, 1998).

Por volta de 1980, a EPA (Environmental Protection Agency) estabeleceu um programa regulamentado exigindo o gerenciamento do “berço ao túmulo” dos resíduos perigosos. O programa estabeleceu mais adiante exigências de projeto para o aterro de resíduos perigosos, incluindo sistemas de detenção de vazamentos (ALFORD, 1987 & JUNIOR, 1998).

Por volta de 1984, tornou-se claro que até a disposição regulamentada em aterros poderia causar danos ambientais. Os aterros podiam ter vazamentos, possivelmente criando problemas de limpeza no futuro. Métodos de tratamento como incineração poderão reduzir, mas não eliminar a necessidade da disposição em aterros. A confiança no tratamento e o estabelecimento de controles rígidos na disposição em aterros não podem mais resolver os problemas dos resíduos perigosos. Devemos ser rígidos em minimizar na fonte a quantidade de resíduos perigosos gerados (ALFORD, 1987 & JUNIOR, 1998).

No Brasil, O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) passou a exigir o EIA (Estudo de Impacto Ambiental) como instrumento obrigatório para o licenciamento de atividades poluidoras ou modificadoras do meio ambiente. A indústria ainda adotava, em sua maioria, uma postura reativa em todo o mundo e começaram a surgir as ONG's e os partidos verdes, que “levantaram a bandeira ecológica” e demonstraram ao mundo que somente o planejamento ambiental também não era suficiente para se prevenir impactos ambientais danosos a humanidade (ALFORD, 1987 & JUNIOR, 1998).

Os anos 90 trouxeram a globalização da economia e, por conseguinte, dos conceitos de gestão (por exemplo, a adoção mundial da série ISO 9000) e também a globalização dos conceitos relativos ao meio ambiente, uma vez que desde a explosão de Tchernobil, constatou-se que os impactos ambientais são também globais e não apenas locais. Iniciou-se a fase do chamado **gerenciamento ambiental**, ou seja, da consideração da satisfação da parte interessada da sociedade como componente da gestão empresarial.

A Conferência do Rio de Janeiro (ECO 92) trouxe o compromisso com o desenvolvimento sustentável, o tratado da Biodiversidade e o acordo para a eliminação gradual dos CFC's. No Brasil, a ABIQUIM (Associação Brasileira da Indústria Química) editou os princípios da Atuação Responsável, trazidos do Canadá e as empresas brasileiras começaram a firmar seu acordo com os princípios do compromisso em 92. Posteriormente, é editada a primeira norma sobre gestão ambiental, a BS-7750, de origem britânica. Em 1993 surge o Sistema Europeu de Ecogestão e Auditorias (EMAS – Environment Management Audit Scheme) e, finalmente, em 1996 são aprovadas no Rio de Janeiro as normas ISO 14000, representando o consenso mundial sobre gestão ambiental.

Em 1997, com a lei nº 9433 sobre recursos hídricos, as empresas terão que pagar uma taxa por volume para captar água do rio e outra para descartar efluente no rio. Quanto melhor a qualidade do efluente descartado e quanto menor o volume, menores serão as taxas cobradas (BRASIL, LEI Nº 9433 de 08/Jan/1997).

Em 1999, foi promulgada a lei nº 12.493 sobre resíduos sólidos que coloca como co-responsáveis as empresas que destinam resíduos em aterros. Esta lei não isenta as empresas da responsabilidade pelo resíduo, já que quando atingida a vida útil desses aterros, todas as empresas que enviavam resíduos para o local, são responsáveis pela remediação desse local. (BRASIL, LEI Nº 12493 DE 22/Jan/1999).

Isso se transforma em um passivo ambiental muito grande, considerando o volume de resíduos que uma cervejaria gera anualmente.

Não se admite mais, nos dias atuais, que uma empresa seja administrada sem que a questão ambiental seja considerada. Quanto maior for o potencial poluidor ou extrativista das atividades da organização, maior ênfase deve ser dada à questão ambiental. O mundo vive hoje uma grande crise na gestão ambiental, fora do ambiente industrial, sendo crescentes as preocupações referentes a qualidade de vida dos seres humanos neste milênio.

2.3 PREVENÇÃO À POLUIÇÃO, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E PRODUÇÃO LIMPA

Uma nova visão de progresso econômico e social já existe. O conceito é chamado de “Crescimento Sustentável” ou “Desenvolvimento Sustentável”, dependendo de quem o descreva (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998 & CZAJA, 2000).

O glossário apresentado a seguir tem a finalidade de promover uma uniformização terminológica relativa ao tema, sendo que também é apresentada a definição da tecnologia de controle da poluição (controle fim de tubo) para efeito de comparação.

- **Controle fim de tubo (end-of-pipe):** capturar e tratar o poluente depois que ele é formado, mas antes de ser lançado no meio ambiente. Este tipo de tratamento não elimina os poluentes, mas simplesmente transfere de um meio para o outro, como do ar para a água (HILL, 1997 & DENNISON, 1996).
- **Desenvolvimento Sustentável:** Desenvolvimento onde a exploração dos recursos naturais e a orientação dos investimentos devem estar de acordo com as necessidades atuais da humanidade sem comprometer as futuras gerações. Definição da Agenda 21, Rio de Janeiro, 1992 (QUARESMA, *et al.*, 2000).
- **Prevenção a Poluição (P2) ou Redução na Fonte:** refere-se a qualquer prática, processo, técnica ou tecnologia que vise a redução ou eliminação em volume, concentração e/ou toxicidade dos resíduos na fonte geradora. Inclui modificações nos equipamentos, nos processos ou procedimentos, reformulação ou replanejamento de produtos, substituição de matéria-prima e melhorias nos gerenciamentos administrativos e técnicos da entidade/empresa, resultando em aumento de eficiência no uso dos insumos (matérias-primas, energia, água etc), conservação dos recursos naturais e ganhos de capital (EPA, 1990 & BRASIL, LEI Nº 9433).

- **Produção Limpa:** expressão proposta pela organização ambientalista não governamental *Greenpeace*, para representar o sistema de produção industrial que levasse em conta:
 - A auto-sustentabilidade de fontes renováveis de matérias-primas
 - A redução do consumo de água e energia
 - A prevenção da geração de resíduos tóxicos e perigosos na fonte de produção
 - A reutilização e reaproveitamento de materiais por reciclagem de maneira atóxica e energia-suficiente (consumo energético eficiente e eficaz)
 - A geração de produtos de vida útil longa, seguros e atóxicos, para o homem e o ambiente, cujos restos (inclusive as embalagens), tenham reaproveitamento atóxico e energia-suficiente
 - A reciclagem (na planta industrial ou fora dela) de maneira atóxica e energia-suficiente, como substitutivo para as opções de manejo ambiental representadas por incineração e despejos em aterros.
- **Produção mais limpa (P+L):** é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eco-eficiência (produtividade) e reduzir os riscos ao homem e ao meio ambiente (Conferência das Américas, 1998)

A indústria do século 21 irá optar pela Prevenção a Poluição, ao invés do controle e tratamento da poluição. Com isso, os novos padrões industriais serão representados por:

- melhoria da eficiência do processo, através da diminuição dos custos com água e energia, dos custos de matérias primas, de redução das pressões extrativistas sobre as fontes naturais renováveis e dos custos para tratamento de efluentes;

- redução do consumo (e conseqüente custo) de matérias primas, através do uso de materiais simples e renováveis, de menor consumo material e energético, com reaproveitamento de materiais reciclados;
- redução de resíduos gerados, ao invés de tratamento e contenção para conformidade aos limites das regulamentações ambientais locais;
- redução do potencial de poluição de determinado processo ou produto;
- melhoria das condições de trabalho nas fábricas, em conformidade com as exigências legais e medidas pró-ativas, envolvendo aspectos de segurança e saúde no trabalho e prevenção de riscos em cada unidade, operação ou no processo produtivo, como um todo e;
- redução dos custos de tratamento de resíduos, através de modificações no processo e fechamento de ciclos nas operações industriais (FURTADO *et al.*, 1998).

Nenhuma indústria carece de potencial para melhorar radicalmente a eficiência energética, nem mesmo o setor mais avançado do mundo, o da fabricação de microprocessadores – o de mais alto valor agregado da indústria dos Estados Unidos e, em breve, um dos maiores empregadores do mundo (HAWKEN, 1999).

Por exemplo, uma grande unidade asiática de montagem de processadores, em 1977, reduziu suas contas de energia em 69% por processador em menos de um ano; um fabricante de processadores em Cingapura, entre 1991 e 1997, cortou em 60% o consumo de energia por placa com a metade do retorno em seis meses e quatro quintos dele em dezoito; outra economizou 5,8 milhões de dólares por ano a partir de um investimento de setecentos mil em projetos de reaproveitamento. Os fabricantes de processadores, que, no mundo, estão com 169 bilhões de dólares em novas fábricas na prancheta, acabam de descobrir que as unidades altamente eficientes permitir-lhes-ão excluir os rivais da concorrência (HAWKEN, 1999).

Como disse Gro Harlem Brundtland (ex-primeira ministra da Noruega): “Se cada um fizer o que quiser em curto prazo, seremos todos perdedores a longo

prazo.” A próxima década vem sendo chamada de período de transição, uma encruzilhada para a humanidade (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998).

Entre os obstáculos para se alcançar uma economia mundial sustentável estão:

A ignorância – Não sabemos com o que se parece uma sociedade sustentável. Perguntas fundamentais não podem ser respondidas: sustentável para uma população global de que tamanho ? Em qual padrão de vida ? Mesmo se as respostas econômicas pudessem se dadas, as respostas ecológicas não são possíveis. Ninguém pode dizer, ainda, qual o nível per capita de utilização mundial de energia, de produção de alimentos ou da maioria dos demais níveis de consumo significativos para o meio ambiente que o planeta pode sustentar indefinidamente (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998).

A desigualdade – As enormes diferenças no consumo atual de recursos, tanto dentro de cada país como entre eles, terão de ser reparadas, se a humanidade tiver de formar o tipo de parceria mundial entre o Norte e o Sul requerido para resolver os problemas ambientais globais. E as grandes diferenças entre as atuais situações dos países tornam mais difícil o desenvolvimento de uma agenda comum para a mudança (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998).

As instituições – Os mecanismos políticos e econômicos existentes para se enfrentar os mais importantes problemas internacionais que afetam o meio ambiente são inadequados para a tarefa que se apresenta. Líderes com uma visão global têm de chamar a atenção dos melhores recursos intelectuais e morais do mundo para criar uma sociedade sustentável (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998).

Nos dias atuais, a questão ambiental está se incorporando à cultura das empresas e das indústrias, deixando de ser vista como um resultado, uma consequência, e se incorporando à análise e ao planejamento do processo produtivo, internalizando o conceito na empresa e assumindo que este item de qualidade também pode ser diferenciador em termos de competitividade (JUNIOR, 1998).

Não podemos mais encarar a questão ambiental sob a ótica da lei a ser cumprida, do controle, da punição ou das ações estanques e isoladas no ambiente empresarial. Ela é parte de uma nova atitude de gestão, dinâmica e competitiva, como o mundo moderno exige, e socialmente responsável. Segundo pesquisa realizada pela Price Waterhouse no Brasil, 75% das maiores indústrias nem possuem um sistema de gestão ambiental (FREEMAN, 1989 & JUNIOR, 1998).

Uma possibilidade de descrição de um mundo sustentável é o conceito de “espaço ambiental”, uma tentativa de definir limites aceitáveis para a utilização de recursos numa base per capita, em todo o mundo. A idéia básica é estabelecer limites para as atividades humanas globais, com base na capacidade do ecossistema global. O relatório Brundtland, e outros, apresentam estimativas detalhadas dos níveis máximos de consumo para vários recursos básicos (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998).

A Rio-92, na Agenda 21, enfatizou que a principal causa da continuidade da deterioração do meio ambiente global é o padrão insustentável do consumo e da produção, particularmente nos países industrializados, o que agrava a pobreza e os equilíbrios ambientais. As indústrias precisam desenvolver a capacidade de se antecipar às exigências dos governos, dos mercados e da sociedade e não esperar que estas exigências se desenvolvam e se tornem pressões para a adoção de práticas ambientais mais sustentáveis (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998 & FREEMAN, 1989 & CZAJA, 2000).

A filosofia ZERI (*Zero Emissions Research Initiative*) lançou o conceito de que as indústrias por si mesmas não poderão se converter em sistemas que utilizem completamente as matérias primas. As indústrias devem operar em conglomerados. A forma atual de produção, com o objetivo de elaborar um produto final, sempre levará a quantidades enormes de resíduos (PAULI, 1996).

O ZERI comprovou que combinando em torno de 40 processos bioquímicos diferentes, é possível transformar os processos de fermentação em sistemas nos quais tudo – incluídos o CO₂, o calor, os resíduos líquidos e sólidos – pode ser reutilizado. Os resultados da pesquisa e dos testes para uma cervejaria baseada

nas plantas piloto de Fiji, Namíbia e Tanzânia, confirmaram que o biossistema integrado pode gerar sete vezes mais alimento, combustível e fertilizante que a cervejaria atual e além de tudo, gerar até quatro vezes mais emprego. O objetivo das trocas de resíduos é minimizar os custos com a disposição de resíduos e maximizar o valor dos subprodutos reutilizáveis. Os despejos podem ser considerados como matéria prima de custo zero (PAULI, 1996 & ALFORD, 1987 & HILL, 1997 & PAWLOWSKY, 1983).

Em muitos casos, a disseminação do uso das tecnologias é limitada por muitos fatores, entre os quais políticas governamentais, escassez de capital para investimentos de grande porte, mesmo que eles dêem bom retorno, resistência a mudança em uma disseminação ineficiente de informação sobre as tecnologias para produção limpa (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998).

O início de qualquer programa de melhoria ou de mudanças culturais na organização deve se dar, de preferência, através do planejamento estratégico da organização, ou seja, a partir da visão da empresa (o ponto futuro desejado) ou do planejamento a longo prazo, deveriam ser desdobrados os objetivos, metas, programas e atividades (JUNIOR, 1998).

A melhoria dos resultados deve ser buscada permanentemente através do método PDCA (Planejamento, Ação, Controle e Análise) de melhoria. Isto irá requerer treinamento da equipe e a construção de um ambiente que favoreça a criatividade e a iniciativa para todos os níveis funcionais (JUNIOR, 1998).

O conceito de desenvolvimento sustentável é tão importante para a humanidade, que foi fundada nos anos 90 uma organização denominada "World Business Council for Sustainable Development" (WBCSD), destinada a promover a adoção de tecnologias limpas, a alavancar o aumento da eco-eficiência e a difundir a adoção do conceito de desenvolvimento sustentável por organizações, empresas e entidades governamentais, visando a preservação de vida das próximas gerações. O Brasil respondeu logo ao movimento e estabeleceu o CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, vinculado ao

WBCSD e vem desenvolvendo, particularmente pela indústria, grandes avanços em curto espaço de tempo (JUNIOR, 1998).

Como elementos formadores de grupos de pressão sobre as empresas, podemos citar os seguintes:

- clientes (já se preocupam com o potencial de danos ao meio ambiente dos produtos);
- investidores (desejam saber onde estão aplicando seus recursos);
- agentes financeiros (exigem avaliação ambiental para liberar recursos);
- seguradoras (também exigem avaliação ambiental para liberar recursos);
- público em geral (cada vez mais consciente);
- leis e regulamentos (cada vez mais restritivos);
- competidores (utilizando a gestão ambiental como instrumento de marketing);
- ONG's (organizações não governamentais).

Na Europa, as questões ambientais já são a terceira prioridade da população (após emprego e saúde). Cerca de 60% dos consumidores (principalmente na Alemanha) estão dispostos a pagar até 10% a mais por produtos ambientalmente corretos. Atualmente, meio ambiente já é o quinto negócio no mundo, devendo subir para a terceira posição no início do novo milênio (JUNIOR, 1998).

Entretanto, o foco da gestão ambiental é a empresa e não o meio ambiente. Somente através de melhorias em produtos, processos e serviços serão obtidas reduções nos impactos ambientais por eles causados (JUNIOR, 1998).

O progresso nesse sentido se verifica, principalmente, em indústrias de grande porte, ao passo que empresas de pequeno e médio porte ainda não dedicaram atenção à produção limpa. Além disso, a atenção maior tem sido para os setores químicos, petrolíferos e manufatureiros e, muito menos, em outros setores como a agroindústria e a mineração, por exemplo (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 1998).

A implementação das ações de Prevenção a Poluição está diretamente ligada a mudança de ênfase, ilustradas nas Figuras 02 e 03, por parte dos órgãos governamentais, das empresas e da comunidade, visando a melhoria da qualidade ambiental local e global (DENNISON, 1996 & QUARESMA et al, 2000).

A Figura 01 mostra a mudança de ênfase necessária para o desenvolvimento sustentável. As pirâmides ilustram que a maior parcela para a resolução de problemas ambientais deve ser centrada na prevenção da poluição, seguida pela reciclagem e reuso e por último, com a menor parcela possível, deve ficar o tratamento e a disposição final.

FIGURA 01 – Mudança de ênfase (DENNISON, 1996 & QUARESMA et al, 2000)

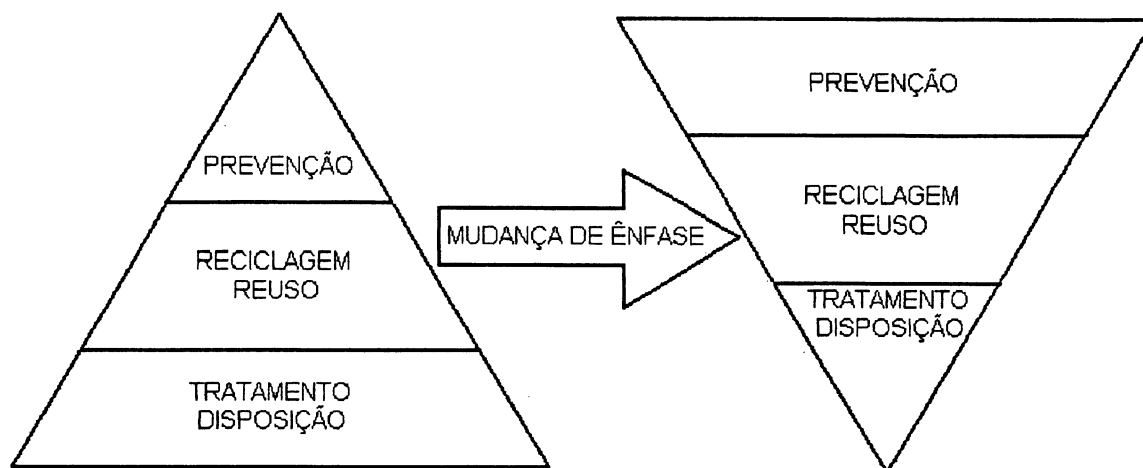
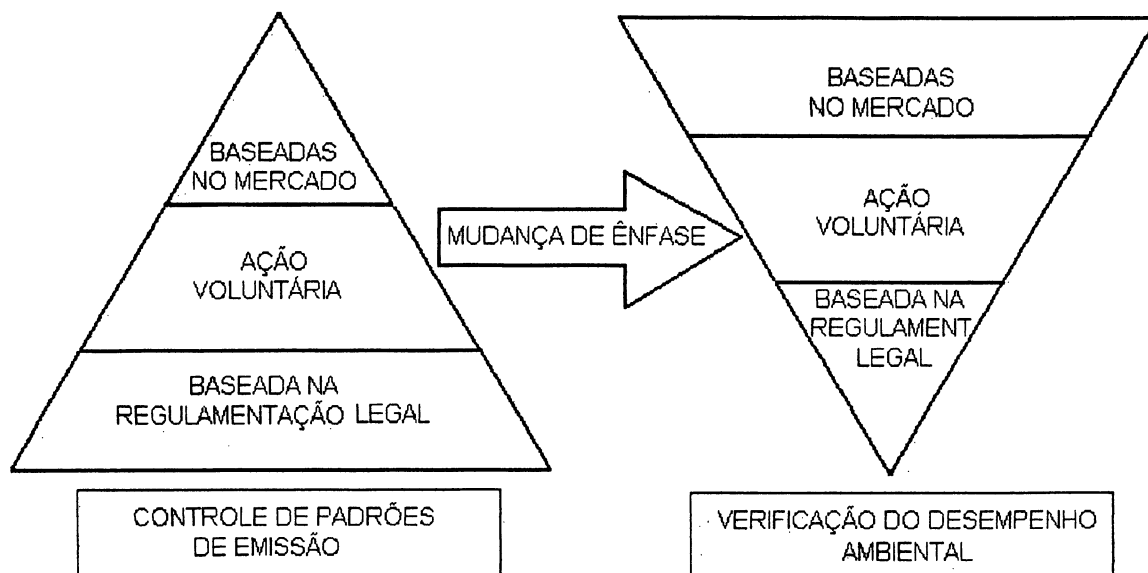


FIGURA 02 – Mudança na aplicação de ferramentas (DENNISON, 1996 & QUARESMA et al, 2000).



A Figura 02 mostra outro tipo de mudança de ênfase, que significa passar a resolver os problemas ambientais com base na verificação do desempenho ambiental da empresa ao invés de baseados no controle de padrões de emissão. Isto significa uma antecipação das empresas frente às regulamentações

ambientais, o que representa uma mudança para uma atitude mais responsável em relação ao meio ambiente.

2.4 MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

A minimização de resíduos inclui qualquer prática, ambientalmente segura, de redução na fonte, reuso, reciclagem e recuperação de materiais e/ou do conteúdo energético dos resíduos, visando reduzir a quantidade ou volume dos resíduos a serem tratados e adequadamente dispostos (CETESB, 1999 & FURTADO, 1998).

Se o resíduo não é minimizado, paga-se por ele quatro vezes. Primeiro, é material perdido, portanto, entradas que não serão recuperadas. Segundo, a mão-de-obra para movimentação e administração dentro da propriedade. Terceiro, a disposição de alguma forma legalizada o que implica em equipamentos de controle ou contratos de transporte e destinação. Quarto, a contínua responsabilidade que envolve uma grande quantia de dinheiro que se pode nunca ter que pagar ou ter que pagar um dia (DAUGHERTY, 1996).

A responsabilidade potencial sobre um resíduo perigoso é o risco contínuo que o material representa se for tratado, estocado ou disposto. As economias potenciais da minimização de resíduos são baseadas em três tipos de custos reais e mensuráveis, ao contrário da responsabilidade potencial que tipicamente não é mensurável e dificilmente previsível.

Para Porter e Linde, em *Ser Verde Também é Ser Competitivo* (1995), a preservação ambiental pode ocasionar redução de custos e aumento de competitividade da organização. Encaram o subproduto do processo como sendo um desperdício, uma demonstração da ineficiência do processo produtivo. Portanto, ao minimizar estes subprodutos, estamos reduzindo não só o impacto ambiental, mas também os custos, melhorando a qualidade do produto e aumentando a sua competitividade. Destacam que, normalmente, as empresas não sabem o custo da

poluição em termos de desperdícios de recursos, de esforços e de diminuição de valor para o consumidor.

Porter e Linde defendem a atuação preventiva das organizações, trabalhando para a eliminação de futuros impactos ambientais, em lugar de uma atuação corretiva, em que as companhias desperdiçam recursos em eventos já realizados, normalmente de maneira descontrolada. A Figura 03 mostra as técnicas possíveis de minimização de resíduos e a hierarquia a ser seguida.

FIGURA 03 – Hierarquia de gerenciamento ambiental de resíduo 1



De acordo com a Figura 03, a adoção de medidas de redução na fonte dentro do gerenciamento ambiental de resíduos apresenta maiores vantagens ambientais.

A redução na fonte pode ser atingida pela substituição de matérias primas e produtos, controle de processo, mudanças operacionais e de gerenciamento,

¹ DENNISON, 1996.

aumento de eficiência e mudanças no processo. Redução na fonte é evitar a geração de resíduos (DENNISON, 1996).

Técnicas de redução na fonte são boas práticas operacionais, controle de materiais e inventários, substituição de material, modificações no processo, novas tecnologias e redução de volumes. Técnicas de reciclagem são examinadas como a próxima prioridade, pois promovem a conservação de recursos naturais e reduzem os impactos ambientais causados pelo armazenamento, tratamento e disposição final de resíduos (QUARESMA *et al.*, 2000 & DAUGHERTY, 1996).

A seguir, os termos citados são explanados.

Boas práticas operacionais

Medidas processuais e administrativas que uma empresa pode usar para minimizar resíduos são chamadas de boas práticas operacionais. Estas se aplicam a interface humana com o processo de fabricação. Procedimentos e práticas de gerenciamento que melhoram a eficiência operacional são fáceis de serem implementadas e custam de pouco para nada (DAUGHERTY, 1996).

Práticas de gerenciamento de pessoal, tais como treinamento, incentivos, bônus e programas de participação encorajam os funcionários a reduzir as práticas de geração de resíduos e dão a eles recompensas por darem idéias que melhorem a eficiência. Práticas de prevenção de perdas reduzem perdas devido a derramamentos e vazamentos. Práticas de segregação de resíduos reduzem o volume de resíduos perigosos pela prevenção da mistura de resíduos não perigosos com os perigosos. Práticas de levantamento de custos que alocam o custo de tratamento e disposição de resíduos para os departamentos geradores dão a estes centros incentivos para melhorar a rentabilidade pela minimização de resíduos (DAUGHERTY, 1996).

Inventários e Controle de Material

Práticas de manuseio de material reduzem a perda de materiais devido a maus tratos. Inventários reduzem a perda de materiais devido a prazos de validade vencidos e condições impróprias de estocagem. A instalação de áreas de contenção e o isolamento de materiais perigosos reduzem as perdas durante a

estocagem. A programação de produção pode ser ajustada para reduzir a frequência de limpeza dos equipamentos e minimizar as paradas e partidas da fábrica, o que geralmente gera material fora de especificação (DAUGHERTY, 1996).

Substituição

Materiais perigosos que entram no processo produtivo podem muitas vezes ser reduzidos ou eliminados por meio de mudanças na matéria prima. Em alguns casos, materiais mais puros estão disponíveis. Algumas vezes, as impurezas da matéria prima são levadas aos efluentes como resíduos, transformando-os em correntes perigosas. Em outros casos, uma matéria prima totalmente diferente pode ser substituída para eliminar os contaminantes (DAUGHERTY, 1996).

Modificação no processo

Um bom exemplo de modificação de processo é a troca de produtos a base de cianeto por produtos sem cianeto no acabamento de metais. A modificação de processos pode requerer uma extensa mudança, então os engenheiros precisam estudar completamente o caso e apresentar uma análise econômica viável para que a alta direção autorize as despesas para mudanças tão drásticas (DAUGHERTY, 1996).

Novas tecnologias

Mudanças em tecnologia são mudanças no processo e em equipamentos que venham a reduzir os resíduos. Mudanças secundárias podem muitas vezes virem acompanhadas de baixos custos. Outras melhorias tecnológicas requerem uma grande saída de capital. Podem incluir mudanças no processo produtivo, equipamentos, layout ou tubulações. Estas melhorias podem envolver a implementação de automação. Mudanças operacionais podem ser implementadas, tais como temperaturas, pressões, taxas de fluxo e tempos de residência (DAUGHERTY, 1996).

Redução de volume

Reduzir o volume das correntes de resíduo é outra alternativa. Isto pode ser atingido por filtração, evaporação e outros processos de concentração (DAUGHERTY, 1996).

Novo produto ou modificação de produto

O fabricante pode decidir alterar seu produto para que menos resíduos sejam gerados. A EPA dá um exemplo da indústria de tintas a base de água que emitem menos VOC (compostos orgânicos voláteis) e não contém os solventes tóxicos encontrados na maioria das tintas a base de solvente (DAUGHERTY, 1996).

Reuso

É qualquer prática ou técnica que permite a reutilização do resíduo, sem que o mesmo seja submetido a um tratamento que altere as suas características físico-químicas (CETESB, 1999 & DENNISON, 1996).

Reciclagem

É qualquer técnica ou tecnologia que permite o reaproveitamento de um resíduo, após o mesmo ter sido submetido a um tratamento que altere as suas características físico-químicas. Pode ser feita dentro do processo gerador ou fora (DAUGHERTY, 1996).

Objetivos de um programa de minimização de resíduos

- otimizar o uso de insumos / recursos disponíveis (água, energia, matérias-primas, etc.);
- reduzir a geração de resíduos ou o uso de substâncias perigosas em suas atividades ou processos produtivos;
- melhorar a qualidade ambiental local e global;
- o bem estar da comunidade e das futuras gerações;
- operar de forma ambientalmente segura e responsável;
- alcançar um estágio superior ao de seus concorrentes em relação à melhoria da qualidade ambiental;

- reduzir os custos envolvidos no tratamento de resíduos, na compra de matérias-primas e nos processos produtivos (QUARESMA *et al.*, 2000)

Benefícios da implementação do programa

- melhoria da cidadania e desenvolvimento sustentável;
- melhor qualidade de vida e melhoria da conscientização ambiental;
- melhoria da qualidade ambiental local e global;
- economia de consumo de água e energia;
- ganhos com a venda, reuso ou reciclagem de resíduos;
- redução do uso de matérias-primas tóxicas;
- redução da geração de resíduos;
- aumento da segurança no ambiente de trabalho, com conseqüente redução de afastamentos por acidentes;
- redução ou eliminação de resíduos, com conseqüente redução dos gastos com tratamento, estocagem, transporte e disposição;
- minimização da transferência de poluentes de um meio para o outro;
- melhoria do desempenho ambiental;
- redução nos custos com treinamento para a manipulação e gerenciamento de resíduos e com saúde e segurança;
- redução ou mesmo eliminação de conflitos junto aos órgãos de fiscalização;
- melhoria da motivação dos funcionários;
- melhoria da imagem pública da empresa;
- redução de possíveis conflitos com a comunidade circunvizinha;
- melhoria da produtividade/competitividade da empresa e da qualidade do produto (DENNISON, 1996 & QUARESMA *et al.*, 2000 & EPA, 1993).

Barreiras para um programa de minimização de resíduos

Barreiras econômicas

A vantagem econômica é freqüentemente o incentivo para os projetos de minimização de resíduos; da mesma forma, é também muitas vezes a chave para desestimular estes mesmos projetos. Exemplos dessas barreiras podem ser:

- Um aumento nos custos operacionais e de capital de projetos devido a necessidade de novos equipamentos para reuso e reciclagem;
- A falta de capital para projetos ou a dificuldade de transferência do capital direcionado a produção;
- Poucos benefícios econômicos;
- Clima muito competitivo nos negócios (DENNISON, 1996)

Freqüentemente, os fatores econômicos que causaram rejeição dos projetos no passado, se tornaram hoje os fatores que resultam no sucesso dos projetos. Por exemplo, o capital pode ser mais bem aproveitado se gasto em projetos de reciclagem do que em um novo aterro de resíduos. Quando os custos totais são incluídos na análise econômica, os benefícios econômicos são maiores mesmo que o capital inicial seja grande (DENNISON, 1996).

A competitividade nos negócios é muito grande para escolher não praticar a minimização de resíduos; a indústria “verde” é procurada pelos consumidores, principalmente os europeus e os norte americanos. Os procedimentos contábeis devem identificar os ganhos indiretos e atribuírem valor aos benefícios intangíveis. Uma análise econômica deve levar em consideração os verdadeiros custos operacionais e as economias. Os custos para atingir 90% de eficiência em um tratamento podem ser de US\$ 100,00 por tonelada, ao passo que os custos para atingir 99% de eficiência podem ser US\$ 1.000,00 por tonelada (DENNISON, 1996).

Barreiras técnicas

Os fatores técnicos são freqüentemente as barreiras efetivas para a minimização de resíduos. Por exemplo:

- Falta de habilidade técnica na empresa para realizar mudanças e implementar novas tecnologias;
- Mudanças freqüentes na produção, tais como operações em batelada com freqüentes mudanças na linha de produtos;
- Limitações físicas na empresa tais como limitações de espaço para equipamentos adicionais, equipamentos obsoletos e limitações no setor de utilidades para o fornecimento de energia, aquecimento e água.
- Barreiras comportamentais, incluindo atitudes negativas em relação a mudanças, o que é geralmente evidenciado por uma falta de disposição para olhar para novas tecnologias e novos procedimentos;
- Preocupações técnicas a respeito da qualidade do produto;
- Barreiras institucionais surgindo de uma falta de compromisso gerencial (DENNISON, 1996).

A qualidade do produto é uma preocupação legítima, mas a qualidade prejudicada é muitas vezes não comprovada. O melhor exemplo disso é a aparente barreira referente ao fornecimento de produtos para o exército norte americano. Estes produtos devem apresentar as especificações pré-estabelecidas pelo exército que foram desenvolvidas para assegurar que os produtos comprados pelo governo tenham sempre o mesmo padrão, independente do fabricante. Muitas vezes estas especificações, embora inicialmente bem intencionadas, são desnecessárias e onerosas. Dado que estas especificações foram estabelecidas sem levar em conta a minimização das correntes de resíduos, um projeto militar é geralmente passível de ser reescrito (DENNISON, 1996).

Barreiras regulamentais

Toda lei ambiental tem diferentes meios de execução para indústria, unidades federais e pequenas empresas. Estas diferenças são barreiras por si só. Outras barreiras regulamentais são:

- Custo e tempo envolvidos na obtenção de licenças novas ou revisadas para aprovação nas agências reguladoras, especialmente para resíduos perigosos;
- Limitações impostas para transporte que dificultam a transferência de resíduos tóxicos e perigosos para locais onde a recuperação e a reciclagem podem ser feitas;
- Foco nas eficiências dos equipamentos de controle da poluição ao invés de ser na massa total de poluentes lançada;
- Prazos curtos favorecem a adoção de práticas que somente atingem as exigências legais as custas de soluções a longo prazo (DENNISON, 1996).

No último caso, a proeminência da concentração de padrões como meio de regulamentar a descarga de poluentes tem levado a relutância para reduzir o volume de água usado na empresa. Excesso de água freqüentemente serve como água de diluição para manter as concentrações dentro dos padrões de descarte (DENNISON, 1996).

Projetos / Resultados da Minimização de Resíduos

Uma das principais indústrias químicas dos Estados Unidos estabeleceu um programa em 1987 que reduziu a geração de resíduos em mais de cem mil toneladas ao ano. A economia estimada foi de U\$ 250 milhões nos produtos reformulados, conservação de material e energia e na habilidade de retardar ou completamente eliminar a aquisição de equipamentos de controle de poluição (ALFORD, 1987).

Com o Programa 33/50, a EPA trabalhou com as indústrias para reduzir as emissões de 17 substâncias químicas que eram muito tóxicas e emitidas em

grandes quantidades. O objetivo era de reduzir as emissões em 33% até o final de 1992 e em 50% até o final de 1995. Este objetivo foi ultrapassado pelas 1.150 empresas participantes. No Programa Luz Verde, a EPA trabalha com as empresas para reduzir a quantidade de energia usada na iluminação. No Programa *Energy Star Computers*, a EPA trabalha com fabricantes de computadores de mesa e impressoras laser para desenvolver produtos que ficam no modo de economia de energia e de baixa potência quando não estão em uso (DAUGHERTY, 1996 & HILL, 1997).

No Brasil, a CETESB desenvolve um programa semelhante no estado de São Paulo em parceria com empresas voluntárias. O aumento da pressão popular devido a ocorrência de graves acidentes ambientais, aliado às maiores exigências de mercado, ao alto custo dos modelos convencionais de controle e sobretudo ao fato de que somente a aplicação de medidas de controle não é capaz de corrigir a causa raiz dos problemas ambientais, influenciaram uma mudança de ênfase.

Neste sentido, a CETESB definiu novas políticas e estratégias, buscando parceiros e ferramentas apropriadas. Uma importante mudança na estrutura da companhia foi alcançada com a criação de uma Divisão para tratar de assuntos relativos a Produção mais Limpa (P+L), Prevenção à Poluição e Sistemas de Gestão Ambiental (QUARESMA *et al.*, 2000).

Os engenheiros da CETESB implementam o programa de minimização de resíduos em várias indústrias agrupadas por setor e compilam os dados levantados e as medidas implementadas. Estas informações são editadas em Manuais, que são depois distribuídos gratuitamente entre as empresas de cada setor. Os resultados estão sendo totalmente positivos em termos ambientais e econômicos e está chamando a atenção de muitas empresas. O trabalho já foi desenvolvido no setor de galvanoplastia, de bijuterias, de cerâmicas e têxtil (setores com grande potencial poluidor e com grande concentração no estado de São Paulo). (PACHECO *et al.*, 1999)

Muitas companhias já implementaram programas de minimização de resíduos e estão tendo retorno financeiro. As companhias membros da "Chemical

Manufacturers Association” (CMA) desenvolveram o programa de Atuação Responsável por exemplo. CMA também publicou o código de trabalho de Prevenção a Poluição, que está disponível para as companhias membros. O Instituto Americano dos Engenheiros Químicos fundou o Centro de Tecnologias de Redução de Resíduos (CWRT). A 3M é reconhecida pelo seu programa (Pollution Prevention Pays). Em 1993, mais de setecentas companhias estavam participando no programa 33/50 da EPA (DAUGHERTY, 1996).

A minimização de resíduos é uma das poucas áreas onde os objetivos ambientais nacionais e os interesses econômicos das empresas claramente coincidem. Para os geradores, os benefícios incluem redução de custos, responsabilidades e cargas regulamentais associadas com o gerenciamento de resíduos. Para a população, a minimização de resíduos é o pagamento por um meio ambiente melhor.

2.5 MODELO DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

A seguir é apresentado o modelo de minimização de resíduos a ser usado no desenvolvimento deste trabalho.

2.5.1 Necessidade reconhecida de Minimização de Resíduos

O sucesso do programa de minimização de resíduos depende do reconhecimento da alta direção da empresa da necessidade de se implantar tal metodologia.

2.5.1.1 Definição da política da companhia e estratégia para sua implementação através da minimização de resíduos

É essencial para o sucesso do programa, assegurar que se tenha:

- Uma política e uma estratégia definida

- Comprometimento da direção
- Provisão dos recursos adequados
- Um mecanismo adequado para a alocação dos custos verdadeiros de gerenciamento de resíduos na área de geração
- Um programa de treinamento de pessoal
- Forte incentivo para a implementação dos projetos de minimização (NEMEROW, 1995 & EPA, 1998).

2.5.2 Planejamento e Organização

2.5.2.1 Comprometimento da direção da empresa

A direção/gerência de uma companhia somente irá aprovar um Programa de Minimização de Resíduos se for convencida dos benefícios do programa. Os benefícios potenciais incluem vantagens econômicas, conformidade com a legislação, redução dos perigos relacionados a geração de resíduos, melhora da imagem pública e impacto ambiental reduzido (NEMEROW, 1995 & EPA, 1998).

Os objetivos de um Programa de Minimização de Resíduos são melhores compreendidos pelos funcionários através de uma política definida. A alta direção da empresa é responsável por estabelecer um time envolvendo todas as divisões da organização. A pessoa responsável pela área de meio ambiente é responsável por avisar a alta direção da importância da minimização de resíduos e da necessidade deste time formal (NEMEROW, 1995 & EPA, 1998).

2.5.2.2 Estabelecimento da equipe de avaliação

Uma equipe de avaliação pequena deve ser montada com pessoas que tenham responsabilidade direta e conhecimento das correntes de despejos e das áreas da planta sob consideração e poderá incluir um operador da planta ou o

supervisor. O time deverá se reportar diretamente à direção da empresa (NEMEROW, 1995 & CRITENDEN, 1995).

O líder do time deverá:

- ser um membro de um cargo superior
- ser selecionado pela direção para comunicar claramente o compromisso da organização ao time
- ter um forte compromisso com a minimização de resíduos
- ser conhecedor do processo e da planta
- ter habilidade para planejamento e gerenciamento
- ter habilidade para trabalhar bem com todo o pessoal envolvido (NEMEROW, 1995 & CRITENDEN, 1995).

É particularmente importante que haja um bom entendimento da química do processo e da engenharia química, especialmente da influência das condições de processo na geração de resíduos ou produtos fora de especificação. É importante não somente explorar os mecanismos nos quais os contaminantes indesejáveis podem ser produzidos, mas também a cinética na qual estes mecanismos operam em relação aos mecanismos desejados. Este entendimento pode ajudar a reduzir as quantidades freqüentemente geradas de resíduos nas partidas e paradas da planta (NEMEROW, 1995 & CRITENDEN, 1995).

2.5.2.3 Definição dos objetivos do Programa de Minimização

A primeira prioridade do Programa de Minimização de Resíduos é estabelecer objetivos consistentes com a política adotada pela alta direção. Os objetivos devem ser mensuráveis, quantificáveis e alcançáveis. Objetivos quantificáveis estabelecem um guia claro do grau de sucesso esperado do programa (NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

É importante que os objetivos globais do programa sejam incorporados aos objetivos individuais dos departamentos apropriados (NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

Os objetivos devem ser revistos periodicamente. À medida que o foco do programa de minimização se torna mais definido, os objetivos devem ser mudados para refletir quaisquer mudanças tais como em tecnologias disponíveis, materiais, legislação ambiental e o clima econômico (NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

2.5.3 Fase de Avaliação

O propósito desta fase é desenvolver uma lista de opções de minimização de resíduos e identificar as opções mais atrativas que merecem análises adicionais e mais detalhadas. Para se desenvolver estas opções, é necessário um entendimento detalhado das operações e dos resíduos nas plantas. A análise deve começar pelo estudo das informações sobre os processos, operações e as práticas de gerenciamento de resíduos na unidade (NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

2.5.3.1 Coleta de dados

Muitos dos dados necessários a fase de avaliação podem estar disponíveis como parte da operação normal da planta ou em resposta a requerimentos legais existentes. As maiores fontes de dados incluem:

- Informações ambientais
- Informações de projeto
- Informações da produção e das matérias primas
- Informações econômicas
- Outras informações (CRITENDEN, 1995 & NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

Claramente, a extensão e a complexidade do processo de coleta de dados deve ser consistente com as necessidades e o tamanho da companhia; o objetivo é

minimizar resíduos e não simplesmente acumular registros. A reunião de informações deve focalizar particularmente em:

- Obter um bom inventário dos fluxos de resíduos;
- Identificar as fontes dos fluxos de resíduos;
- Quantificar os custos verdadeiros do controle da poluição, tratamento, estocagem de resíduos e disposição (CRITENDEN, 1995 & NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

As informações do manual de projeto da planta e os dados coletados durante as operações normal e anormal fornecem dados adicionais e muitas vezes mais úteis do que aqueles registrados sob a regulamentação legal. Os manuais de operação e os procedimentos definem como um processo está sendo operado realmente. Os dados então podem fornecer informações específicas de todas as correntes de entrada, de saída e dentro do processo, e como os eventos variam com o tempo (CRITENDEN, 1995 & NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

Existem, também, outras áreas que podem fornecer informações:

- Controle de inventário;
- Compras;
- Registros e arquivos;
- Contas;
- Marketing e Vendas (CRITENDEN, 1995 & NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

2.5.3.2 Organização dos dados

O diagrama de fluxo de processo é a base para a preparação dos balanços e massa e energia. Estes diagramas podem ser usados para identificar visualmente e para registrar onde, como e quando os resíduos são gerados. Um diagrama de fluxo de resíduos pode ser usado para registrar o uso de matéria prima, taxa de produção, gastos com utilidades, taxas e composições dos fluxos de resíduos,

incluindo os efluentes para a planta de tratamento, para o esgoto, as emissões para o ar, planejadas e fugitivas (CRITENDEN, 1995).

O time de avaliação deve ter em mente que em quase todos os casos os diagramas de balanço serão incompletos, aproximados ou ambos (CRITENDEN, 1995).

Dificuldades específicas incluem:

- Os processos mais modernos são complexos e têm numerosas correntes de processo, muitas das quais podem interagir;
- A exata composição de muitos fluxos é desconhecida e não pode ser facilmente estabelecida;
- A amostragem das correntes pode não ser fácil ou precisa, particularmente quando se tem sólidos envolvidos;
- Mudanças de fases ocorrem dentro do processo, requerendo análise multi-fases e correlações;
- A operação da planta e as misturas de produtos mudam freqüentemente, fazendo com que os fluxos de massa e energia não possam ser caracterizados por um simples diagrama de balanço (CRITENDEN, 1995).

2.5.3.3 Identificação das práticas significativas de geração de resíduos

O time deverá focalizar nas plantas, processos, operações ou fluxos de resíduos para o estudo e a preparação das folhas de fluxos. Idealmente, todas as correntes de resíduos e as operações deveriam ser analisadas. Para fábricas grandes e complexas ou quando os recursos são limitados, no entanto, alguma forma de priorização é necessária. Obviamente as análises devem se concentrar inicialmente nos problemas mais importantes, talvez aqueles que envolvem as maiores quantidades dos materiais mais perigosos. Então, à medida que os recursos permitem, avaliações dos resíduos menos prioritários podem ser feitas. Fatores típicos para serem levados em consideração incluem:

- Conformidade com a legislação atual e com as futuras;

- Custos de tratamento de resíduos, incluindo controle da poluição, tratamento e disposição;
- Potencial responsabilidade com o meio ambiente e com a segurança;
- Quantidades de resíduos;
- Propriedades de periculosidade do resíduo incluindo toxicidade, inflamabilidade, corrosividade e reatividade;
- Outros perigos aos funcionários;
- Potencial (ou facilidade) para a minimização de resíduos;
- Potencial para redução no uso de matérias primas;
- Potencial para redução no uso de utilidades e energia;
- Potencial para remoção de gargalos na produção ou no tratamento de resíduos;
- Potencial para recuperação de sub produtos com valor agregado;
- Capital disponível para o programa de minimização de resíduos (CRITENDEN, 1995).

Considerando estes fatores, deve-se elaborar um modelo de priorização dos resíduos.

2.5.3.4 Revisão dos dados e inspeção do local

Uma vez que uma planta, um processo, uma operação ou um fluxo de resíduos foi selecionado, a fase de avaliação continua com uma inspeção da fábrica. Aqui se tem algumas diretrizes para se fazer a revisão do local:

- Preparar um programa de trabalho que considere todos os aspectos que precisem de esclarecimentos. Distribuir o programa para todas as pessoas relevantes da área em estudo;
- Programar para que a inspeção na área coincida com operações especificamente relacionadas com a geração de resíduos – por exemplo, partida, parada e mudança de produto;

- Monitorar a operação em diferentes vezes durante o turno e, se necessário, durante vários turnos, especialmente quando a geração de resíduos é altamente dependente do envolvimento humano;
- Investigar os procedimentos de manutenção durante a operação normal e durante as paradas;
- Entrevistar os operadores, supervisores de turno e gerentes da área;
- Fotografar área para referência futura;
- Observar as práticas de produção. Conferir os derramamentos e vazamentos, odores e fumaças e observe a limpeza da área. Visitar a manutenção para identificar as dificuldades em deixar os equipamentos livres de vazamentos;
- Analisar os procedimentos administrativos tais como a contabilidade, a compra de materiais e a arrecadação com os resíduos (CRITENDEN, 1995 & NEMEROW, 1995).

Na inspeção do local, o time localiza o processo dos pontos onde as matérias-primas entram na área sob revisão até os pontos onde todos os produtos e todos os resíduos saem. O time identifica todas as fontes suspeitas de resíduos, incluindo:

- O processo de produção;
- Bombeamentos;
- Operações de manutenção;
- Áreas de estocagem para matérias-primas, produtos e resíduos (CRITENDEN, 1995 & NEMEROW, 1995).

A inspeção resulta na formação das conclusões preliminares das causas da geração de resíduos. A confirmação das conclusões preliminares pode requerer:

- Coleta de dados adicional;
- Análise dos dados adicional;
- Visitas adicionais as áreas (CRITENDEN, 1995 & NEMEROW, 1995).

2.5.4 Posição preliminar das opções práticas de minimização

Tendo completado a Fase de Avaliação, o próximo estágio é desenvolver um exercício de peneiramento para identificar os candidatos para análises técnicas e econômicas mais detalhadas. Este peneiramento é necessário porque análises técnicas e econômicas mais detalhadas podem ser dispendiosas. O objetivo é colocar as opções de minimização em grupos de prioridades para se guiar a alocação de recursos para a análise de exeqüibilidade (CRITENDEN, 1995).

2.5.5 Fase de análise de viabilidade

O número de opções de alta prioridade escolhidas para análise de viabilidade depende do tempo, do orçamento e dos recursos disponíveis para este estudo (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

2.5.5.1 Avaliação da viabilidade técnica

O objetivo da avaliação técnica é determinar se uma opção proposta de minimização de resíduos irá funcionar em uma aplicação específica. Mudanças de procedimento podem ser implementadas diretamente depois de revisão e treinamento adequados. Igualmente, a substituição de materiais pode ser feita rapidamente se não houver implicações na taxa de produção ou na qualidade do produto ou se mudanças no equipamento não forem necessárias (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

Opções que envolvam mudanças no processo ou no equipamento são provavelmente mais caras e podem afetar a taxa de produção e a qualidade do produto. Estas opções requerem estudos extensivos para assegurar que irão funcionar com sucesso no campo (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

Muitos critérios técnicos precisam ser considerados neste estágio. Questões a serem levantadas incluem:

- a. A opção proposta é segura ?
 - b. A qualidade do produto será melhorada ou prejudicada ?
 - c. Existe espaço disponível nas instalações ?
 - d. Os novos equipamentos, materiais ou procedimentos são compatíveis com os procedimentos de produção, com o fluxo de trabalho e com as taxas de produção ?
 - e. É necessário mão de obra adicional ?
 - f. As utilidades necessárias estão disponíveis ou devem ser instaladas e com isso ter se um aumento no capital de investimento ?
 - g. Quanto tempo a produção ficará parada para a implementação das mudanças ?
 - h. É necessário que se tenha pessoal especializado para manter ou operar o novo sistema ?
 - i. O vendedor fornece serviço satisfatório ?
 - j. O sistema cria outro problema ambiental pior que o primeiro ?
 - k. Quais são os possíveis efeitos nos métodos operacionais ?
 - l. Quais são os prováveis efeitos nas suas operações vizinhas ?
- (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

Uma incapacidade de satisfazer todos estes critérios pode não representar um problema sem solução, mas um aumento nos custos de investimento e operação (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

Procedimentos a serem seguidos na avaliação técnicas incluem:

- Revisão da literatura técnica (mais barato);
- Visitas para conhecer instalações existentes, acertadas com vendedores de equipamentos e contatos nas indústrias (relativamente de baixo custo e com a vantagem de ver a tecnologia funcionando);

- Demonstração em escala de bancada ou escala piloto, talvez usando equipamentos emprestados de vendedores (mais caro) ou em outras instalações;
- Conselho de grupos de consultores (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

Todos os grupos na operação que podem ser afetados pela opção sob análise devem contribuir e revisar os resultados da análise técnica. Isto é importante para assegurar não somente a viabilidade, mas a aceitabilidade da opção. Se, depois da avaliação, a opção parece ser impraticável, não deve ser considerada adiante (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

2.5.5.2 Avaliação da viabilidade econômica

A avaliação econômica das opções de minimização de resíduos é feita usando os métodos escolhidos pela companhia. A viabilidade de um projeto é normalmente estimada por meio de uma análise de custo – benefício. Se uma opção de minimização de resíduos não tem custos de capital significativos, então sua viabilidade pode ser julgada analisando se haverá ganho de custos operacionais (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

Para uma opção que requer investimento de capital e mudanças nos custos operacionais, uma análise mais formal e detalhada é requerida. Exemplos incluem:

- Tempo de retorno (tempo que se leva para recuperar o investimento inicial)
- Taxa Interna de Retorno
- Valor Líquido Presente (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

O método da Taxa Interna de Retorno é recomendado para análises rápidas, mas se são envolvidos grandes investimentos, o tempo de retorno e o valor líquido presente são mais indicados. Estas técnicas são particularmente adequadas para avaliar e ordenar as opções (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

Fórmula do tempo de retorno:

Tempo retorno (meses) = Investimento (R\$) / Custo mensal resíduo (R\$/mês)

O resultado da fórmula é o tempo (em meses) necessário para se pagar o investimento.

Mudanças nos custos de operação e manutenção

Todas as oportunidades para minimizar custos de operação e manutenção devem ser quantificadas e incluídas na avaliação econômica:

- Custos reduzidos de gerenciamento de resíduos incluindo:
 - Menores custos de tratamento no local;
 - Menor espaço para armazenamento de resíduos;
 - Menos pré-tratamento e acondicionamento anterior a disposição;
 - Quantidade reduzida para ser tratada fora da companhia;
 - Menores custos de transporte e disposição;
 - Menores custos administrativos
- Minimização nos custos de matéria prima e insumos;
- Diminuição das responsabilidades e prêmios de seguros;
- Mudanças nos custos associados com a qualidade do produto;
- Mudanças nos custos de utilidades;
- Mudanças na mão de obra de operação e manutenção;
- Mudanças nas despesas gerais;
- Mudanças nos rendimentos devido a produção ampliada ou diminuída;
- Aumento nos rendimentos devido aos sub produtos;
- Mudanças nos custos associados com inventários e estoque de materiais, produtos e resíduos;
- Honorários de consultores. (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

Redução dos riscos

Uma opção de minimização de resíduos pode reduzir os riscos para a saúde e o meio ambiente. Embora estes riscos possam ser identificáveis, pode ser difícil quantificá-los, já que pode ser difícil prever a natureza e a magnitude de futuros problemas. A quantificação requer julgamentos e a incorporação de pontos de vista de pessoal qualificado dentro da companhia. Portanto é importante que esse pessoal esteja consciente da redução dos riscos juntamente com todos os outros benefícios de uma opção de minimização de resíduos (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

Custos de concordância com a legislação

A redução de resíduos pode ser requerida pela empresa para atingir a concordância com a legislação. Operações contínuas violando a legislação ambiental provavelmente resultarão em custos com multas, ações legais e possivelmente ações criminais. Em caso extremo, uma planta ou uma operação pode ser obrigada a fechar. Por outro lado, uma empresa com boa imagem pública em relação ao cumprimento da legislação ambiental pode ter vantagens no desenvolvimento de novos projetos que requerem licenciamento (CRITENDEN, 1995, NEMEROW, 1995 & EPA, 1988).

2.5.6 Relatório da Avaliação

O relatório formal inclui:

- Objetivos estabelecidos;
- Legislação a ser cumprida;
- Principais resultados da análise das opções;
- Análise técnica e econômica de todas as opções estudadas;
- Recomendação para a implantação das opções e suas prioridades;

- Revisão das principais hipóteses feitas para se chegar às conclusões (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

Um resumo deve incluir uma análise qualitativa dos custos e benefícios tangíveis e intangíveis, além da diminuição de responsabilidades e melhoria da imagem da empresa aos olhos dos funcionários e do público (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

2.5.6.1 Implementação dos projetos de minimização de resíduos

O relatório elaborado servirá como base para a obtenção de recursos para os projetos de minimização de resíduos (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

Os projetos que envolvem somente mudanças operacionais, de procedimento ou de material – ou seja, sem alterações de processo e equipamentos – devem ser implantados o mais breve possível. Para os projetos que envolvem mudanças no processo ou nos equipamentos, ou novos equipamentos, a implantação é essencialmente igual a outro projeto qualquer e envolve planejamento, autorização financeira, projeto e construção (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

As responsabilidades e o cronograma devem ser estabelecidos pela alta direção e toda a equipe da área deve ser informada. Será necessário treinamento e supervisão adequados (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

2.5.6.2 Revisão e auditoria dos projetos implementados

A empresa deve fazer revisões periódicas do programa de minimização de resíduos e dos projetos específicos dentro do programa. Para cada projeto é necessário:

- Medir o progresso comparando com os objetivos estabelecidos;
- Arquivar os sucessos e as falhas do projeto para auxiliar análises futuras;

- Permitir aos gerentes acompanhar efetivamente os objetivos do projeto.

Comparações quantitativas do progresso com os objetivos estabelecidos ajudam a identificar quais opções são mais efetivas. Demonstram, também, a alta direção que os esforços estão seguindo como planejado.

A medida do progresso envolve:

- Seleção de uma quantidade para registrar a performance;
- Medida da quantidade selecionada;
- Normalização dos dados, se necessário, para corrigir as mudanças na produção (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

Embora pareça óbvio, muitos fatores devem ser levados em conta:

- A quantidade selecionada para medir a performance deve refletir os resíduos que são de interesse. Parâmetros incluem redução de volume e/ou peso, de toxicidade e mudanças econômicas;
- A quantidade deve ser mensurável;
- Instrumentos de medição podem não estar disponíveis para todas as correntes de despejo – por exemplo, emissões fugitivas;
- Mudanças substanciais na quantidade de resíduos de ano para ano podem acontecer em virtude de mudanças na legislação;
- O projeto de minimização pode ter transferido o resíduo para outra planta, para outro meio ambiente ou em produto e pode ser difícil rastrear o poluente e avaliar seu impacto relativo na poluição;
- Embora seja desejável caracterizar e quantificar a quantidade e a toxicidade do resíduo, a sua toxicidade geralmente não é quantificada como parte do processo de comparação (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

O progresso de um projeto de minimização de resíduos pode ser medido das mudanças nas quantidades de resíduo transportadas para fora da empresa e dos resíduos tratados dentro da empresa, ambos antes e após a implementação do projeto (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

Nas plantas onde a taxa de produção ou o tipo de produtos variam, é necessário padronizar ou normalizar os dados usados para medir o progresso. Fatores de normalização podem ser:

- Horas de operação;
- Horas homem;
- Área, peso ou volume de produto acabado;
- Número de bateladas;
- Área, peso ou volume de matéria prima processada;
- Receita proveniente do produto;
- Lucro proveniente do produto (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

2.5.7 Divulgação de Informações

A manutenção de um programa de minimização de resíduos requer que um processo de divulgação de informações seja implementado. Deve-se coletar dados e informações suficientes em intervalos consistentes com o tamanho e a complexidade da companhia. As divulgações devem ser suficientemente freqüentes e detalhadas para prover os funcionários com informação suficiente para identificar a realização e o status das atividades correntes (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

Isto também é importante porque as condições que envolvem a minimização de resíduos são dinâmicas. Por exemplo:

- pesquisa e desenvolvimento podem revelar novas tecnologias;
- novas tecnologias podem se tornar disponíveis a custos acessíveis;
- condições econômicas podem mudar principalmente as relacionadas aos métodos de disposição de resíduos;
- legislação pode mudar e alguns métodos de disposição de resíduos podem ser proibidos e outros liberados;
- atitudes da sociedade podem mudar (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

2.5.8 Reavaliação dos objetivos globais

De tempo em tempo, o programa deve ser revisto para levar em consideração:

- Mudanças nas exigências de matéria prima e produto acabado;
- Aumentos nos custos de gerenciamento de resíduos;
- Novas regulamentações;
- Novas tecnologias;
- Eventos com conseqüências ambientais indesejáveis – derramamentos (EPA, 1988).

Estes fatores podem exigir revisões periódicas dos objetivos globais e da política da companhia (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

Manter um programa de minimização de resíduos é tão importante quanto começar e um dos mais efetivos meios de mantê-lo é assegurar que a gerência de cada área tem os custos totais de disposição de resíduos. Se possível, estes custos devem englobar aqueles relativos a multas e concordância com a legislação. É inaceitável esconder os custos do gerenciamento de resíduos nas despesas gerais, justamente porque a ilusão criada é que a disposição de resíduos não tem custos para a empresa (CRITENDEN, 1995 & EPA, 1988).

2.6 CERVEJARIAS

As informações sobre cervejarias foram adaptadas das seguintes páginas na internet: www.cervejando.com.br e www.bavaria.com.br, ambos em Maio de 2001.

A cerveja é conhecida na humanidade há sete mil anos. Assim que os antigos sumérios deixaram a vida nômade, perceberam que o resto dos cereais que deixavam dentro d'água fermentava e se tornava uma agradável bebida.

Durante a idade média, praticamente cada cidade no continente Europeu tinha pelo menos uma micro cervejaria e a cerveja era presença quase obrigatória nas mesas.

Principais etapas do desenvolvimento histórico da cerveja, ao longo da história da humanidade:

- 4000 a .C. - Época sumeriana: existência de cerveja e "casa de cerveja" mantidas por mulheres.
- 3000 a .C. - Cerveja tem papel importante na vida diária, sendo a bebida nacional do antigo Egito.
- 500 a . C. - Os gregos e posteriormente os romanos dão preferência ao vinho. A cerveja passou a ser a bebida favorita das classes menos favorecidas, muito apreciada em regiões sob o domínio romano, como entre germanos e gauleses.
- 1100 d.C.- Utilização de lúpulos para aromatizar cervejas.
- 1516 d.C. - Introdução da "Lei da Pureza" na Baviera, definindo, como matérias- primas, unicamente o malte de cevada, água e lúpulo.
- Idade média até século XVIII - Com o aumento da demanda, inicia-se a instalação de cervejarias comerciais.
- 1789 - Lavoisier descobre o gás carbônico formado pela fermentação
- 1815 - Gay Lussac descreve a equação da fermentação.
- 1876 - Louis Pasteur publica na França, sua obra Estudos sobre a Cerveja , onde expõe aspectos fundamentais, tais como:
 - a teoria fisiológica da fermentação por microorganismos;

- a dissolução de oxigênio no mosto;
 - a descrição de um grande número de microorganismos contaminantes;
 - a conservação da cerveja através de aquecimento (pasteurização)
- 1876 - C.V. Linde constrói o primeiro compressor frigorífico em München, Alemanha. Com isso, independentemente da temperatura ambiente, tornou-se possível produzir cervejas de baixa fermentação durante todo o ano, pois essas cervejas requerem refrigeração adequada e controlada.
 - 1883 - E.C. Hansen desenvolve na Dinamarca a cultura pura de leveduras. Este método de propagação, a partir de uma única célula deste microorganismo, generaliza-se nas cervejarias. A partir deste momento, tornou-se viável a homogeneização da qualidade organoléptica (aroma e paladar) da cerveja produzida em determinada fábrica.

A Tabela 01 mostra o consumo em hectolitros de cerveja por região do Brasil. Hectolitro é a unidade de volume utilizada nas cervejarias e corresponde a 100 litros. Pode-se verificar que mais da metade do consumo de cerveja no Brasil é da região Sudeste (por consequência, há também um maior número de fábricas), justamente por ser a área mais populosa. O Sudeste é a região com maior problema de poluição do Brasil e também com a maior escassez de água. Nordeste e Sul ficam, respectivamente, em segundo e terceiro lugares, também devido a alta população e no caso do Nordeste pelo clima quente e pelas cidades turísticas no litoral.

Tabela 01 - Consumo em hectolitros de cerveja no Brasil

REGIÃO	ESTADOS	hl / ANO	%
SUDESTE	SÃO PAULO	22.300.000	27,9
	RIO DE JANEIRO	13.000.000	16,2
	MINAS GERAIS	9.000.000	11,3
	ESPIRITO SANTO	1.700.000	2,1
	TOTAL	46.000.000	56
NORDESTE	BAHIA	4.800.000	6,0
	PERNAMBUCO	2.200.000	2,8
	CEARÁ	1.700.000	2,1
	ALAGOAS	1.200.000	1,5
	RIO GRANDE DO NORTE	1.000.000	1,2
	MARANHÃO	850.000	1,1
	PIAUÍ	850.000	1,0
	SERGIPE	480.000	0,6
	TOTAL	13.880.000	17,3
SUL	PARANÁ	4.600.000	5,7
	RIO GRANDE DO SUL	4.600.000	5,8
	SANTA CATARINA	2.600.000	3,2
	TOTAL	11.800.000	14,8
CENTRO-OESTE	GOIÁS	2.100.000	2,6
	BRASÍLIA	1.100.000	1,4
	MATO GROSSO DO SUL	1.100.000	1,4
	MATO GROSSO	900.000	1,1
	TOCANTINS	770.000	0,9
	TOTAL	5.970.000	7,5
NORTE	PARÁ	1.250.000	1,6
	AMAZONAS	520.000	0,7
	RONDÔNIA	300.000	0,4
	ACRE	120.000	0,1
	AMAPÁ	80.000	0,1
	RORAIMA	80.000	0,1
	TOTAL	2.350.000	2,8
TOTAL		80.000.000	100,0

Dados 1998 - Fonte Sindicerv

As cervejarias consomem de 4,5 a 8 vezes o volume de água sobre as cervejas que produzem. O próprio produto cerveja já contém 92% água, e ainda gasta-se água para gerar vapor e frio, para lavar tanques e filtros, no envasamento em lavadoras de garrafas e pasteurizadores, em descartes e evaporações, em limpeza geral e em atividades menores. Grandes cervejarias ganham economia de

escala e conseguem 1:7 ou 1:6,5 e quando bem gerenciadas e bem equipadas podem acusar consumo de até 1:6. Daí para baixo só com instalações de recuperação e reciclagem. Com tais instalações há informações que uma grande cervejaria de Los Angeles/Califórnia consegue 1:4,5.

No mundo cervejeiro, a Bélgica ocupa lugar de destaque. É o "Paraíso da cerveja". Não é o país onde mais se bebe (Tcheco-eslováquia), ou onde tem mais cervejarias (Alemanha), porém é o lugar onde existem mais cervejarias per capita, e onde se concentra a maior variedade de tipos diferentes de cerveja. Existem duas grandes: Jupiler e Stella Artois, porém existem centenas de pequenas cervejarias centenárias, montadas em fazendas, vilarejos e pequenas cidades, as quais cultuam qualidade, criatividade e principalmente tradição.

Lei Alemã da Pureza

Guilherme IV, monarca alemão, do Estado da Baviera, em 26 de abril de 1516, promulgou a 1ª lei de proteção ao consumidor da história. Raivoso com adições esquisitas, como fuligem, cal, ervilha e etc., botou no papel que só seria permitido produzir cerveja com malte de cevada, lúpulo e água. Fermento não foi citado porque não era ainda conhecido. É a "Lei da Pureza" e vale até hoje.

Estatísticas

Os USA são os maiores produtores de cerveja do mundo com aproximadamente 240 milhões de hectolitros anuais, e possuem a maior cervejaria do planeta produzindo mais de 100 milhões de hectolitros: a Anheuser Busch, mais conhecida pela marca Budweiser. Mas em consumo per capita estão no 10º lugar com 100 litros / habitante ano. Europa e Oceania lideram o ranking e a Tcheco-eslováquia vem em primeiro lugar com 180 litros per capita. O Brasil é o 4º maior produtor, produz 80 milhões hL, mas consome só 50 litros per capita.

O mercado de cerveja no Brasil é de 8 bilhões de litros de cerveja ao ano. Em dezembro chega a 900 milhões de litros.

Há previsões de que o consumo per capita de cerveja no Brasil deve crescer 26% até 2003.

A cerveja no Brasil recolhe mais de R\$ 5 bilhões/ano em impostos (US\$ 2,2 bilhões/ano), sendo o produto que individualmente mais arrecada tributos indiretos no país.

Produção de cerveja

A Figura 04 ilustra um processo genérico de fabricação de cerveja, seguido pela descrição das etapas do processamento (SILVA, 1997).

O processo de fabricação inicia no Moinho. Lá, os grãos do malte de cevada são moídos e as cascas utilizadas para auxiliar a filtração do mosto nas tinas de filtração.

O malte moído é então levado para a Caldeira de Malte onde será misturado com água cervejeira para ser cozido. Enquanto isso, na Caldeira de Gritz, o milho triturado também será cozido com água para se transformar no produto conhecido como Calda.

A próxima etapa, mistura e fervura da Calda com o malte cozido, é chamada de Empastagem. As misturas podem ser feitas através de vários processos com temperaturas e tempos de repouso diferentes. Conhecendo estes processos, o mestre cervejeiro pode criar várias receitas e fabricar diferentes tipos de cerveja.

A empastagem final é transferida para a cuba-filtro ou tina de filtragem (equipamento para filtração). Após a filtração, resulta o bagaço da empastagem, que é lavado e utilizado como ração de gado e o líquido precioso: o Mosto cervejeiro.

O Mosto vai para a Caldeira de Fervura onde será esterilizado e receberá o Lúpulo, responsável pelo amargor e aroma característicos da cerveja. O tempo de fervura depende do tipo de cerveja a ser fabricada. A média é entre uma hora e meia a duas horas.

Depois da caldeira, o mosto é transferido para o "Whirlpool" ou, Decantador que separa a parte sólida em suspensão através de centrifugação. Agora ele já está pronto para ir ao resfriador. Sua temperatura cai de 100 °C para 8 °C.

Com o mosto tratado, resfriado e adicionado da quantidade de levedura necessária, inicia-se a fermentação. O mosto é bombeado para a adega, onde ficam os tanques verticais. É nestes tanques que a levedura transforma os açúcares fermentáveis em álcool e CO₂, ingredientes que dão refinamento ao sabor e aroma da cerveja.

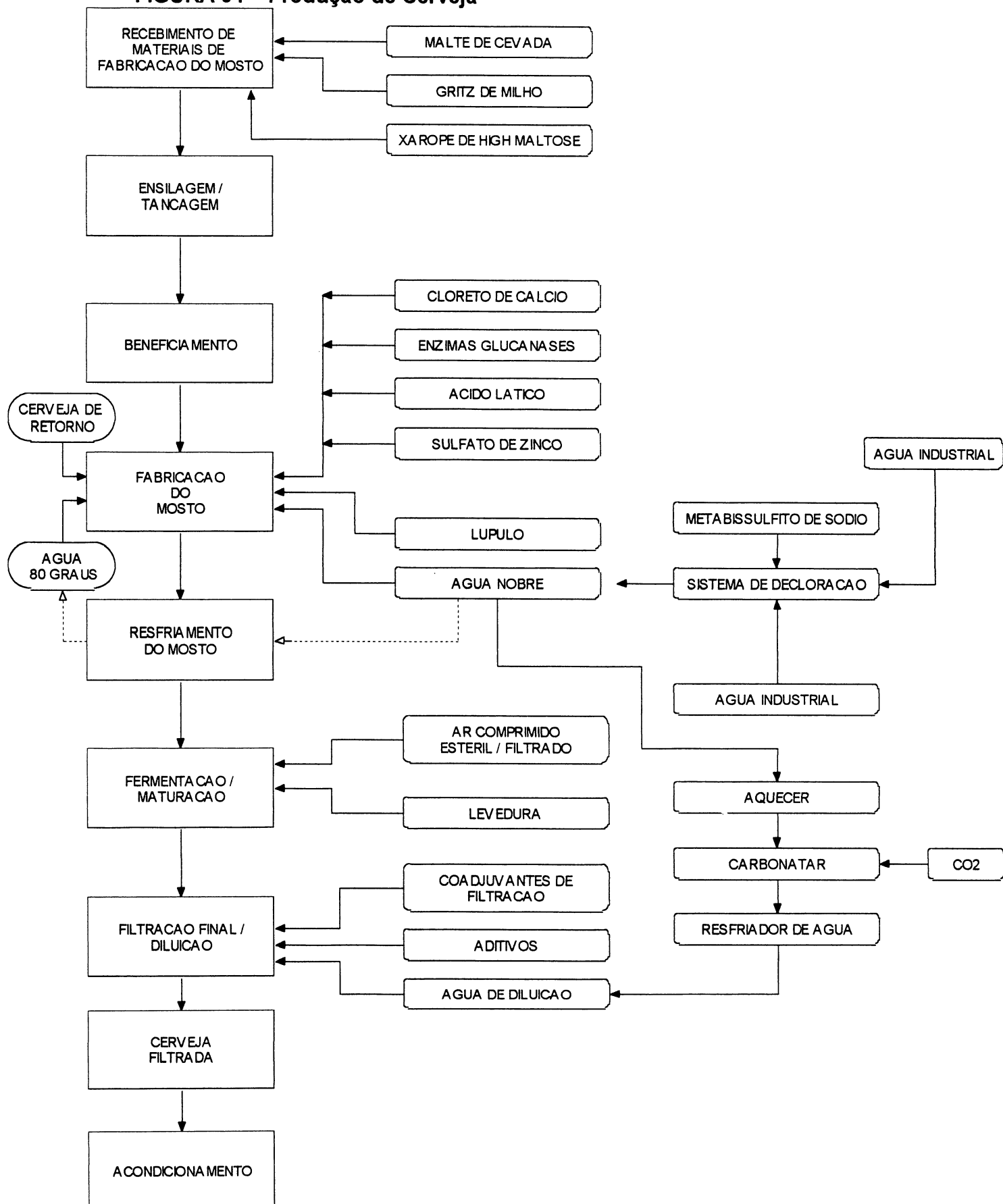
Após a fermentação a cerveja é resfriada até que atinja -1 °C. Esta cerveja, chamada de cerveja jovem, não pode ser consumida porque ainda não tem um sabor suficientemente equilibrado.

Para isso é necessário que ela passe pelo processo de maturação, que também acontece em tanques verticais. Logo após, a cerveja com seu teor de álcool previsto, realiza-se a correção da concentração de CO₂.

Todo o processo de fabricação, fermentação e maturação pode levar de 15 dias até 2 meses. Depende da receita da cerveja.

A cerveja resfriada e maturada, será também filtrada para ficar clara e livre de partículas. Antigamente a cerveja não era filtrada, mas quando os consumidores trocaram as canecas de cerâmica por copos de vidro, isso mudou. Fazer uma cerveja clara sem turvação de levedura é difícil e caro, mas também é um dever de todo bom mestre cervejeiro.

Depois de filtrada a cerveja fica nos tanques de pressão onde seu sabor e aroma são controlados. Agora ela está pronta para ir ao embarrilamento, engarrafamento ou enlatamento.

FIGURA 04 – Produção de Cerveja

Envasamento

A Figura 05 ilustra um processo genérico de envasamento de cerveja, seguido pela descrição das etapas do processamento (SILVA, 1997).

O embarrilamento é o conjunto de equipamentos que fazem a limpeza, sanitização e enchimento dos barris. A partir daí, os barris estão prontos para serem transportados para os bares e restaurantes.

O engarrafamento inicia na despaletizadora. Esta máquina retira as caixas de garrafas vazias das pilhas sobre o “pallet” de madeira e as colocam na linha de engarrafamento. As caixas entram na desencaixotadora que retira as garrafas vazias e as coloca em esteiras. Estas esteiras levam as garrafas até a lavadora para serem limpas e sanitizadas. Após serem lavadas elas são inspecionadas eletronicamente onde todas as garrafas que apresentarem defeitos serão eliminadas. Após a inspeção, as garrafas vão para a enchedora. As máquinas enchedoras do tipo carrossel têm uma capacidade de 25.000 a 70.000 garrafas ou mais por hora.

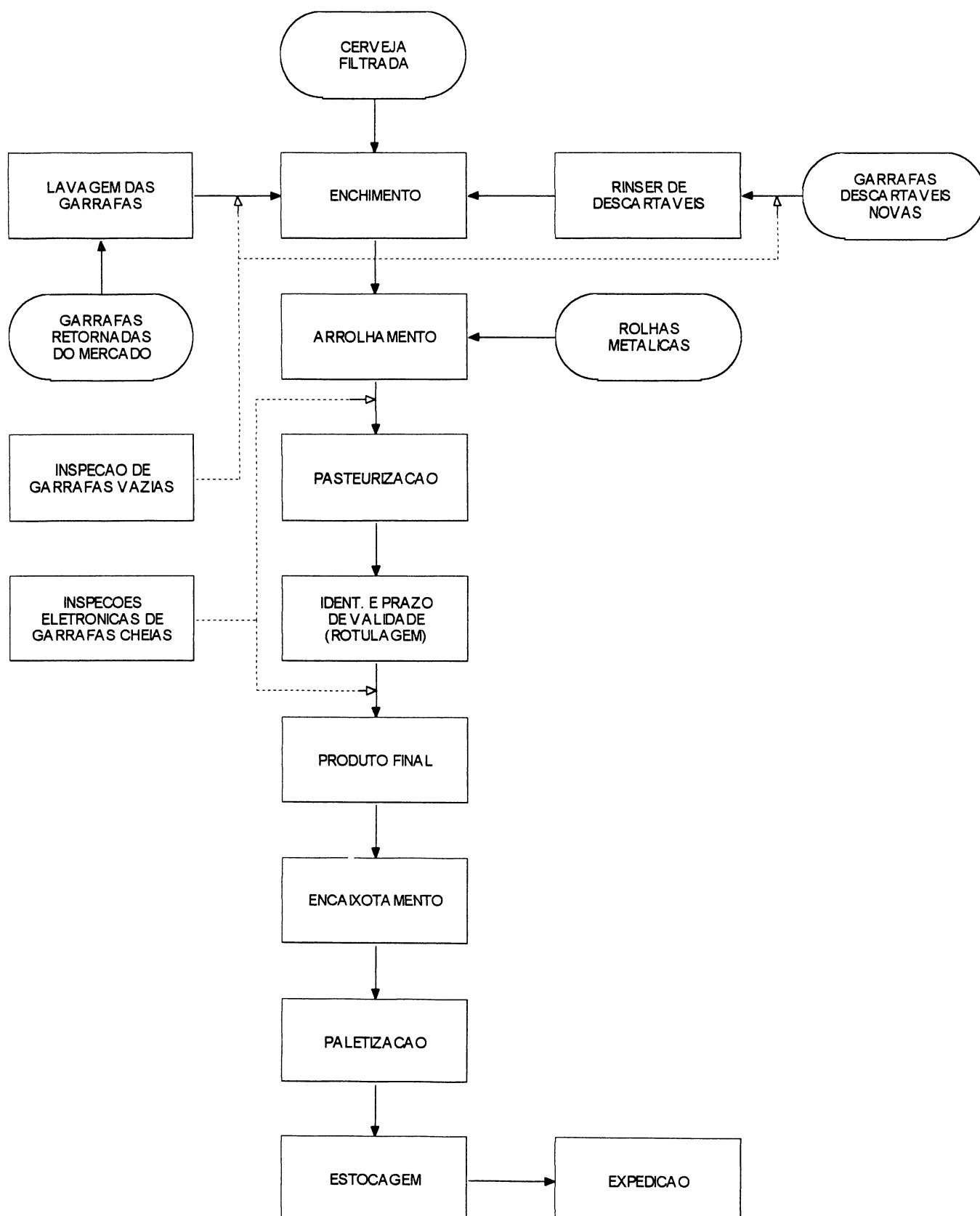
Primeiramente, a enchedora elimina das garrafas o oxigênio, que não é bom para a cerveja. Logo após ela pressuriza CO₂ na garrafa e a enche de cerveja sob contra-pressão do CO₂ para evitar formação de espuma.

As garrafas cheias são lacradas na arrolhadora e, em seguida, passam pelo pasteurizador. Este processo é feito com o aquecimento e posterior resfriamento do produto.

A cerveja pasteurizada, e bem estocada, tem uma durabilidade de vários meses.

Saindo do pasteurizador, as garrafas são rotuladas e eletronicamente inspecionadas. Se tudo estiver dentro dos padrões, elas são embaladas, empilhadas e estão prontas para o transporte.

As latas e as garrafas descartáveis não passam pelo processo desencaixotadora-lavadora-encaixotadora.

FIGURA 05 – Envasamento de Cerveja

Meio ambiente nas cervejarias

A maior contribuição para o impacto ambiental em uma cervejaria está relacionada à geração inevitável de grandes volumes de efluentes líquidos, carreando grandes quantidades de resíduos de matéria orgânica, gerados nas variadas etapas do processo cervejeiro (SILVA, 1997 & SENAI, 1997).

O perigo do efluente de uma cervejaria está no excesso de nutrientes e sólidos sedimentáveis, ou seja, na grande quantidade de matéria orgânica, subproduto da produção de cerveja, que, atingindo os rios, alimentarão microorganismos aquáticos, acelerando sua reprodução, superpovoando rapidamente este rio, consumindo também rapidamente o oxigênio disponível e, por asfixia, provocando a morte de peixes e outros organismos aquáticos. A isto denominamos a morte ou agonia de um rio. Por outro lado, os sólidos que sedimentam, provocam assoreamento e até a perda do leito do rio (SILVA, 1997 & SENAI, 1997).

A Tabela 02 discrimina, dentro das diferentes fases do processo cervejeiro, a origem e a composição dos diferentes tipos de resíduos líquidos (SILVA, 1997 & SENAI, 1997).

Tabela 02 – Fases do processo cervejeiro e resíduos formados

Fase de fabricação	Origem do resíduo	Composição
Cozimento	Restos de mosto e lavagem dos equipamentos	Solução aquosa de açúcares, proteínas, taninos e resinas.
Fermentação	Lavagem dos tanques	Álcool etílico, gás carbônico, ácidos, aldeídos, gorduras e microorganismos
Maturação	Fundo das cubas	Líquido enriquecido de proteínas e produtos derivados de sua degradação.

Fonte: SILVA, 1997

Além destes, pode-se esperar no efluente: restos de papéis (celulose) dos rótulos de garrafas, amido, fermento decantado ou centrifugado, terra diatomácea e uma pequena quantidade de cerveja proveniente do fermento rejeitado e das garrafas que se quebram durante a pasteurização e expedição.

Todos estes despejos caracterizam-se pela elevada DBO e são ricos em proteínas que se decompõem rapidamente.

A Tabela 03 dá uma idéia da percentagem da carga poluidora e volume dos principais tipos de despejo, enquanto que a Tabela 04 especifica tipos de resíduos e a porcentagem de carga poluidora que cada um dos resíduos provoca, bem como o volume de despejos produzidos na fabricação de 100 litros de cerveja.

Tabela 03 – Carga poluidora e volume de despejos

Despejo	DBO (%)	Vazão (%)
Farinha de malte amassado	28	25
Filtro		
Caldeiras		
Lúpulo		
Sol. de malte saturado em água		
Fermento	59	3
Operações de acabamento	1	8
Esfriamento	0	4
Armazenagem dos barris		
Sala de fermento	12	60
Enchimento de garrafas		
Pasteurizados		

Fonte: SILVA, 1997

Tabela 04 – Resíduo e carga poluidora

Características dos despejos	Litros de despejo / 100 litros de cerveja	DBO (mg/L)	% da carga de DBO
Líquido proveniente da prensagem dos grãos	1,41 – 2,37	15.000	3,5
Líquido proveniente da prensagem do lúpulo	0,9	7.340	1,1
Água de lavagem do tecido do filtro do malte	5,9	4.930	4,6
Água de lavagem do fermento	1,2	7.400	1,2
Cerveja filtrada do fermento	1,2	69.000	13,3
Lavagem dos equipamentos	–	–	76,3
Despejos de cerveja			
Água de resfriamento			
Esgotos sanitários			

Fonte: SILVA, 1997

Características de efluentes de cervejarias:

DQO _{média}	2.200 – 2.800 mg / L
DBO _{média}	1.200 – 1.500 mg / L
SST	500 – 700 mg / L
SS	< 15 mL / L
Óleos e Graxas	< 50 mg / L
pH	5 – 11
Temperatura	21 – 42 °C
N _t	carência
P _t	carência
Detergentes, sabões	presentes

Com relação a poluição atmosférica em uma cervejaria, pode-se ter emissão de material particulado – fuligem, SO_x (compostos do enxofre) e NO_x (compostos do nitrogênio), provenientes de caldeiras que utilizam óleos combustíveis derivados de petróleo. Sistemas de tratamento biológico de efluentes, notadamente por reatores anaeróbios, são fonte de emissões de odores e incômodos à população vizinha. Por outro lado, odores vindos do processo cervejeiro, não são fonte acentuada de incômodos, salvo em unidades cervejeiras localizadas em ambientes densamente povoados.

Equivalente populacional da cervejaria

Um termo muito usado em Engenharia Sanitária é o Equivalente Populacional. Este termo relaciona a carga poluidora com um número de pessoas. Em muitas cidades, determinou-se que cada pessoa gera, por dia, uma quantidade de resíduos via esgoto sanitário, da ordem de 54 g de DBO. Dividindo-se a carga diária de um despejo industrial por 54, tem-se o equivalente populacional da indústria (PAWLOWSKY, 1983)

De acordo com Pawlowsky (1983), uma cervejaria com capacidade de produção de 400.000 L/dia, gera 4.000 Kg DBO / dia. Para a produção nacional de 8 bilhões de litros de cerveja, precisamos de 55 cervejarias produzindo 400.000 L/dia, o que gera uma carga orgânica diária de 220.000 Kg de DBO. Isto dá um equivalente populacional em torno de 4 milhões de pessoas, ou seja, a produção nacional de cerveja gera tanto efluente quanto uma comunidade de 4 milhões de pessoas.

Com base na produção nacional de 8 bilhões de litros de cerveja por ano e considerando o índice de consumo de água de 1:7, temos 56 bilhões de litros de água utilizados. Aproximadamente 92% da composição da cerveja é água o que corresponde a 7,4 bilhões. O restante, em torno de 48,6 bilhões de litros de água ao ano, é transformado em efluente em todo o Brasil.

Segundo a Organização Pan-americana de Saúde (OPAS), o ser humano necessita de 189 litros de água a cada dia para atender suas necessidades de consumo, higiene e preparo de alimentos. O efluente gerado pelas cervejarias no Brasil poderia abastecer uma comunidade de 257 milhões de pessoas.

2.7 PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Os resíduos gerados por uma indústria cervejeira são predominantemente orgânicos. Uma alternativa de minimização, para agregar valor aos resíduos gerados e transformá-los em produtos passíveis de serem utilizados, é a compostagem orgânica.

Esta metodologia transforma o resíduo em adubo orgânico, material com mercado cada vez maior na substituição dos adubos químicos.

Os lodos gerados em Estações de Tratamento de Efluentes de cervejarias e de bebidas carbonatadas são predominantemente orgânicos e assim apresentam potencial efetivo para serem valorizados para uso agrícola como condicionadores de solo (JUNIOR, 2000).

Os processos de compostagem têm se desenvolvido sob a ótica tecnológica no mundo todo. Conceitos como, para fazer a compostagem basta empilhar materiais orgânicos e remexê-los de tempos em tempos se demonstram ultrapassados. Modernamente, a compostagem é definida como um processo biotecnológico que se desenvolve em meio aeróbico controlado, desenvolvido por uma colônia mista de organismos e é efetuada em duas fases distintas: a primeira, quando ocorrem as reações bioquímicas de oxidação mais intensas predominantemente termofílicas, e a segunda ou fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação (JUNIOR, 2000 & ROCHA, 1999).

A Universidade de Beltsville, Washington, USA desenvolveu um método de compostagem chamado de aeração forçada em pilhas estáticas. Consiste em injetar ar em pilhas estáticas, com controle mecânico do tempo da aeração. (JUNIOR, 2000).

Com o trabalho de um aerador, injeta-se ar na base das pilhas (aeração forçada) para os materiais serem compostados. Com isto supre-se a demanda de oxigênio das bactérias que realizam a biodegradação. A aeração é feita em intervalos regulares durante todo o dia, de maneira automática (JUNIOR, 2000).

No Brasil, existem várias unidades funcionando com esta tecnologia: 5 no Paraná, 3 em Santa Catarina, 5 no Rio Grande do Sul e 11 no Mato Grosso do Sul.

Os principais fatores abióticos que influenciam um processo de compostagem são:

Tamanho das partículas

Os materiais apresentam-se com tamanhos de partículas completamente irregulares. A redução de tamanho das partículas, favorece o aumento da atividade bioquímica durante o processo de compostagem.

Taxa de oxigenação (aeração)

A demanda por oxigênio é maior e atinge seu pico máximo durante a fase de oxidação (daí inclusive esse nome) do processo. O consumo máximo de oxigênio ocorre quando a temperatura da pilha está em torno de 55° C. As necessidades de aeração da massa de compostagem podem ser determinadas pela taxa de oxigenação de 2 minutos em cada 18 minutos de intervalo.

Temperatura

A temperatura na compostagem está intimamente relacionada com a taxa de oxigenação a ser ministrada para garantir o equilíbrio biológico e a eficiência do processo. Deve-se manter as temperaturas da pilha de compostagem entre 40 e 60° C, durante a maioria do tempo da fase de oxidação (JUNIOR, 2000).

A sanidade do composto é uma das preocupações centrais na compostagem, sendo a temperatura o fator essencial para o seu controle, entre outros. (JUNIOR, 2000).

Um composto, para ser considerado seguro para aplicação agrícola, deve apresentar níveis indetectáveis de salmonela e contagem inferior a 100 UFC de E.coli e estreptococos, por grama de composto analisado (JUNIOR, 2000).

A compostagem tem como finalidade a inativação térmica de patógenos, afim de que o produto compostado não ameace a saúde pública ou ambiental. O alcance da inativação térmica de patógenos depende da temperatura e duração da mesma (JUNIOR, 2000).

A temperatura padrão de compostagem foi estipulada segundo a inativação de parasitas, pois são os mais resistentes dos patógenos. Farrell (1979) descreve que há uma temperatura distinta linear de 51° C para a destruição de ovos de helmintos. Essencialmente não ocorrem mortes abaixo desta temperatura; acima desta ocorre a morte de ovos com o aumento progressivo da temperatura (JUNIOR, 2000).

Baseado na revisão bibliográfica, Farrell (1979) concluiu que a manutenção do composto em 55° C a uma umidade relativa do ar próxima de 100% em um período de 24 horas poderia destruir todas as bactérias patogênicas, viroses e parasitas. Portanto, para inativação térmica de patógenos é necessário manter a temperatura de compostagem acima de 55° C com o tempo de exposição dependente do processo de compostagem (JUNIOR, 2000).

A maior parte de dados sobre o grau de inativação de patógenos vem de experiências laboratoriais onde consegue-se o controle exato das condições de teste. As condições de inativação praticadas em campo podem estar muito abaixo da esperada, o que é diferente se desenvolvida em laboratório. Fatores que afetam a inativação de patógenos durante a compostagem são: grupos de sólidos, distribuição irregular da temperatura, mistura incompleta de biosólidos e correção e regressão bacteriana.

Após 15 dias de exposição à temperatura de 55° C e acima desta, há de 98% a 99% de probabilidade de inativação de coliformes totais e *Salmonella* sp., respectivamente (JUNIOR, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

O modelo de Minimização de Resíduos foi implementado em uma indústria cervejeira do sul do Paraná que faz parte de um grupo de oito cervejarias distribuídas pelo Brasil com participação em torno de 15% do mercado nacional de cerveja.

A unidade industrial em que foi desenvolvido o presente trabalho é responsável por 2,3% do mercado nacional e tem 234 funcionários (considerando os terceirizados) trabalhando em três turnos. A empresa fabrica cerveja em garrafas retornáveis de 600 mL, garrafas descartáveis de 355 mL e latas de 350 mL. Sua capacidade de produção é de 23.000.000 L/mês de cerveja.

A tecnologia de produção e envasamento é considerada uma das mais modernas do mundo e todo o processo é automatizado e controlado via computadores. Os trabalhadores de chão de fábrica têm, pelo menos, formação técnica na área de alimentos, cervejaria ou fermentação. Os coordenadores de produção e o gerente de fábrica são Engenheiros Químicos ou de Alimentos. O coordenadores de envasamento são Engenheiros Mecânicos.

3.2 METODOLOGIA DE TRABALHO E DADOS COLETADOS

Será apresentado o Modelo de Minimização de Resíduos utilizado, a forma como foi aplicado e também os dados coletados para a aplicação deste modelo, além da técnica de priorização elaborada.

3.2.1 Modelo de Minimização de Resíduos

O método utilizado para implementação do Programa de Minimização de Resíduos foi o apresentado no item 2.5 – Modelo de Minimização de Resíduos, da Revisão Bibliográfica.

3.2.1.1 *Necessidade reconhecida de minimização de resíduos*

A empresa em que foi desenvolvido o presente trabalho teve total interesse na implementação de medidas de prevenção a poluição e minimização de resíduos. O comprometimento pode ser demonstrado na Política Ambiental apresentada no Anexo 01.

Foi apresentado um projeto de como o programa seria desenvolvido e houve o comprometimento necessário, por parte dos gerentes, coordenadores e demais colaboradores para o desenvolvimento do trabalho.

3.2.1.2 *Planejamento e organização*

O primeiro passo, foi ministrar palestras sobre poluição, gestão ambiental, gerenciamento de resíduos, imagem da empresa, legislação, custos ambientais e os objetivos do programa de minimização.

Este treinamento foi incorporado aos treinamentos admissionais, juntamente com o de Sistema da Qualidade – ISO 9000, Segurança do Trabalho e Recursos Humanos.

Todos os funcionários da fábrica, envolvendo os três turnos de trabalho, foram treinados e isso contribuiu muito para a colaboração de todos no levantamento de informações. Um funcionário de cada setor foi designado a dar apoio para a implantação do programa de minimização.

Nesta fase, os seguintes objetivos ambientais foram estabelecidos, em conjunto com a direção da fábrica, para serem alcançados pelo Programa de Minimização de Resíduos:

- 1) Atendimento integral a legislação ambiental.
- 2) Segurança aos funcionários na manipulação de resíduos perigosos.
- 3) Encontrar uma destinação nobre para o lodo da Estação de Tratamento de Efluentes, visto ser um material rico em matéria orgânica e diminuir os altos custos mensais com a disposição deste resíduo em aterros industriais.
- 4) Minimizar a carga orgânica e a vazão de despejos líquidos.
- 5) Melhorar o armazenamento da terra diatomácea para que se consiga atingir uma concentração de sólidos da ordem de 70%; encontrar possibilidades de remover parte da água misturada ao resíduo.
- 6) Desenvolver projeto para a peletização do bagaço de cevada para que se possa agregar valor ao resíduo e prolongar o tempo de armazenamento para suprir a demanda pelo material no inverno.
- 7) Desenvolver estudos para a secagem da levedura de 85% de umidade para 5%, objetivando agregar valor ao resíduo.
- 8) Estabelecer meios de se segregar e armazenar corretamente os resíduos sólidos recicláveis dentro da fábrica para minimizar as perdas destes materiais.
- 9) Desenvolver estudos para o aproveitamento energético do gás metano da Estação de Tratamento de Despejos Industriais.

3.2.1.3 Fase de avaliação

A fase de avaliação teve início com o conhecimento do processo de produção de cerveja, do processo de envasamento, do setor de utilidades, do setor de manutenção e das estações de tratamento de água e de despejos industriais.

Foi feito um levantamento das práticas ambientais já existentes na unidade e da destinação dos resíduos. Atualmente, os resíduos que são comercializados

(levedura, materiais recicláveis, borra de rótulos, bagaço de cevada) são os que não precisam de nenhum beneficiamento para tal e a destinação final dos demais (lodo da ETDI, terra diatomácea, resíduos da videojet, bagaço das peneiras, resíduos de óleo BPF) é feita em aterros industriais.

Foram elaborados todos os diagramas de fluxo da produção, envasamento e tratamento de água e de efluentes. Com os diagramas foi possível identificar as entradas de matéria prima e insumos e as fontes de geração significativa de resíduos.

No caso dos resíduos líquidos, a quantificação foi baseada nas informações da produção (sistema SAP), nas entradas de matérias-primas e insumos.

No caso dos resíduos sólidos, a quantificação foi feita baseada nos inventários mensais de resíduos, nos quais constam a quantidade e o custo de transporte e disposição final de cada resíduo.

De posse dos diagramas devidamente quantificados, foi feita a inspeção das áreas para identificar as causas geradoras de resíduos e verificar se os dados estavam consistentes com a prática atual de produção. Outro objetivo nesta fase foi verificar se existiam mais atividades geradoras de resíduos, além das já listadas.

A seguir é apresentada a descrição dos processos de produção, envasamento, tratamento de água e efluentes e os respectivos diagramas de bloco.

Descrição do processo de fabricação de cerveja

A seguir é apresentada a descrição da primeira parte do processo de fabricação de cerveja de acordo com a Figura 06.

Recebimento de malte e griz

O processo inicia com o recebimento de malte e griz de milho (adjunto para o fornecimento de açúcar para fermentação) na moega.

Ensilagem

O griz de milho vai direto para os silos de griz (2 unidades de 220 t cada) por meio de elevadores de caneco.

Beneficiamento (malte)

O malte passa por uma máquina de limpeza para retirada de impurezas sólidas e é armazenado nos silos de malte (6 unidades de 1000 t cada). No descarregamento, no transporte por esteiras e nos elevadores de caneco, é gerado pó de malte. Este material é aspirado ao longo da linha de transporte, passa por um filtro de manga e é armazenado no silo de pó para posterior venda para ração animal.

Cozinha - cozinhadores, tina e whirlpool

Para começar uma batelada (uma batelada de 145.000 L de cerveja), o técnico de fabricação escolhe a receita de cerveja a ser fabricada no sistema de automação, informa o silo de malte e de griz a serem usados e o sistema dá início ao processo de fabricação.

Primeiramente, 15.100 Kg de malte passam pelo separador de pedras, pelo separador magnético, pelo moinho (os grãos de malte são quebrados para facilitar a ação de suas enzimas) e finalmente vão para o cozinhador de malte, com água a 50° C. Ao mesmo tempo, 8.300 Kg de griz vão para o cozinhador de griz, com água a 50° C.

Após um tempo de cozimento pré-estabelecido, o griz vai para o cozinhador de malte e o cozimento continua. Neste processo, é dosado 60 Kg de cloreto de cálcio (suporte de levedura e ação de tamponamento no processo de fabricação do mosto).

Terminado o cozimento, o mosto formado vai para a tina de filtração, a qual fica em recirculação por um tempo (até atingir uma determinada turvação) para que a casca do malte forme o leito filtrante e o mosto seja filtrado. Este equipamento é provido de “afofadores” para controlar a altura de leito filtrante e por consequência a pressão de filtração. Ao final da filtração do mosto, é adicionado água para lavar o leito filtrante e extrair ao máximo o mosto retido. Esta água (chamada de “última água”) é armazenada em um tanque e é usada na próxima batelada. O bagaço vai para uma caixa de bagaço, que fica embaixo da tina de filtração e depois vai por tubulação (empurrado com ar comprimido) para o tanque de descarte de bagaço para ser vendido para ração animal.

O mosto filtrado segue para o cozinhador de mosto (ou para um tanque intermediário, dependendo da disponibilidade de tanque), no qual é adicionado 19 Kg de lúpulo, 9 Kg de caramelo e 2 a 3 Kg de ácido láctico. Esta mistura cozinha por um tempo pré-determinado e segue para o Whirpool.

O Whirpool é um decantador centrífugo, onde é feita a separação do trub, um composto de proteínas do malte que devem ser retirados para não causar turvação na cerveja subsequentemente. Nesta etapa, dosa-se sulfato de zinco que vai servir como suporte para a levedura na fermentação. O trub, cerca de 500 Kg/batelada, vai direto para a ETDI.

A segunda parte do processo de produção é descrita de acordo com a Figura 07.

Fermentação

O mosto filtrado vai para o trocador de calor de mosto que utiliza água em recirculação para o resfriamento e segue para os TFM's (tanques de fermentação). Dosa-se a levedura na linha. Adiciona-se sílica para estabilização nos TFM's em resfriamento, que decanta depois junto com a levedura. No final da fermentação, tem-se purgas de 200 a 300 kg de levedura que é enviado para o tanque de descarte de fermento. Recupera-se no final, cerca de 3 a 5 vezes o volume inicial dosado de levedura. É utilizado amônia para resfriamento.

Após a fermentação, a cerveja é transferida para um tanque pulmão da filtração.

Filtração

É feita a desaeração (retirada de O_2) da água em um tanque com CO_2 e metabissulfito de sódio. Esta água vai para preparar a pré capa 1 e 2 do tanque de terra diatomácea. Esta pré capa é feita com água desaerada em recirculação. Quando pronta, começa-se a puxar cerveja do tanque pulmão e no início, a filtração é feita para o drenagem para a retirada de toda a água da tubulação. Quando o extrato estiver em 2,5°P (graus Plato, medida do teor de sólidos da solução), começa-se a filtrar para o tanque IFF (Início e Final de Filtração). Adiciona-se estabilizante de espuma no tanque de terra e a filtração continua até 11,5°P. Começa-se a preparar a pré capa do tanque de PVPP (poli vinil poli pirrolidona), colocando-o em recirculação com cerveja, primeiramente sozinho e depois junto com o tanque de terra. É feita a filtração, então no PVPP. Durante a recirculação, a cerveja passa por filtros Trap (cilindros de algodão e plástico que são trocados a cada 15 dias). A

terra diatomácea vai para o tanque de descarte de terra e é enviada para um Aterro Industrial.

Depois de filtrada, é dosado estabilizante de cerveja na linha.

Funções dos equipamentos de filtração:

Filtro de terra: - Retirada de levedura e impurezas

Filtro Trap 1: - Retirada de terra (segurança)

Filtro PVPP: - Retirada de polifenóis

Filtro Trap 2: - Retirada de PVPP (segurança)

Em cada ciclo de filtração, usa-se aproximadamente 12 m³ de água para retirar a terra diatomácea do filtro de terra e armazená-la no tanque de descarte de terra.

Preparo da terra

A terra vem em três diferentes granulometrias: grossa, média e fina. No tanque de preparo, mistura-se a terra (em uma determinada composição dos três tipos) com água para ser enviado ao filtro de terra.

Adegas de pressão

Depois de terminada a filtração, a cerveja é armazenada nas adegas de pressão, onde é corrigido o seu grau de carbonatação, utilizando gás carbônico.

Desaeração da água para filtração

Adiciona-se 1 saco de metabissulfito de sódio de 50 kg/tanque água 25°C.

Regeneração PVPP

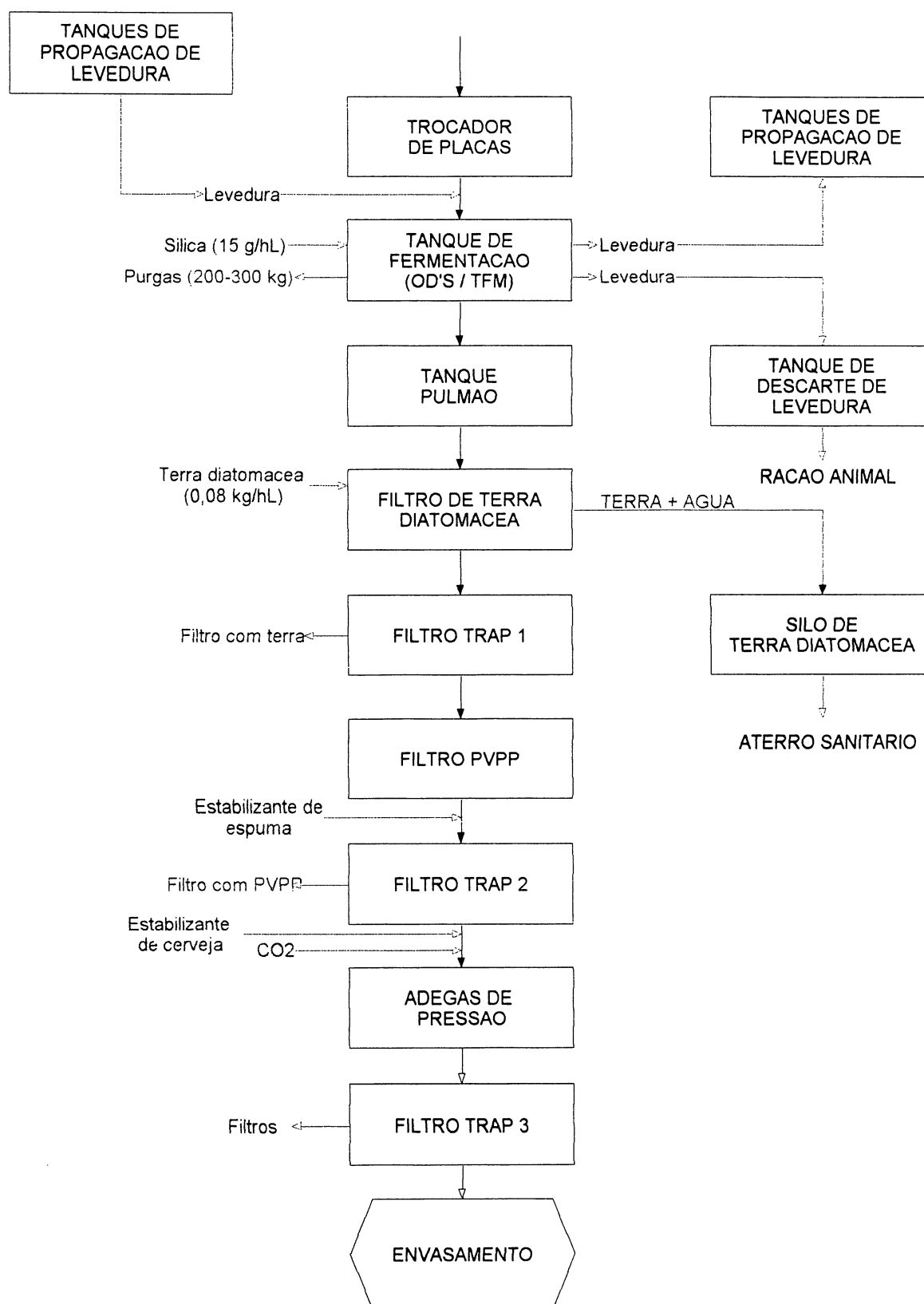
É descartado de 5.000 a 6.000 L de soda 1,5% uma vez ao dia em média para se fazer a regeneração do PVPP.

Recuperação levedura

A levedura para a fabricação de cerveja é utilizada até a 5ª geração. Após a 5ª geração, é armazenada em um tanque com temperatura controlada e vendida para ração animal.

Se a levedura for ser usada novamente, é feita uma descarga de 1 a 3 min para o ralo para a retirada de células mortas.

FIGURA 07 – Processo de Fabricação: área fria



Descrição do processo de envasamento de cerveja

Em toda a área de envasamento, existem canaletas para a coleta de água do piso. Compreende água de lavagem dos pisos com produtos químicos, cerveja, produtos químicos utilizados para a limpeza das máquinas e água com produtos lubrificantes para as esteiras de transporte de garrafas e latas.

Existem caixas de junção destas canaletas com tubulações que levam este água para a ETDI. Em cada caixa de junção, têm caixas de inox perfuradas para conter o material sólido.

Linha 01 (garrafa 600 mL)

A descrição é feita de acordo com a Figura 08.

Os pallets de garrafas 600 mL são trazidos da Expedição por meio de empilhadeiras e colocados na Despaletizadora.

Despaletizadora

Os pallets contendo 42 garrafeiras cada são trazidos por empilhadeira e colocados na entrada da despaletizadora. Os únicos resíduos gerados são as cintas plásticas que envolvem as garrafeiras (uma cinta por pallet).

Estas cintas são armazenadas e utilizadas na Paletizadora para a mesma função e na Lavadora de Garrafas (saída de borra de rótulos) para amarrar a sacaria.

Desencaixotadora

Na desencaixotadora, as garrafas são retiradas das garrafeiras e vão para a lavadora de garrafas enquanto que as caixas vão para a lavadora de caixas.

Não é gerado resíduo algum.

Lavadora de Garrafas

Na entrada da lavadora de garrafas, um funcionário retira, com o auxílio de um gancho, as rolhas de algumas garrafas que vêm fechadas. Estas rolhas caem no chão juntamente com cacos de vidro e rótulos das garrafas que quebram na entrada da lavadora. Todo este material vai para o lixo misto.

Na lavadora, tem uma saída de lixo que contém canudos, cigarros e outros tipos de resíduos proveniente das garrafas. Este lixo é coletado em uma caixa de inox perfurada para o escoamento da água. Todo o material que fica retido na caixa vai para o lixo misto.

A borra de rótulos sai da lavadora de garrafas por meio de rosca sem fim, é prensada e cai direto dentro de sacos de rafia de 25 kg. Quando cheio, o saco é amarrado com cinta plástica, colocado em pallets e encaminhado para o Depósito de Inservíveis para ser armazenado. Esta borra é vendida para uma empresa de reciclagem de papel do Rio Grande do Sul.

A água de secagem das borras vai para o ralo misturada com soda cáustica que é utilizada para a lavagem das garrafas.

Inspetora Eletrônica e Inspeção Visual de Garrafas

Na Inspetora Eletrônica, as garrafas mal lavadas, com problemas de rachadura, tampadas, com resíduos dentro ou as que são de cor mais clara são separadas.

As garrafas separadas passam por uma inspeção visual na qual um funcionário fica na frente de um painel luminoso e faz uma nova separação. As garrafas mal lavadas ou tampadas voltam para a linha na entrada da Lavadora de Garrafas e as com rachaduras ou de cor mais clara são colocadas em garrafeiras e enviadas para quebra na Expedição.

As que não apresentaram nenhum problema seguem na linha para serem enchidas.

Lavadora de caixas

Na lavadora de caixas, dois carrinhos de inox recebem todo o lixo que sai das garrafeiras. Todo este material vai para o lixo misto. Têm cacos de vidro, pedaços de madeira, plásticos, canudos, etc.

A água da lavagem das caixas vai direto para o ralo.

As garrafeiras limpas vão para o Magazine de Caixas onde ficam armazenadas. Depois vão para a Encaixotadora, para a Paletizadora e finalmente para a Expedição. Na Paletizadora são utilizadas as cintas plásticas que saem da Despaletizadora.

Enchedora / Arrolhadora de Garrafas

Na enchedora, os bicos de enchimento injetam CO₂ nas garrafas para retirada do oxigênio presente e em seguida as garrafas são cheias com cerveja até o nível determinado por um sensor de nível e são imediatamente arrolhadas.

Há resíduo de vidro, rolhas e cerveja proveniente da quebra de garrafas, além das caixas de papelão e sacos plásticos vazios das rolhas utilizadas.

Inspetora de nível de garrafa cheia

Da enchedora, as garrafas vem para a inspeção de nível. As garrafas mal cheias são abertas, as garrafas retornam para a lavadora, as rolhas são coletadas em sacos plásticos e a cerveja vai para o ralo porque não foi pasteurizada ainda e não poder retornar ao processo.

As garrafas cheias seguem para a pasteurização.

Pasteurizador

No pasteurizador, tem-se a dosagem de produtos algicidas para evitar a contaminação por algas da água de circulação. Há quebra de garrafas dentro e na saída do pasteurizador quando as temperaturas não estão bem controladas.

As garrafas pasteurizadas vão para as rotuladoras.

Resíduos gerados: água de pasteurização, garrafas quebradas, rolhas e cerveja.

Rotuladoras

Na rotuladora, tem-se a entrada de adesivo líquido e rótulos para a rotulagem das garrafas.

Geram-se os seguintes resíduos:

- Resíduo de cola
Misturado a borra de rótulos
- Resíduo de papel com cola
Misturado a borra de rótulos
- Resíduo de papel e rótulos limpos
Armazenado e vendido como sucata de papel
- Elásticos que vem segurando os rótulos
Utilizado na fábrica e o restante doado a Instituições
- Balde de cola
Lavado com água quente da saída dos pasteurizadores e vendido
- Caixa de papelão dos rótulos
Armazenado e vendido como sucata de caixas de papelão

Inspeção de rótulos

Verifica os rótulos tortos e rasgados.

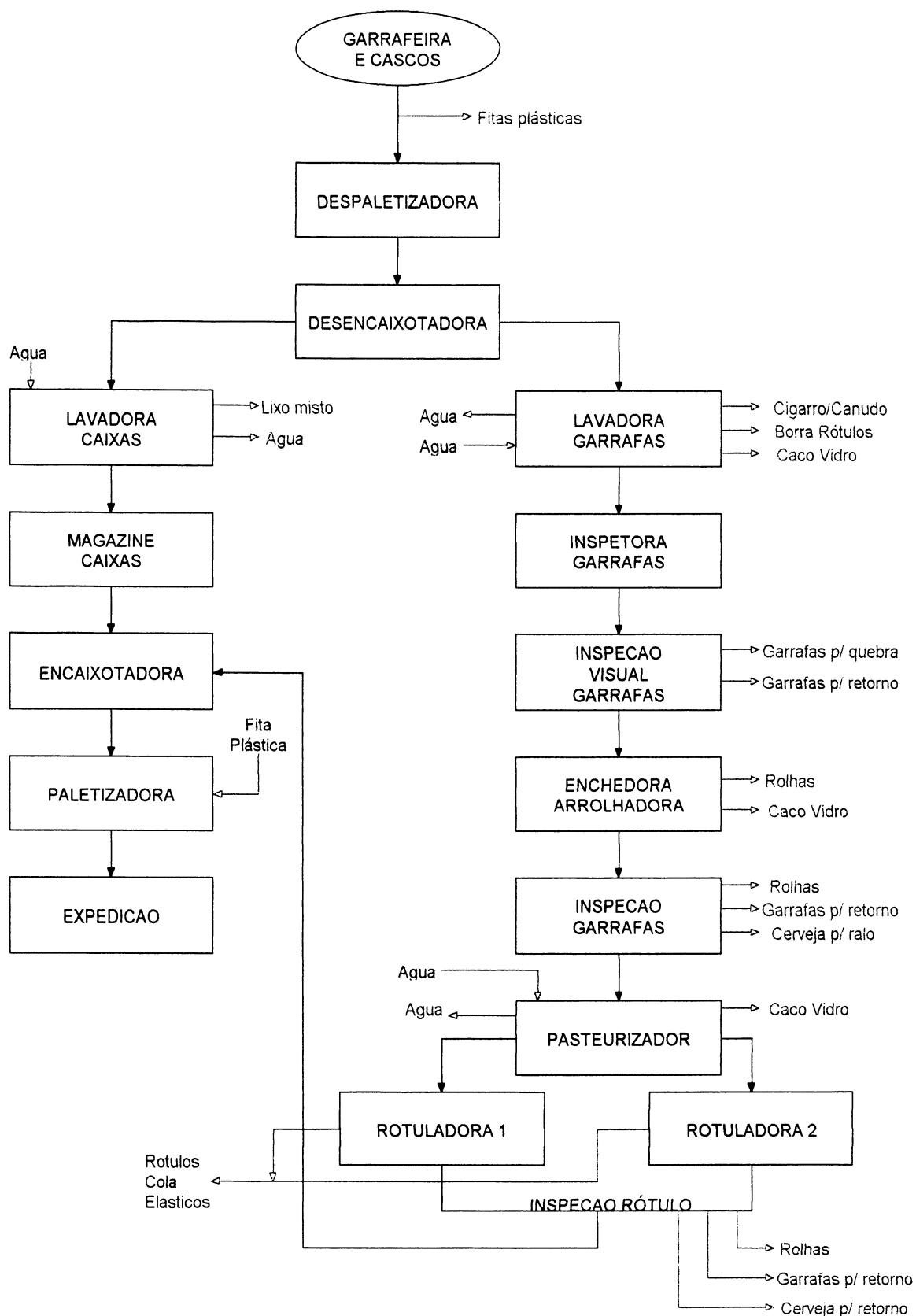
As garrafas rejeitadas são separadas, abertas e a cerveja retorna ao processo, as garrafas para a lavadora e as rolhas para sucata.

As garrafas sem problemas seguem na linha para a encaixotadora.

Encaixotadora / Paletizadora / Expedição

Na encaixotadora, as garrafas são colocadas nas caixas e estas caixas vão para a paletizadora para formarem pallets contendo 42 caixas. Uma cinta plástica é colocada em volta do pallet e este é levado pela empilhadeira até a expedição.

FIGURA 08 – Envasamento de cerveja: Linha 01 (garrafa 600 mL)



Linha 02 (Long Neck 350 mL)

A descrição é feita de acordo com a Figura 09.

Os pallets de garrafas long neck são trazidos da Expedição por meio de empilhadeiras e colocados na Despaletizadora..

Despaletizadora

Os pallets são desmontados e gera-se os seguintes resíduos por pallet:

- 22 chapatex (retornável)
- 5 cintas plásticas
- Papel de identificação do produto
- 1 esquadro de madeira (retornável)
- 1 pallet (retornável)

Os materiais retornáveis são armazenados na Expedição e levados pelo fornecedor.

Os materiais descartáveis são armazenados no Depósito de Inservíveis.

Inspetora de Garrafas

A inspetora separa as garrafas com problemas tais como as garrafas mal lavadas, com problemas de rachadura, tampadas, com resíduos dentro ou as que são de cor mais clara.

Estas garrafas rejeitadas são enviadas para serem quebradas.

Rinser / Enchedora / Arrolhadora

As garrafas são cheias e em seguida arrolhadas. Há um pouco de perda de cerveja durante o enchimento e durante o arrolhamento.

Resíduos gerados:

- Caixa de papelão das rolhas
- Saco plástico das rolhas
- Rolhas
- Vidro quebrado

Pasteurizador

No pasteurizador, tem-se a dosagem de produtos algicidas para evitar a contaminação por algas da água de circulação.

Toda a água utilizada vai direto para o ralo.

Há a quebra de garrafas dentro e na saída do pasteurizador se a temperatura de pasteurização não for bem controlada.

Resíduos gerados:

- Bombonas 50 L

Rotuladoras

Insumos: Adesivo líquido e rótulos.

Resíduos:

- Resíduo de cola
Misturado a borra de rótulos
- Resíduo de papel com cola
Misturado a borra de rótulos
- Resíduo de papel e rótulos limpos
Armazenado e vendido como sucata de papel
- Elásticos que vem segurando os rótulos
Utilizado na fábrica e o restante doado a Instituições
- Balde de cola
Lavado com água quente da saída dos pasteurizadores e vendido

- Caixa de papelão dos rótulos

Armazenado e vendido como sucata de caixas de papelão

Inspetora de garrafas cheias / rótulos

As garrafas rejeitadas são abertas e a cerveja vai para o ralo. As garrafas são quebradas e vendidas e as rolhas são armazenadas e vendidas.

Embaladora 1

Embala as garrafas nas embalagens *Six Pack* usando adesivo seco.

Resíduos: Six pack danificados
Caixa de papelão do *Six pack*
Papel de identificação
Amostra da embalagem
Filme plástico
5 fitas plásticas / pallet
Pallets descartáveis
Saco papel 25 kg

Embaladora 2

Embala 4 *six pack* com filme plástico.

Resíduos: Filme plástico
Cinta plástica
Tubetes de papelão (sucata) ou de plástico (retornável)
Vidro quebrado

Paletizadora

As caixas com 24 unidades são paletizadas (6 pilhas / pallet).

Envolvedora de pallets

Envolve os pallets com filme plástico (usa tubetes descartáveis).

Resíduos: Tubetes

Filme plástico que envolve os tubetes

Da envolvedora, a empilhadeira pega os pallets e leva até a Expedição.

Expedição

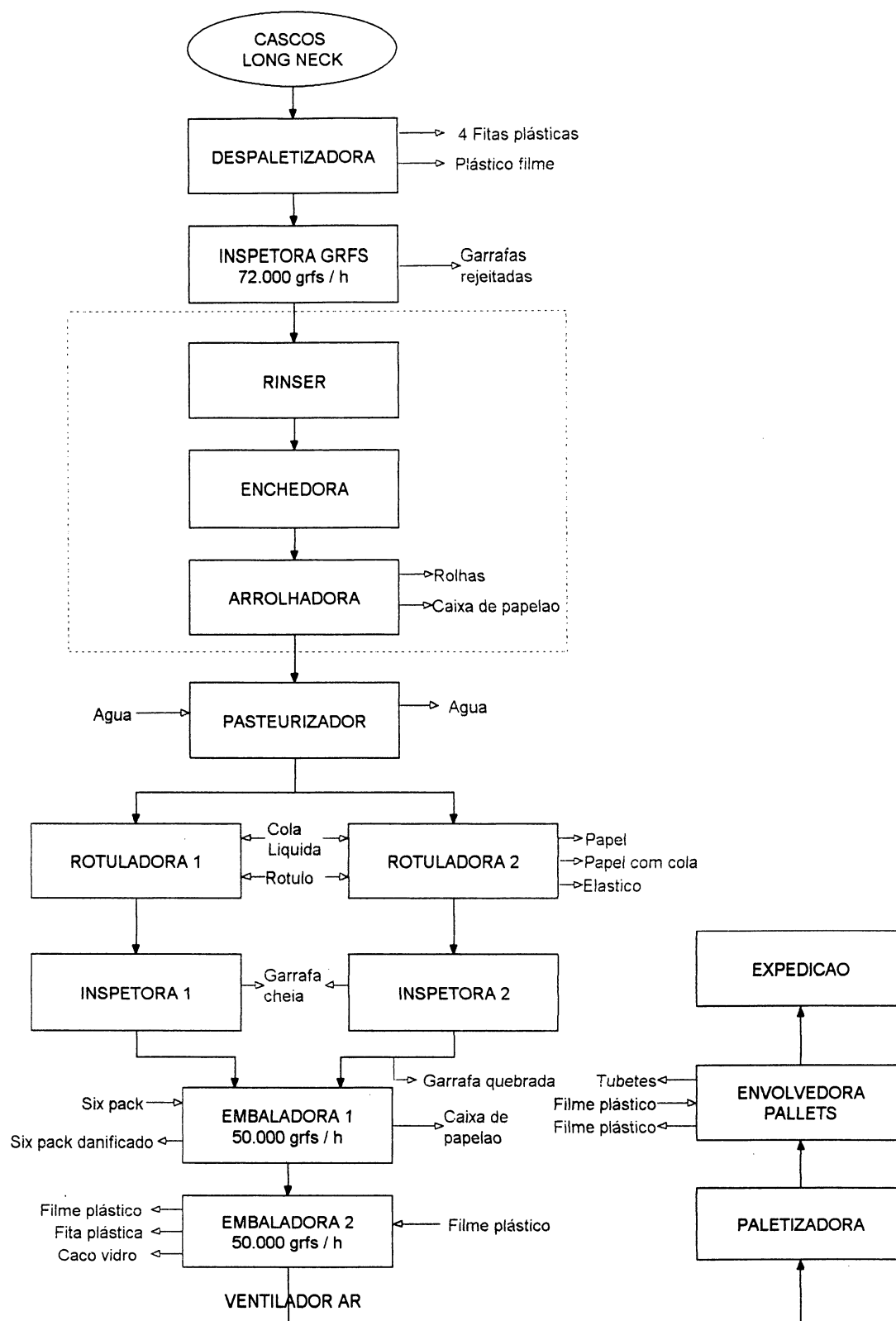
Pallet de Long Neck pronto:

- 6 pilhas / pallet
- Filme plástico
- Pallet com chapatex em cima

Na linha de Long Neck, as garrafas cheias com problemas são abertas, a cerveja volta para o processo, as garrafas são quebradas e colocadas em um recipiente. As rolhas e as caixas são separadas.

Existe um container para recolher as fitas plásticas que envolvem as caixas.

FIGURA 09 – Envasamento de cerveja: Linha 02 (garrafa 355 mL)



Linhas 03/04 (Latas)

A descrição é feita de acordo com a Figura 10.

Os pallets de latas são trazidos da Expedição por meio de empilhadeiras e colocados na Despaletizadora.

2 Despaletizadoras (60.000 latas / h cada)

Os pallets de latas são trazidos por meio de empilhadeiras e colocados nas Despaletizadoras.

Resíduos: pallet (retornável)
 esquadro de madeira (retornável)
 chapatex (retornável)
 cintas plásticas
 papel de identificação

Os pallets são armazenados no armazém de pallets; os esquadros no armazém de esquadros e os chapatex no armazém de chapatex.

Os demais resíduos são armazenados no Depósito de Inservíveis.

Duas Pontes de vácuo

As latas vão pela esteira e entram em uma ponte de vácuo. Nesta ponte, não há esteira embaixo das latas, somente uma esteira superior que faz vácuo e as latas sem furos atravessam coladas na parte de cima. As furadas caem dentro de caixas de papelão.

As latas furadas são enviadas para a prensa de latas.

Duas Inspetoras de latas

Estes equipamentos separam as latas sujas e amassadas da linha. As latas rejeitadas caem em uma caixa de inox e são enviadas para a prensa de latas.

Duas Enchedoras

As latas são então enchidas e os resíduos gerados são água de lavagem das latas e um pouco de cerveja.

Duas Recravadoras

Dois equipamentos denominados CSW enviam as tampas para as recravadoras as quais lacram as latas. Os resíduos são perdas de tampas e um pouco de cerveja.

As duas CSW geram os seguintes resíduos:

- Tubo de papelão que embala as tampas
- Filme de papelão que vem em volta dos tubos
- Filme plástico que envolve o pallet
- Tampas (perdas)

As latas são viradas de ponta cabeça para entrar no pasteurizador.

Pasteurizador (120.000 latas / h)

A água de pasteurização não é recirculada. Usa-se sempre água nova.

Do pasteurizador, as latas vão para as inspetoras e na linha há injeção de ar para tirar água do fundo da lata. Em seguida recebem codificação, as latas são desviradas e recebem ar para tirar água da tampa.

Duas Inspetoras

São separadas as latas amassadas e com outros tipos de problemas.

As latas vão para a prensa de alumínio e a cerveja vai para o ralo.

Duas Embaladoras

Embalam as latas em caixas com doze unidades (*twelve pack*).

Utiliza-se adesivo seco e as embalagens *twelve pack*.

- Resíduos:
- Embalagens *Twelve pack* danificadas
 - Caixa de papelão das embalagens
 - Saco papel 25 kg
 - Filme plástico
 - Papel de identificação e amostra da embalagem

Separador de caixas

As caixas passam por um separador de caixas para serem paletizadas.

Paletizadora

Os pallets vão para a paletizadora após passarem por uma escova de limpeza e uma Inspetora de pallets.

Os pallets são montados com 20 caixas por pilhas no total de 11 pilhas.

Envolvedora de pallets

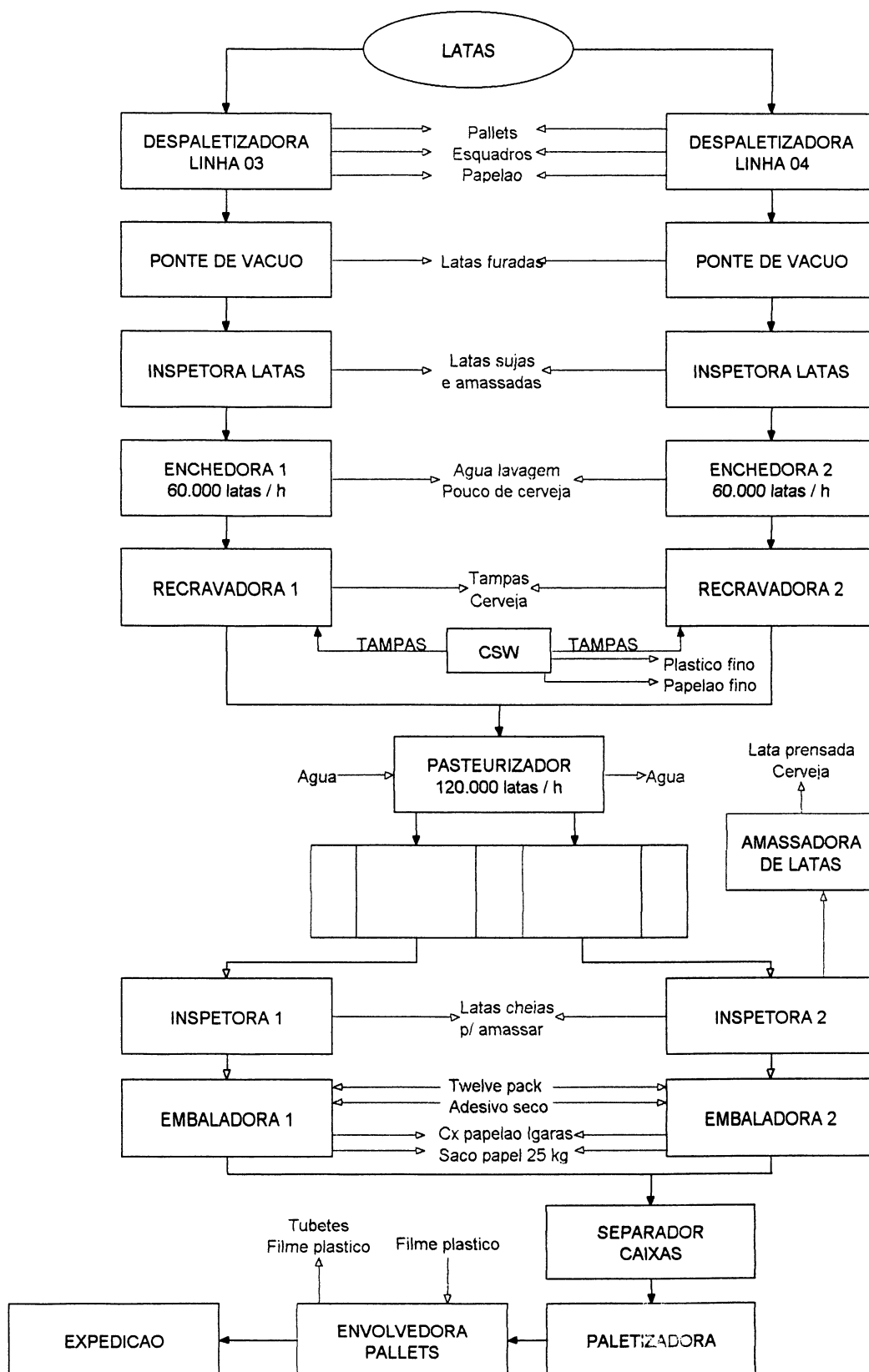
Envolve os pallets com filme plástico (tubetes descartáveis).

- Resíduos:
- Tubetes (sucata de papelão)
 - Filme plástico que envolve os tubetes

Expedição

Os pallets prontos são levados por empilhadeiras até a expedição.

FIGURA 10 – Envasamento de cerveja: Linhas 03/04 (lata 350 mL)



Estação de tratamento de água (ETA)

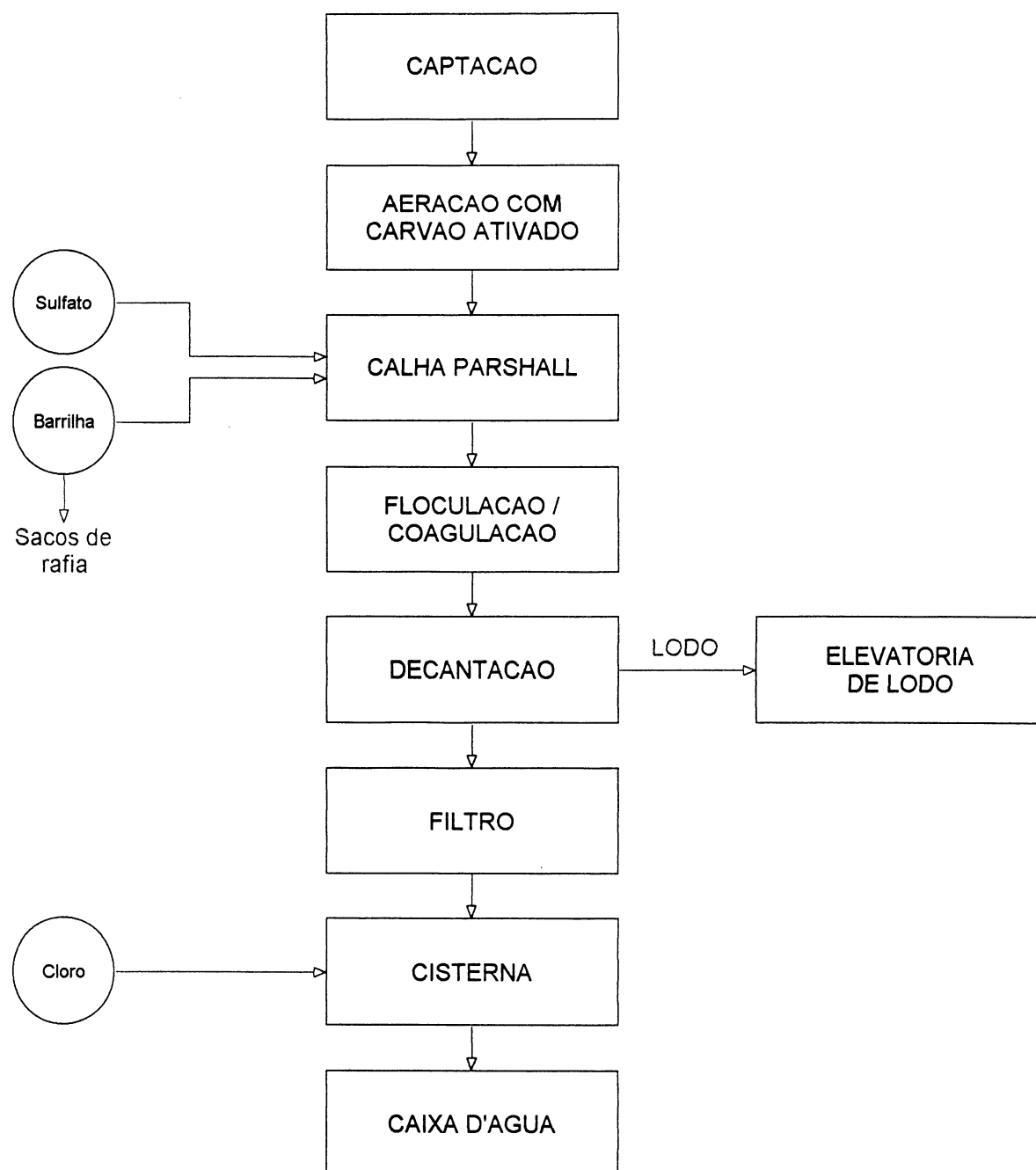
A descrição é feita de acordo com a Figura 11.

A água é captada do rio Tibagi e passa por uma Estação de Tratamento de Água para ser usada em toda a fábrica.

A tubulação da captação joga a água no topo de uma torre composta de três peneiras com carvão ativado. Nesta etapa, consegue-se uma aeração da água e a adsorção de materiais no carvão ativado.

Logo em seguida, a água passa por uma Calha Parshall, onde ocorre a dosagem de sulfato de alumínio (auxiliar de decantação) e de barrilha (correção de pH).

Tem-se, então, a coagulação, a floculação e a decantação em três tanques em série. Nesta última etapa, gera-se a lama de tratamento que é enviada por tubulação para uma elevatória de lodo. Da elevatória, a lama vai para a centrífuga de lodo da ETDI e se une ao lodo biológico para ser seca. É um resíduo rico em alumínio.

FIGURA 11 – Estação de Tratamento de Água

Estação de tratamento de despejos industriais (ETDI)

A descrição do processo de tratamento de despejos industriais seguirá o procedimento ilustrado na Figura 12.

O efluente gerado em toda a área industrial e o esgoto sanitário da fábrica passam primeiramente por uma grade para reter sólidos grosseiros e em seguida por uma caixa de areia para decantar os sólidos da dimensão de grãos de areia.

Então, o efluente é coletado em uma elevatória para ser bombeado para as peneiras estáticas com a finalidade de reter sólidos mais finos, como bagaço de cevada e rótulos.

Terminado o pré-tratamento, inicia-se o tratamento primário no tanque de equalização, que serve para equalizar a vazão, a concentração e o pH. Se a temperatura do efluente estiver acima do valor estabelecido, passa-se pela torre de resfriamento antes da equalização.

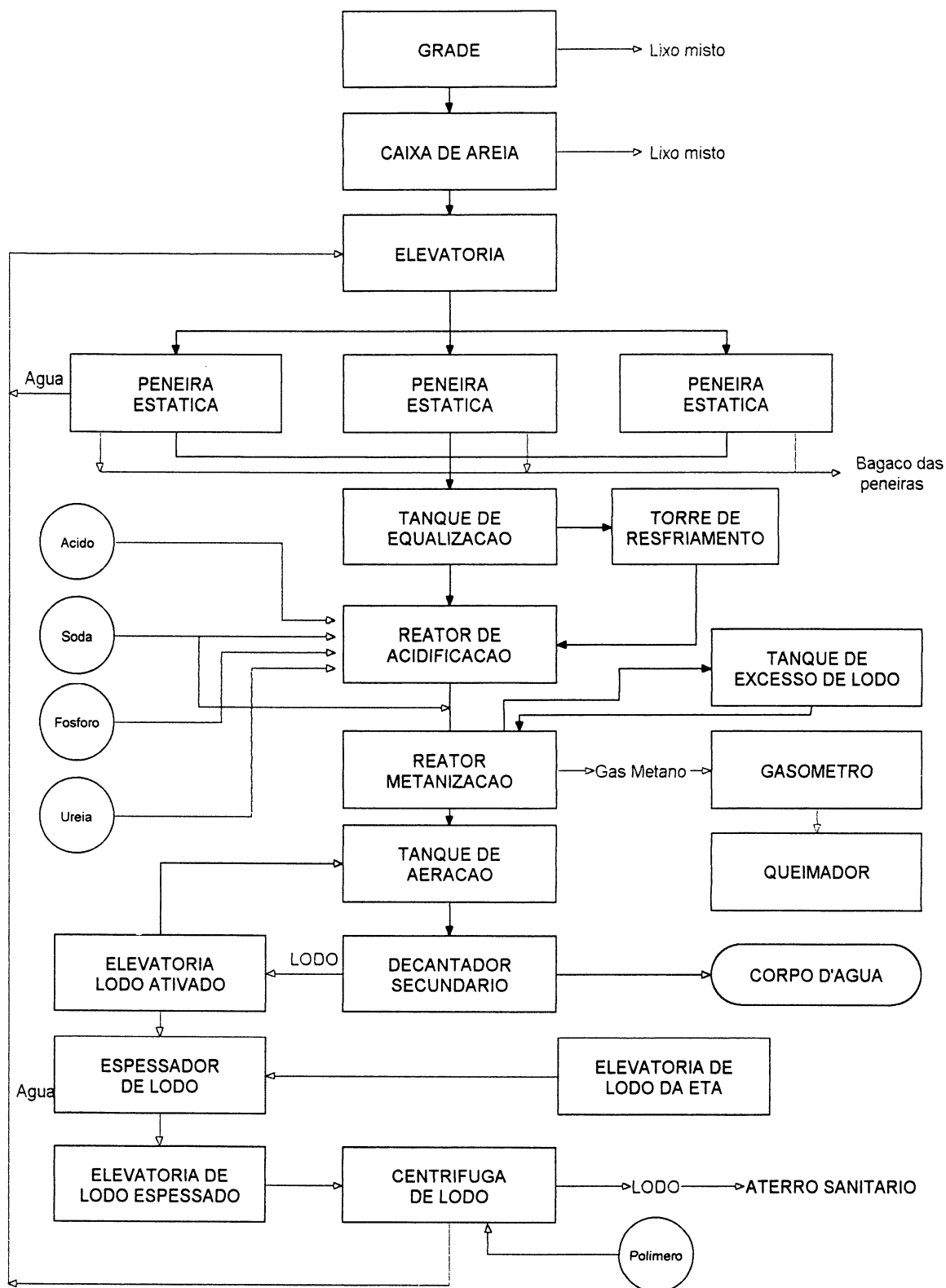
Deste tanque, o efluente segue para o reator de acidificação para ser preparado para o tratamento anaeróbico. Neste tanque, a matéria orgânica inicia a degradação por bactérias anaeróbicas acidogênicas.

Segue-se, então, para o tratamento anaeróbico no reator de metanização, onde a matéria orgânica é degradada por bactérias anaeróbicas, principalmente acetogênicas. O lodo gerado em excesso é enviado para o tanque de excesso de lodo, mas trabalhando em regime normal, praticamente não se gera lodo. O gás metano da fermentação passa por um gasômetro e é queimado.

Inicia-se, logo em seguida, o tratamento aeróbico por lodos ativados que é feito no tanque de aeração em conjunto com o decantador secundário. O excesso de lodo vai para a elevatória de lodo, uma parte retorna para o tanque de aeração e o restante segue para um espessador de lodo, para uma elevatória de lodo espessado e finalmente para a centrífuga de lodo.

O efluente do decantador secundário é descartado em um rio, devidamente tratado.

FIGURA 12 – Estação de Tratamentos de Despejos Industriais



Priorização dos resíduos

Com todos os resíduos levantados, foi preciso elaborar um modelo de priorização² para que fosse possível dirigir os esforços inicialmente aos problemas mais importantes.

Os fatores que foram levados em consideração foram os seguintes:

- Legislação;
- Custos para tratamento do resíduo;
- Riscos potenciais ao meio ambiente e a segurança;
- Quantidade gerada de resíduo;
- Classificação do resíduo;
- Potencial (ou facilidade) de minimização do resíduo;
- Potencial para recuperação de sub produtos com valor agregado;

3.2.1.4 Posição preliminar das opções práticas de minimização

Nesta fase foram selecionados os resíduos mais importantes para serem estudados e estes compreendem:

- Efluentes;
- Levedura;
- Lodo da ETDI;
- Materiais recicláveis;
- Resíduo de trub;
- Borra de rótulos;
- Terra diatomácea;
- Resíduos da videojet;
- Gás metano da ETDI;
- Bagaço das peneiras;
- Resíduo de óleo BPF;

- Bagaço de cevada.

3.2.1.5 Fase de análise de viabilidade

A avaliação da viabilidade técnica para cada resíduo foi feita utilizando as seguintes ferramentas:

- Revisão da literatura;
- Visitas a outras unidades de produção de cerveja e também a empresas em que tinham problemas/resíduos semelhantes;
- Consulta a profissionais especializados em tecnologias de recuperação de resíduos.
- Consulta a fornecedores de equipamentos para recuperação de resíduos.

A análise da viabilidade econômica foi feita com base em cálculos do tempo de retorno do investimento no projeto de minimização do resíduo, que consiste em dividir o valor do investimento em minimização pelo custo mensal do tratamento do resíduo para a empresa. O resultado é o tempo em meses para o investimento se pagar. A partir deste momento, a receita obtida com o resíduo é lucro para a empresa. Esta ferramenta foi aplicada para os resíduos em que foi possível levantar todos os dados necessários tais como: custo de tratamento do resíduo, custo do projeto de minimização e receita ou redução do custo de tratamento com a implementação do projeto.

3.2.1.6 Relatório da avaliação

Efetuada todos os levantamentos, prioridades, viabilidades, legislação aplicável, foi elaborado um relatório para apresentação a empresa das alternativas propostas para minimização dos resíduos estudados.

² O modelo de priorização elaborado é apresentado mais adiante no item 3.2.2

3.2.1.7 Divulgação de informações

O acompanhamento dos projetos implementados possibilitou a divulgação dos resultados do programa de minimização de resíduos para todos os funcionários da fábrica. Os benefícios atingidos foram um incentivo a continuação do programa para o levantamento de novas oportunidades.

3.2.1.8 Reavaliação dos objetivos globais

Os objetivos estabelecidos inicialmente foram mantidos até o término do presente trabalho.

3.2.2 Modelo de priorização

Na Fase 2, Item 2.2, foi necessário elaborar um Modelo de Priorização para que se tivesse informação quanto a seqüência em que os resíduos deveriam ser estudados, cumprindo a etapa de priorização sugerida no método. O modelo elaborado no presente trabalho foi adaptado dos modelos apresentados em "Waste Minimization Opportunity Assessment Manual" e Sistema de Gestão Ambiental (EPA, 1988 & JUNIOR, 1998).

Os sete critérios para compor a Tabela 15 - Lista de Prioridades, foram selecionados considerando os fatores que são relevantes para a empresa em questão (ALFORD, 1987 & ANDRETTA, 2000).

Cada critério recebeu um peso (escala de 1 a 3) de acordo com a sua importância para a empresa e então foi feita a atribuição de valor.

Para a quantificação dos impactos, foram utilizados os mesmos símbolos do QFD (*Quality Function Deployment*), que surgiram do sistema de orientação para apostas em corridas de cavalo no Japão. Através de técnica nominal de grupo, consenso ou votação, chega-se ao número de prioridade. Utiliza-se a série 3ⁿ (ANDRETTA, 2000):

$3^0 = 1$: Probabilidade fraca ou inexistente

$3^1 = 3$: Probabilidade mediana

$3^2 = 9$: Alta probabilidade

Este é uma ferramenta muito utilizada pelas empresas para o levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais na implantação de Sistemas de Gestão Ambiental, justamente por ser prática e fácil de ser implementada. Pode-se perceber que nenhuma atribuição de valor foi feita aleatoriamente, mas sim de acordo com os dados fornecidos pela empresa para cada critério. Dessa forma, dispensa-se a avaliação estatística dos dados.

Foram estabelecidas as faixas limites para a valoração de cada item.

3.2.2.1 Legislação (A)

Este item verifica se a manipulação e a disposição do resíduo estão em conformidade com os requisitos legais.

Valoração:

- 1: Manipulação e disposição do resíduo atendem aos requisitos legais
- 3: Manipulação e disposição conformes, mas com possibilidade de melhoria e adequação a requisitos futuros
- 9: Manipulação ou disposição do resíduo não atende aos requisitos legais ou resíduo está sendo disposto de forma tal que a empresa pode ser responsabilizada pela recuperação da área de disposição futuramente (aterro industrial)

Pela importância deste item, adotou-se peso 2 para a valoração. Assim, prioriza-se os resíduos que têm sua disposição determinada pela Legislação, minimizando os riscos relativos a multas e sanções públicas.

3.2.2.2 Custos para Tratamento do Resíduo (B)

Este critério verifica os custos relacionados a geração, transporte e disposição final dos resíduos.

Valoração:

- 1: Custos menores que R\$ 30.000,00³ ao ano
- 3: Custos entre R\$ 30.000,00 e R\$ 75.000,00 ao ano
- 9: Custos acima de R\$ 75.000,00 ao ano

Atribuído peso 1 para este item.

Priorizam-se os resíduos que geram mais custos a empresa.

3.2.2.3 Riscos Potenciais a Segurança (C)

Este item só é válido para resíduos Classe I⁴ ou Classe II já que trata de riscos à saúde e segurança dos funcionários. Para os resíduos Classe III, a valoração adotada será sempre 1 já que são resíduos inertes.

Valoração:

- 1: Resíduo não entra em contato com funcionários em nenhuma etapa de sua manipulação e acondicionamento.
- 3: Possibilidade de o funcionário entrar em contato com o resíduo
- 9: Necessidade de contato direto do funcionário com o resíduo

Atribuído peso 1 a este item.

³ Cotação do dólar no período do levantamento dos custos (Mai-Jun/2001): US\$ 2,33 = R\$ 1,00

Priorizam-se os resíduos que possam vir a causar danos à segurança e a saúde humana.

3.2.2.4 Quantidade gerada de resíduo (D)

Para se fazer a valoração, foram consideradas as quantidades de resíduos geradas entre Julho de 1.999 e Junho de 2000. Os dados foram retirados dos controles de saída de materiais da unidade.

Valoração:

- 1: Até 700 t/ano de resíduo
- 3: De 700 t até 2.000 t/ano de resíduo
- 9: Mais de 2.000 t/ano de resíduo

Atribuído peso 1 a este item.

Priorizam-se os resíduos gerados em maiores quantidades.

3.2.2.5 Classificação do resíduo (E)

De acordo com a NBR 10005 de Set/87, "Lixiviação de Resíduos - Procedimento" e a NBR 10006 "Solubilização de Resíduos - Procedimento" de Set/87, os resíduos foram analisados por laboratórios competentes e classificados segundo a NBR 10004 de Set/87 "Resíduos Sólidos - Classificação".

Valoração:

- 1: Resíduo Classe III
- 3: Resíduo Classe II
- 9: Resíduo Classe I

Considerando a importância deste item, já que dele também depende a dimensão do impacto causado por determinado resíduo, também foi atribuído peso 2.

Desta forma, prioriza-se os resíduos mais perigosos.

⁴ Classificação ABNT, NBR 10004 - Resíduos Sólidos - Classificação

3.2.2.6 Potencial (ou facilidade) de minimização (F)

Considerando que medidas de minimização que não gerem custos para a empresa são mais fáceis de serem implementadas, considerou-se este item para dar prioridade a estes resíduos.

Valoração:

- 1: Investimento para minimizar o resíduo com tempo de retorno de 1 a 2 anos
- 3: Investimento para minimizar o resíduo com tempo de retorno menor que 1 ano
- 9: Não há necessidade de investimentos

Atribuído peso 1 a este item.

3.2.2.7 Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (G)

Alguns resíduos, se estudados e transformados, podem oferecer retorno financeiro à empresa ou simplesmente fazer com que não se tenha mais custos de geração, tratamento e disposição final. Em uma indústria cervejeira, isso é mais evidente ainda, porque os resíduos têm grande potencial de reaproveitamento.

Valoração:

- 1: A minimização do resíduo fará com que a empresa deixe de ter despesas com o tratamento e a disposição final deste resíduo
- 3: A minimização do resíduo fará com que a empresa consiga uma receita de até R\$ 20.000,00 ao ano com a comercialização do resíduo.
- 9: A minimização do resíduo fará com que a empresa tenha um retorno de mais de R\$ 20.000,00 ao ano com a comercialização do resíduo

Considerando que a receita obtida com a comercialização de um resíduo pode ser revertida para implantação de novos projetos de minimização, adotou-se peso 3

para este item. Dessa forma, prioriza-se a implantação de medidas de minimização que gerem recursos financeiros para a empresa e estes recursos podem ser direcionados para a implantação de outros projetos.

3.2.2.8 Número de Prioridade (N.P.)

A última coluna da Tabela de Prioridades contém o Número de Prioridade (N.P.) que é a somatória dos sete itens anteriores multiplicados pelos seus respectivos pesos.

$$N.P. = A \times P_A + B \times P_B + C \times P_C + D \times P_D + E \times P_E + F \times P_F + G \times P_G \quad \text{Equação 01}$$

Onde:

A: Legislação

B: Custos para tratamento do resíduo

C: Riscos potenciais a segurança

D: Quantidade gerada de resíduo

E: Classificação do resíduo

F: Potencial (ou facilidade) de minimização

G: Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado

N.P.: Número de prioridade

P_A, P_B, P_C, P_D, P_E, P_F, P_G: Pesos atribuídos a cada item

Os resíduos com maiores N.P. são considerados os mais prioritários para serem estudados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 NECESSIDADE RECONHECIDA DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

Em cumprimento ao primeiro requisito do Programa de Minimização de Resíduos, a empresa em que foi realizado o presente trabalho já dispunha de uma política ambiental definida e que é apresentada no Anexo 01.

A política ambiental deixa claro o comprometimento da alta direção da empresa com o meio ambiente. A empresa afirma que segue o princípio de "...otimização dos recursos disponíveis através de adequação tecnológica, melhoria da eficiência em sistemas de controle e eliminação de desperdícios...". Isto é feito por meio de um profissional responsável por práticas ambientais em cada unidade e que se reporta diretamente à gerência de fábrica.

Na previsão anual de orçamentos, a empresa já disponibiliza verbas para a área de meio ambiente. Estes recursos não são para o tratamento de água e efluentes, mas somente para os custos relativos a gestão ambiental e melhorias da área.

Os resíduos que geram custos para a empresa são pagos pela própria área geradora, bem como a receita adquirida com a comercialização de outros resíduos também fica alocada na área geradora.

4.2 PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO

Como já citado no item 3.2.1.1 *Planejamento e Organização*, os objetivos foram estabelecidos em conjunto com a alta administração da empresa, conforme exigência do modelo de Minimização de Resíduos.

4.3 FASE DE AVALIAÇÃO

4.3.1 Dados de produção de cerveja e dos resíduos gerados

A Tabela 05 apresenta os volumes de produção de cerveja nos meses de Julho/1999 a Junho/2000. Este é o período no qual todo o levantamento de geração de resíduos foi realizado e o volume de resíduos varia de acordo com a produção de cerveja.

Tabela 05 – Volumes de produção de cerveja

MESES	L
Julho/99	8.673.000
Agosto/99	13.999.800
Setembro/99	18.231.500
Outubro/99	14.468.900
Novembro/99	18.771.500
Dezembro/99	25.631.700
Janeiro/00	13.862.000
Fevereiro/00	16.214.800
Março/00	12.572.800
Abril/00	13.272.900
Mai/00	14.342.700
Junho/00	8.360.400
TOTAL	178.402.000

Pode-se perceber que, no verão, a produção chega a ser o triplo da produção no inverno, sendo que a média mensal fica em aproximadamente 15.000.000 de litros.

A Tabela 06 mostra os principais resíduos gerados, sua classificação, suas quantidades anuais e os custos atuais para tratamento e disposição final. Os custos apresentados como positivos mostram que o resíduo gera receita para a empresa e os apresentados como negativos mostram que o resíduo gera despesa para a empresa. Alguns resíduos geram receita devido a sua comercialização e foram analisados para verificar as possibilidades de agregar mais valor a estes resíduos.

Tabela 06 – Resíduos gerados

	RESÍDUOS	CUSTO (R\$)	GERAÇÃO ANUAL	CLASSE⁵
1	Efluente	-129.374,28	883.349.000 L	II
2	Levedura	7.308,20	4.152.390 Kg	II
3	Lodo da ETDI	-298.568,33	1.612.140 Kg	I
4	Materiais recicláveis	52.318,24	2.000.416 Kg	III
5	Resíduo de trub	-54.855,00	614.832 Kg	III
6	Borra de rótulos	4.055,21	230.410 Kg	II
7	Terra diatomácea	-30.340,00	2.064.000 Kg	II
8	Resíduos da videojet	-27,11	70 Kg	I
9	Gás metano na ETDI		790.000.000 L	
10	Bagaço das peneiras	-1.560,00	260.000 Kg	II
11	Resíduos de óleo BPF	242,00	4.840 Kg	I
12	Bagaço de cevada	373.496,24	28.824.110 Kg	II

Os doze resíduos estudados compreendem todos os que são gerados na atividade normal de produção de cerveja. Foram excluídos os resíduos gerados em operações de manutenção pela característica de serem esporádicos e pela dificuldade em quantificá-los.

⁵ Conforme norma ABNT - NBR 10.004

Os resíduos recicláveis foram agrupados em Materiais Recicláveis para facilitar o estudo, já que podem ser abordados da mesma forma.

A seguir, é dada uma explicação sobre a geração de cada resíduo e a forma de disposição final.

4.3.1.1 Efluente

A fábrica gera aproximadamente 100.000 L/h de efluente operando 24 horas por dia e 365 dias por ano. Este volume compreende o efluente industrial e o esgoto sanitário. Na Tabela 07, é apresentado o volume mensal de geração de efluente.

O custo anual de tratamento compreende os custos com:

- Produtos químicos
 - Ácido clorídrico
 - Hidróxido de sódio
 - Ácido fosfórico
 - Uréia
 - Anti espumante

- Mão de obra

A contribuição de cada item avaliado para os custos totais é da seguinte forma:

- 61,9%: Produtos químicos
- 38,1%: Mão de obra

O efluente é tratado e descartado em um rio classe II, conforme a resolução CONAMA 20.

Tabela 07- Geração mensal de efluente

	m³	R\$
Julho/99	53.030	8.656,74
Agosto/99	75.793	14.973,48
Setembro/99	85.978	12.163,86
Outubro/99	71.353	9.615,78
Novembro/99	86.853	9.054,54
Dezembro/99	108.827	3.600,00
Janeiro/00	68.031	11.103,82
Fevereiro/00	81.892	11.228,40
Março/00	67.057	15.329,76
Abril/00	67.460	19.515,02
Mai/00	68.054	14.132,88
Junho/00	49.021	
TOTAL	883.349	129.374,28

De acordo com a Tabela 05 e 07, tem-se um índice anual de 4,95 L de efluente gerado / L de cerveja produzida.

O volume de efluente é diretamente proporcional a quantidade de cerveja produzida.

4.3.1.2 Levedura

A levedura de quinta geração é enviada para um tanque de descarte e vendida para uma empresa que a utiliza para fabricação de ração animal. Para que não haja morte de células, o resíduo é mantido refrigerado. Estes custos não foram levantados devido a dificuldade de medição da energia gasta e da amônia para resfriamento. O resíduo possui umidade média de 85% e é vendido por R\$

1,76/tonelada, sendo que o custo de transporte é da empresa compradora do resíduo.

A Tabela 08 ilustra a quantidade de levedura gerada mensalmente na umidade de 85%.

Tabela 08- Geração mensal de levedura

	t	R\$
Julho/99	114,69	201,85
Agosto/99	335,85	591,10
Setembro/99	406,76	715,90
Outubro/99	389,15	684,97
Novembro/99	345,93	608,84
Dezembro/99	566,36	996,79
Janeiro/00	369,35	650,06
Fevereiro/00	402,64	708,65
Março/00	344,78	606,81
Abril/00	349,55	615,21
Mai/00	229,75	404,36
Junho/00	297,54	523,67
TOTAL	4.152,39	7.308,20

De acordo com a Tabela 05 e 08, tem-se um índice anual de 23,29 g de levedura gerada / L de cerveja produzida.

O volume de levedura gerada não é exatamente proporcional ao volume de cerveja produzida, justamente porque a levedura gerada em um mês pode acabar sendo retirada no mês seguinte por caminhões tanques de 25 toneladas. Este fato acaba distorcendo um pouco os dados se forem analisados mês a mês. A análise da geração anual é bem mais próxima do contexto real.

4.3.1.3 Lodo da ETDI

O lodo gerado compreende o lodo biológico do reator aeróbio da ETDI e o lodo dos decantadores da ETA. Seu custo anual compreende:

- 5,4%: Produtos químicos
- 94,6%: Transporte e disposição em aterro industrial classe I

Tabela 09- Geração mensal de lodo

	t	R\$
Julho/99	48,5	8.982,20
Agosto/99	209,52	38.803,10
Setembro/99	188,18	34.850,94
Outubro/99	264,81	49.042,81
Novembro/99	190,12	35.210,22
Dezembro/99	44,62	8.263,62
Janeiro/00	95,06	17.605,11
Fevereiro/00	67,9	12.575,08
Março/00	142,59	26.407,67
Abril/00	214,37	39.701,32
Mai/00	129,01	23.892,65
Junho/00	17,46	3.233,59
TOTAL	1.612,14	298.568,33

De acordo com a Tabela 05 e a 09, tem-se um índice anual de 9,04 g de lodo gerado / L de cerveja produzida.

A geração de lodo depende da forma como o reator aeróbio é operado. Como a qualidade e o volume de efluente variam ao longo dos meses, há também pequenas alterações nas taxas de operação do sistema aeróbio, gerando diferenças nas taxas de geração de lodo.

4.3.1.4 Materiais recicláveis

Os materiais recicláveis compreendem as embalagens de matérias-primas, insumos e produtos, ou seja, papel, papelão, vidro, filme plástico, bombonas plásticas, fitas plásticas, latas e peças metálicas oriundas da manutenção (troca / reparo de equipamentos e peças).

O filme plástico, o papel, as caixas de papelão e as bombonas plásticas são armazenadas em um depósito separado em baias para cada tipo de material e vendidos para indústrias de reciclagem.

O vidro quebrado proveniente da quebra de garrafas é separado por cor (transparente e âmbar), armazenado em caçambas e vendido para uma indústria de reciclagem.

As latas e as peças de ferro e aço carbono são armazenadas em caçambas e vendidas para uma siderurgia.

O aço inox é armazenado em caçambas e vendido para siderurgia também.

As fitas plásticas são armazenadas em caçambas e doadas para uma empresa de reciclagem.

A Tabela 10 mostra as quantidades anuais geradas de cada resíduo reciclável. Não é mostrada a geração mensal, por se tratar de vários resíduos e porque esta informação não iria contribuir significativamente para o estudo.

A quantidade de resíduos de embalagem é proporcional ao volume de produção, a de outros materiais varia de acordo com as manutenções periódicas realizadas.

Não há histórico da geração de fitas plásticas, pois este material é doado, não havendo custo de transporte.

TABELA 10 – Quantidades anuais geradas de cada resíduo reciclável

	Quantidade anual	Receita anual (R\$)
VIDRO QUEBRADO (Kg)	1.821.420	24.224,89
PAPELÃO (kg)	77.898	6.231,84
CAIXA DE PAPELÃO (kg)	24.434	2.199,06
FILME PLÁSTICO (kg)	32.892	5.427,18
BOMBONAS 20 L (un)	70	105,00
BOMBONAS 50 L (un)	733	1.781,17
BOMBONAS 200 L (un)	120	1.200,00
BALDE PLÁSTICO (un)	366	183,00
FERRO/AÇO CARBONO (kg)	16.988	849,40
AÇO INOX (kg)	3.970	1.429,20
LATAS (ALUMÍNIO) (kg)	17.140	8.570,00
ÓLEO LUBRIFICANTE (L)	2.660	117,50
FITAS PLÁSTICAS	-----	-----

4.3.1.5 – Resíduo de trub

Após o cozimento do malte, o mosto gerado vai para um equipamento decantador chamado “Whirlpool”, onde é feita a separação do trub. Este material é separado e disposto em aterro industrial classe II.

A quantificação da geração de trub foi feita da seguinte forma:

- Após a decantação do mosto de uma batelada (145.000 L), o resíduo foi mantido dentro do “Whirlpool”, deixado esfriar e então foi retirado do equipamento em baldes. Estes baldes foram pesados e o resultado foi de 500 kg de trub com umidade de cerca de 80%.
- Isso dá um índice de 0,34 kg de trub / 100 L de cerveja, valor de acordo com o citado pela literatura.

Com base neste índice e na Tabela 05 – Volumes de produção de cerveja, foi construída a Tabela 11 com as quantidades estimadas de geração mensal de trub.

A quantidade de Trub é diretamente proporcional a quantidade de cerveja produzida.

Tabela 11- Geração mensal de trub

	kg
Julho/99	29.907
Agosto/99	47.930
Setembro/99	62.867
Outubro/99	49.893
Novembro/99	64.729
Dezembro/99	88.385
Janeiro/00	47.800
Fevereiro/00	55.913
Março/00	43.354
Abril/00	45.768
Maiio/00	49.457
Junho/00	28.829
TOTAL	614.832

4.3.1.6 Borra de rótulos

A borra de rótulos é um resíduo gerado na lavadora de garrafas. As garrafas que retornam do mercado são lavadas e o rótulo é separado, seco e colocado automaticamente em sacos de 60 kg.

Como as garrafas são lavadas com soda cáustica, este é um resíduo classe II. Este material é vendido para uma fábrica de caixas de papelão.

Tabela 12- Geração mensal de borra de rótulos

	t	R\$
Julho/99	16,01	281,78
Agosto/99	10,04	176,70
Setembro/99	27,38	481,89
Outubro/99	15,57	274,03
Novembro/99	23,18	407,97
Dezembro/99	18,79	330,70
Janeiro/00	16,48	290,05
Fevereiro/00	29,20	513,92
Março/00	35,84	630,78
Abril/00	5,14	90,46
Mai/00	27,15	477,84
Junho/00	5,63	99,09
TOTAL	230,41	4.055,21

A borra de rótulos é comprada por uma empresa do Rio Grande do Sul, que é responsável pela coleta do material. O resíduo pode ficar armazenado na fábrica por vários dias, o que faz com que o índice mensal apresentado tenha uma variação em relação ao que foi produzido no mês, sendo mais confiável o índice anual.

De acordo com a Tabela 05 e a 12, tem-se um índice anual de 1,29 g de borra de rótulos / L de cerveja produzida.

4.3.1.7 Terra diatomácea

A terra diatomácea é usada para filtração da cerveja e em seguida é descartada. É um resíduo rico em sílica, contaminado com leveduras e cerveja. Atualmente é disposto em aterro industrial classe II.

A Tabela 13 ilustra a geração mensal de terra diatomácea. Quando o resíduo é misturado ao bagaço de cevada para ração animal, a geração é zero. Porém, devido às reclamações quanto ao odores estranhos atribuídos à mistura, a decisão foi não mais fazê-lo. Em Junho de 2000, o resíduo foi doado a uma indústria cerâmica em caráter de teste para aproveitamento do material como matéria prima na fabricação de telhas e tijolos.

Tabela 13- Geração mensal de terra diatomácea

	t	R\$
Julho/99	0	0,00
Agosto/99	0	0,00
Setembro/99	0	0,00
Outubro/99	616	1.771,00
Novembro/99	285	5.169,00
Dezembro/99	0	0,00
Janeiro/00	183	3.800,00
Fevereiro/00	180	3.600,00
Março/00	235	4.700,00
Abril/00	265	5.300,00
Mairo/00	300	6.000,00
Junho/00	0	0,00
TOTAL	2.064	30.340,00

De acordo com a Tabela 02 e a 13, tem-se um índice anual de 11,58 g de terra diatomácea / L de cerveja produzida.

4.3.1.8 Resíduos da videojet

Videojet é uma máquina para datar garrafas e latas de cerveja que utiliza frascos de tinta e solvente de 950 mL. Os resíduos gerados são as embalagens contaminadas com os produtos que são tóxicos, a própria tinta que fica nos frascos e a proveniente das operações de limpeza e manutenção das máquinas.

Consumo de Julho/1999 a Junho/2000: 168 frascos de 950 mL.

Frascos (resíduos): 168 unidades

Resíduo de tinta: 7,98 L

4.3.1.9 Gás metano na ETDI

O reator anaeróbio gera gás metano e este gás é queimado em um equipamento chamado *Flare*.

Volume de geração de Junho/1999 a Julho/2000: 790.000 m³ / ano.

Poder calorífico aproximado: 4.500 Kcal / m³ (PAWLOWSKY, 1983)

Índice de geração: 3,20 Kg / 100 L

Esta geração é diretamente proporcional ao volume de efluente gerado e conseqüentemente ao volume de cerveja produzida.

4.3.1.10 Bagaço das peneiras

Este resíduo é segregado nas peneiras estáticas da ETDI. O efluente vem carregado de bagaço de malte proveniente da limpeza dos tanques de cozimento de malte e de filtração. É rico em proteínas e está sendo disposto em aterro industrial.

Quantidade de resíduo de Junho/1999 a Julho/2000: 260.000 kg

Índice anual de geração: 1,46 g de bagaço / L de cerveja produzida

A geração é diretamente proporcional ao volume de cerveja produzida.

4.3.1.11 Resíduo de óleo BPF

As duas caldeiras da fábrica operam com óleo BPF. Quando é feito manutenção nos tanques, é gerado resíduo de óleo que é disposto em aterro industrial classe I.

4.3.1.12 Bagaço de cevada

O bagaço de cevada provém da tina de filtração e compreende a casca do malte utilizado para fabricação. Este material é utilizado como leito filtrante na tina de filtração e depois é descartado no tanque de bagaço. Este resíduo é vendido para ser utilizado como ração animal.

Tabela 14- Geração mensal de bagaço de cevada

	t	R\$
Julho/99	1.479,71	22.195,65
Agosto/99	2.501,01	37.515,15
Setembro/99	3.072,32	41.250,62
Outubro/99	2.560,22	32.002,75
Novembro/99	2.933,08	36.610,82
Dezembro/99	3.116,87	38.961,11
Janeiro/00	2.664,22	33.302,75
Fevereiro/00	2.537,98	31.724,75
Março/00	1.968,98	24.612,25
Abril/00	2.501,28	31.266,00
Mai/00	2.366,23	29.577,88
Junho/00	1.122,21	14.476,51
TOTAL	28.824,11	373.496,24

De acordo com a Tabela 05 e a 14, tem-se um índice anual de 0,16 kg de bagaço de cevada / L de cerveja produzida.

4.3.2 Aplicação do Modelo de Priorização

Conforme o Modelo de Priorização apresentado no item 3.2.2, e os dados apresentados no item 4.3.1, foi construída a Tabela 15 listando os resíduos e sua ordem de priorização. Esta tabela é apresentada na página seguinte.

Tabela 15 - Lista de Prioridades⁶

ORDEM	ATIVIDADE / RESÍDUO	Legislação	Custo p/ tratamento do resíduo	Riscos potenciais a segurança	Quantidade do resíduo	Classe	Facilidade de minimização	Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado	N.P.
1º	Lodo da ETDI	18	9	3	3	18	3	27	81
2º	Resíduos da videojet	18	1	9	1	18	9	3	59
3º	Levedura	2	1	3	9	6	3	27	51
4º	Terra diatomácea	18	3	3	9	6	1	9	49
5º	Resíduo de óleo BPF	18	1	3	1	18	3	3	47
6º	Materiais recicláveis	2	1	1	9	2	3	27	45
7º	Resíduo de trub	6	3	1	1	2	3	27	43
8º	Borra de rótulos	6	1	9	1	6	9	9	41
9º	Efluente	6	9	3	9	6	3	3	39
10º	Bagaço de cevada	2	1	1	9	6	6	9	31
11º	Bagaço das peneiras	6	1	3	1	6	1	9	27
12º	Gás metano na ETDI	2	1	3	3	6	1	9	25

⁶ Os valores para a priorização dos resíduos são apresentados no Anexo 02.

Discussão dos resultados da aplicação do modelo de priorização

A Legislação e a Classificação do resíduo tiveram muita importância nesta priorização, como era o esperado de acordo com os objetivos estabelecidos pela empresa.

A ordem de priorização sugerida pelo método atende ao objetivo principal estabelecido pela empresa que era o atendimento integral a legislação ambiental. A disposição em aterros industriais, apesar de permitido pela legislação, é uma prática que não isenta as empresas da responsabilidade pelo resíduo, já que quando atingida a vida útil desses aterros, todas as empresas que enviavam resíduos para o local, são responsáveis pela remediação desse local. Isso se transforma em um passivo ambiental muito grande, considerando o volume de resíduos que uma cervejaria gera anualmente. (BRASIL, LEI Nº 12493 DE 22/Jan/1999).

Como prioritário para estudo, foi determinado o lodo da ETDI principalmente por ser um resíduo com destinação em aterro, por sua classificação (Classe I), seus custos de tratamento e seu potencial de transformação em um produto com valor agregado. Apesar do custo do projeto para minimização deste resíduo ser alto, o retorno deste investimento é alto, tanto ambiental quanto financeiramente. Transformar este resíduo em produto com valor agregado foi um objetivo claramente definido.

Em segundo lugar, ficou o resíduo da videojet por sua classificação (Classe I), destinação em aterro, riscos a saúde (resíduo tóxico) e facilidade de minimização. Isto também atende a um dos objetivos estabelecidos que era de fornecer segurança a saúde dos funcionários. Este resíduo é o gerado em menor quantidade, mas sua minimização depende somente de boas práticas de fabricação.

Em terceiro lugar ficou a levedura que também foi objetivo estabelecido pela empresa. Sua priorização foi baseada principalmente no seu alto potencial em transformar-se em um produto com valor agregado e sua quantidade gerada.

Implementado este projeto, a receita pode custear os outros projetos de minimização de resíduos.

O quarto lugar dado a terra diatomácea foi devido principalmente a destinação em aterro, quantidade gerada e o potencial para transformá-lo em um produto com valor agregado.

O quinto lugar do óleo BPF foi também por sua destinação em aterro e por ser um resíduo perigoso.

O sexto e o sétimo lugares dados, respectivamente, aos materiais recicláveis e ao trub foram principalmente devido ao potencial de se ter produtos de valor agregado (item de peso 3).

A borra de rótulos, em oitavo lugar, teve sua priorização devido a sua classificação (classe II), facilidade de minimização e potencial para recuperar um produto com valor agregado.

Os itens de maior peso no caso dos efluentes, em nono lugar, foram o custo de tratamento e quantidade gerada.

O bagaço de cevada tem sua priorização em décimo lugar pela quantidade gerada e facilidade de minimização.

O bagaço das peneiras e o gás metano não tiveram pontuação máxima em nenhum item da tabela e ficaram em 11º e 12º, respectivamente.

O modelo de minimização de resíduos utilizado se mostrou totalmente viável para ser aplicado, desde que haja comprometimento da direção da empresa e que esta incentive seus funcionários, mostrando os benefícios que podem ser atingidos com a implantação do programa. É muito importante que o líder da equipe seja uma pessoa da área de meio ambiente e que não seja responsável por nenhum processo produtivo em particular para que não haja favorecimento de uma área específica.

O estabelecimento dos objetivos a serem alcançados logo no início do programa ajuda os funcionários a entenderem como podem contribuir para o sucesso do programa.

A coleta dos dados de geração de resíduos, locais de geração, formas de tratamento e disposição e seus custos é uma das fases mais importantes do programa, porque os cálculos de viabilidade técnica e econômica serão mais confiáveis, quanto mais próximo do real tiver sido a coleta de dados. Se os custos mais importantes não forem contabilizados, pode-se ter um projeto de minimização dado erroneamente como inviável, pelo alto tempo de retorno do investimento.

A metodologia de priorização adotada foi bastante simples e atendeu os objetivos esperados pela empresa. Existem modelos matemáticos de priorização, mas isto implicaria em um levantamento detalhado do custo de geração de cada resíduo considerando custos de bombeamento, armazenagem, manipulação, custos intangíveis como a imagem da empresa entre outros. Esta análise demandaria tempo e mão de obra especializada, o que implicaria em custos. Portanto seria justificável somente se o objetivo deste estudo fosse realizar o cálculo do custo real de cada resíduo gerado. Como o objetivo foi aplicar o modelo de minimização e analisar sua viabilidade, o levantamento dos custos diretos foi suficiente. Considerando os demais custos do resíduo, conseguiria se ter maior viabilidade econômica dos projetos propostos de minimização.

Deve ficar claro para a empresa que a minimização só será feita após o levantamento de todos os resíduos gerados e sua priorização. Isto se deve ao fato que um projeto implementado pode gerar retorno financeiro para viabilizar outros projetos que a princípio pareciam mais prioritários, mas com alto custo de investimento.

4.4 POSIÇÃO PRELIMINAR DAS OPÇÕES

Todos os resíduos identificados nos diagramas de fluxo foram analisados, ou seja, foram priorizados e para cada um foi elaborada uma proposta de

minimização. Não foi necessário o estabelecimento de qual grupo de resíduos seriam estudados primeiramente.

4.5 VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA - PROPOSTAS DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

De acordo com o definido pela Tabela 12, os resíduos foram estudados na sua ordem de prioridade e a seguir são propostas alternativas de minimização para cada um separadamente.

4.5.1 Lodo ETDI

As Tabelas 16 e 17 mostram o laudo de análise de classificação e a Tabela 18 mostra a análise bacteriológica do resíduo.

Tabela 16 - Características do lodo da ETDI⁷

TESTES	RESULTADOS
pH 1:1	8,11
Líquidos Livres	Ausente
Densidade	0,97 g/cm ³
Umidade	76,57%
Matéria Orgânica	12,18%
Odor	Forte
Cor	Preta
Aspecto	Pastoso
TESTE DE LIXIVIAÇÃO	RESULTADOS
pH inicial	8,15
pH final	4,70
Volume de ácido acético 0,5 N	100 mL
Volume total (lixiviado)	2000 mL
Massa	100,00 g
Tempo de análise	24 h

Elaborado por CAVO / CTRI - Central de Tratamento de Resíduos Industriais - Curitiba - Pr

⁷ ABNT: NBR 10004, NBR 10005, NBR 10006

Tabela 17 - Análise de Classificação do lodo da ETDI⁸

	Extrato lixiviado (mg/L)	Limite máximo (mg/L)	Análise de massa (mg/kg)	Limite máximo (mg/kg)
Alumínio	---	---	8.995,05	---
Antimônio	---	---	ND	---
Arsênio	ND	5,0	ND	1000
Bário	ND	100	ND	---
Cádmio	ND	0,5	ND	---
Chumbo	ND	5,0	ND	1000
Cianeto	---	---	0,05	1000
Cobalto	---	---	ND	---
Cobre	ND	---	18,30	---
Cloreto	---	---	2.371,00	---
Cromo total	ND	5,0	31,11	---
Fenol	---	---	13,45	10
Ferro	---	---	662,64	---
Fluoretos	10,50	150	---	---
Magnésio	---	---	118,98	---
Manganês	---	---	90,94	---
Mercúrio	ND	0,1	ND	100
Molibdênio	---	---	ND	---
Níquel	ND	---	16,47	---
Óleos e graxas	---	---	0,23	---
Prata	ND	5,0	ND	---
Selênio	ND	1,0	ND	100
Tálio	---	---	ND	---
Vanádio	---	---	ND	1000
Zinco	9,50	---	166,58	---

Analisando os resultados e comparando com a NBR 10004 ABNT - Resíduos Sólidos, o resíduo "Lodo da ETDI" pode ser classificado como perigoso - Classe I, pois o teor de fenol no resíduo ultrapassa o limite especificado pela norma.

⁸ ABNT: NBR 10004, NBR 10005, NBR 10006

Tabela 18 - Análise Bacteriológica do lodo da ETDI

IDENTIFICAÇÃO	RESULTADOS
Total de bactérias	> 10.000 / mL
Coliformes totais	> 240 / 100 mL
Coliformes fecais	> 240 / 100 mL

Foram identificadas *Klebsiella* sp, *Citrobacter freundii* e *Edwardsiella tarda*, bactérias normalmente associadas a infecções em humanos.

Processo de compostagem

As análises apresentadas nas Tabelas 16, 17 e 18, indicam que o lodo da ETDI é rico em matéria orgânica, e também pode ser potencialmente danoso ao meio ambiente. Por outro lado, o lodo possui características bastante interessantes para aplicação na agricultura.

Uma alternativa de minimização seria fazer a compostagem do material e transformá-lo em fertilizante orgânico. Neste processo, o material passa a ser Classe III - inerte e tem excelente aplicação principalmente no Estado do Paraná que é predominantemente agrícola.

Dessa maneira, pode-se transformar um resíduo classe I com necessidade de destino especial a um alto custo, para um produto classe III, com valor agregado e amplamente procurado no mercado.

Na Tabela 16, pode-se ver que o resíduo tem pH próximo ao neutro, o que é excelente para a compostagem. A umidade de quase 80% mostra que o custo de quase R\$ 300.000,00 ao ano é para transportar e dispor quase que totalmente água. Sem essa umidade, o custo seria de R\$ 60.000,00 ao ano, que é a parcela relativa ao lodo.

Na Tabela 17, o resíduo é classificado como Classe I, devido ao alto teor de fenol. O alto teor de alumínio provém do sulfato de alumínio usado na Estação de Tratamento de Água para decantação e o alto teor de cloreto é proveniente de produtos químicos clorados usados em várias operações de limpeza. Estes dois últimos produtos não são considerados agravantes para o processo de compostagem. O fenol, que é um composto tóxico, foi identificado ser proveniente de um produto usado no controle de algas do pasteurizador. Este produto poderá ser substituído para minimizar este problema.

O método da compostagem proposto é o da aeração forçada em pilhas estáticas.

Viabilidade econômica⁹

Custo do Projeto de Compostagem:	R\$ 156.256,46
Custo mensal de destinação em aterro:	R\$ 24.880,69
Tempo de retorno do investimento:	6,3 meses
Tempo de construção da planta:	4 meses

A implantação da compostagem como forma de reaproveitamento do lodo evitaria a disposição de 1.600 toneladas anuais deste resíduo em aterros industriais, considerando somente a cervejaria em questão. Extrapolando este valor para o mercado nacional de cerveja, teremos uma redução em torno de 70.000 toneladas anuais. Este projeto pode ser aplicado a qualquer lodo gerado em sistemas biológicos de tratamento de efluentes, desde que o resíduo não contenha poluentes tóxicos ou outros interferentes que impeçam a compostagem do material. Seria necessário um estudo específico para cada caso.

⁹ O projeto detalhado do sistema de compostagem é apresentado no Anexo 03.

Esta proposta foi prontamente aceita pela direção da empresa e foi estabelecida uma parceria com a Fazenda Escola da Universidade local para a construção da planta de compostagem que será financiada pela cervejaria. A fazenda usará o composto orgânico em estudos efetuados pelos alunos do curso de Agronomia e comercializará o excedente para gerar receita para criar um centro de estudos em adubação orgânica.

4.5.2 Resíduos Videojet

Cada frasco (950 mL) de tinta é colocado diretamente na máquina datadora que através de uma mangueira, succiona a tinta. Quando a tinta termina, soa o alarme da máquina, o frasco é trocado e descartado como resíduo.

Quando a máquina solicita a reposição do frasco, tem cerca de 5% de tinta ainda no frasco, quase 50 mL. Esta ação é controlada pelo sensor de nível.

Uma alternativa de minimização seria regular o sensor de nível no frasco para que se retire o máximo possível de tinta. Isto foi realizado internamente pelos técnicos especializados na manutenção destas máquinas e apresentou o resultado esperado.

O custo da tinta é R\$ 208,40 por frasco. O consumo anual durante o desenvolvimento do trabalho foi de 168 frascos. Uma economia de 5% significa uma economia de 8,4 frascos de tinta, ou seja, R\$ 1.750,00 por ano. O maior ganho seria ter os frascos com o mínimo possível de tinta para poder destiná-los a outro fim.

Com relação aos frascos, seria possível destiná-los ao Programa Terra Limpa promovido pela EMATER. O objetivo do programa é recolher as embalagens de agrotóxicos dos produtores e destiná-las a reciclagem para a produção de conduítes elétricos.

O único custo da empresa seria o transporte deste material até um dos locais de coleta de embalagens que situa-se a 2 km da empresa.

Com esta ação, haveria a transformação de um resíduo Classe I para um produto com valor agregado e evitaria a disposição do material (resíduo de solvente, de tinta a base de solvente e frascos plásticos) em aterros industriais.

4.5.3 Levedura cervejeira

Atualmente a levedura é comercializada com cerca de 85% de umidade e é destinada para ração animal.

São propostas duas alternativas para a minimização deste resíduo.

Secagem de levedura

Uma alternativa seria fazer a secagem da levedura até cerca de 5% para agregar valor ao material, pois pode-se comercializá-la na própria região para alimentação animal.

Para se secar a levedura, pode-se usar vários tipos de equipamentos desde um sofisticado *spray-drier* até um simples secador de rolo. Como a quantidade gerada na cervejaria em questão é baixa, a aquisição de um *spray-drier* poderia ser considerada inviável em relação aos outros tipos de equipamentos disponíveis.

A seguir são apresentadas duas propostas para a secagem da levedura.

Projeto 01: Spray Dryer

Tabela 19 – Dados para secagem da levedura¹⁰

PROCESSO ATUAL	
Geração anual de levedura	4.152,39 t
Matéria seca	17,93%
Quantidade de matéria seca	744,52 t/ano
Quantidade de água	3.407,87 t/ano
Preço médio de venda	R\$ 1,76
Receita anual	R\$ 7.308,20
PROJETO PROPOSTO	
Quantidade a 6% umidade	781,19 t/ano
Preço de venda	R\$ 700,00/t
Receita anual	R\$ 552.436,46
Custo Spray Dryer	R\$ 618.000,00
Tempo de retorno	13 meses

A Tabela 19 compara os custos e receitas do processo atual e projeto proposto. Pode-se passar de uma receita anual de cerca de R\$ 3.400,00 para cerca de R\$ 520.000,00 com tempo de retorno de 13 meses.

Projeto 02: Parceria para a secagem da levedura

Outra possibilidade levantada, seria a parceria com mais duas empresas para se fazer a secagem da levedura.

Uma parceira seria uma empresa fabricante de equipamentos de secagem. Esta empresa instala o equipamento dentro da cervejaria aos seus custos.

¹⁰ Dados do projeto no Anexo 04

Outra parceira seria uma empresa que comercializa/exporta levedura seca. Sua responsabilidade é de registrar o produto no Ministério da Saúde, de fornecer as sacarias para o produto, fornecer o equipamento para ensacamento e comercializar o produto.

A cervejaria fornece um funcionário para operar o equipamento de secagem, disponibiliza vapor, energia elétrica, água e espaço para armazenamento do produto. A maior contribuição da cervejaria, é claro, seria a matéria-prima, ou seja, a levedura úmida.

A proposta é de se dividir em três partes a receita obtida com a venda do produto.

Dessa forma, a cervejaria não teria que investir na aquisição do equipamento, mas sua receita seria um terço da receita do primeiro projeto proposto, ou seja, em torno de R\$ 180.000,00 contra os R\$ 3.400,00 atuais.

Esta proposta foi considerada viável e pode ser implementada a médio prazo, após a implementação dos projetos para evitar a destinação em aterro industrial de outros resíduos.

4.5.4 Terra diatomácea

A dosagem média de terra diatomácea para filtração é de 0,075 kg/100 L de cerveja.

A Tabela 20 mostra a composição do produto antes de ser usado.

Tabela 20 – Composição da terra diatomácea antes de ser usada

	TERRA GROSSA	TERRA MÉDIA	TERRA FINA
SiO₂ (%)	89.6	91	89
Al₂O₃ (%)	4	4	3.3
Fe₂O₃ (%)	1.3	1.3	1.4
Na₂O + K₂O (%)	3.3	1.1	1.0
CaO (%)	0.5	0.5	0.8
MgO (%)	0.6	0.6	0.6
P₂O₅ (%)	0.2	0.2	0.3
TiO₂ (%)	0.2	0.2	0.2
Ferro (ppm)	< 350	-----	-----
Granulometria (milidarcy)	> 500	100 - 500	< 100

A Tabela 20 mostra que esta -prima é composta de 90% de sílica e 10% de uma mistura de óxidos.

Após a realização da filtração, o produto é retirado do tanque por meio de enxágüe e enviado para o tanque de descarte de terra diatomácea, de onde é levado para aterro industrial. O resíduo é composto de 30% de terra diatomácea e 70% de água. Também faz parte da composição deste resíduo, toda a levedura morta que fica retida no filtro. Isto torna este material rico em matéria orgânica.

Alternativas para recuperação do resíduo

Serão apresentados a seguir três alternativas para recuperação da terra diatomácea. No caso das duas primeiras alternativas, a primeira ação a se tomar, é melhorar a armazenagem do resíduo para que se possa separar melhor a água da terra, diminuindo assim a umidade do resíduo a ser transportado. Um problema, na cervejaria em questão, é que a retirada do resíduo é feita por meio

de uma válvula borboleta de 4 polegadas, o que acaba gerando entupimento se for deixado o material decantar para reduzir a umidade. Pelos estudos feitos em laboratório, uma válvula de 8 polegadas irá melhorar a retirada do material. O tanque possui um sistema de aeração em seu cone para homogeneizar o material e reduzir os riscos de endurecimento da terra.

O investimento para esta alteração não foi levantado, porque pode ser feito internamente pelo setor de manutenção e existem tubulações que podem ser utilizadas.

1 Fabricação de telhas e tijolos

Por ser um resíduo rico em sílica, o resíduo pode ser usado como matéria prima na fabricação de telhas e tijolos de alta qualidade. Foram realizados testes em escala piloto com uma indústria cerâmica da região e os tijolos resultantes apresentaram resistência mecânica superior aos tijolos convencionais, além de uma excelente aparência.

Neste caso, para se viabilizar o projeto, terá que se realizar um acordo de parceria com uma indústria cerâmica perto da fábrica de cerveja e doar o material para a fabricação de tijolos, já que o custo de matéria-prima destas empresas é muito baixo. O ganho seria a destinação ambientalmente amigável do resíduo, além de se eliminar os custos com a destinação em aterro industrial, cerca de R\$ 30.000,00 ao ano.

A empresa cerâmica que realizou os testes, faz o acordo de parceria e busca o material na cervejaria, desde que este esteja com uma umidade tal que possibilite seu transporte em caminhão caçamba. Para isso, tem-se que investir na melhoria do tanque.

2 Recuperação por calcinação

Esta técnica permite a regeneração do material por meio da calcinação do mesmo. Toda a matéria orgânica e a umidade presentes são eliminadas neste processo e o material pode ser reutilizado para a mesma finalidade.

No Brasil, existe uma empresa em São José do Campos que recebe e recupera este material a um custo determinado. O que seria mais dispendioso seria o frete para levar o material até lá, já que a umidade média é de 70%. Isso tornou esta proposta inviável economicamente.

3 Utilização do resíduo para irrigação do gramado da fábrica

Como o resíduo é rico em matéria orgânica e minerais, uma alternativa é utilizá-lo para irrigação do gramado da fábrica. Foram realizados testes em várias partes do gramado e o resultado foi surpreendente com relação a recuperação da grama que estava quase completamente seca devido a geadas e ao próprio solo bastante pobre da região.

Como toda a fábrica possui um sistema de tubulações enterradas para irrigação do gramado, uma possibilidade é construir uma tubulação da saída do tanque de descarte de terra diatomácea até o ponto de alimentação do sistema de irrigação. Dessa forma, não haverá o custo da irrigação com água tratada, será reduzido o custo com adubos e fertilizantes e será dado um destino mais nobre ao resíduo.

Não se terão problemas quanto a incrustação ou corrosão de tubulações, pois no sistema atual, esta terra é preparada em um tanque e enviada por tubulação até os filtros, não gerando qualquer tipo de problema nas bombas e tubulações.

A economia anual com este projeto é de cerca de R\$ 30.000,00 ao ano, que é o custo com o tratamento do resíduo.

Esta proposta foi facilmente implementada e os resultados foram positivos como era esperado. Utiliza-se um pequeno trator com um tanque de 1000 L e um dispositivo de irrigação para adubar o gramado.

Em todos os casos apresentados, o reaproveitamento da terra diatomácea evita a disposição de 140 toneladas anuais deste resíduo em aterros industriais, considerando somente a cervejaria em questão. Extrapolando este valor para o nível nacional do mercado de cerveja, teremos

uma redução em torno de 6.000 toneladas anuais. Além das cervejarias, muitas fábricas de bebidas utilizam a terra diatomácea para filtração.

4.5.5 Resíduo de óleo BPF

Este resíduo é proveniente das operações de limpeza das caldeiras ou tanques de óleo e eventualmente de alguma manutenção realizada nos dois tanques de óleo e suas tubulações. Não se encontrou nenhuma alternativa para seu reaproveitamento, sendo que as únicas opções de disposição são a incineração ou o aterro industrial, o que dentro da hierarquia de minimização de resíduos, se caracteriza em Disposição Final, a última opção.

A melhor opção seria a adaptação das caldeiras a óleo para caldeiras a gás, aproveitando a tubulação de gás natural que passa na frente da fábrica.

A Tabela 21 compara a emissão de gases pelas caldeiras a óleo e a gás natural, mostrando o ganho ambiental que se tem ao usar gás natural. Outro ganho, seria a não geração de resíduo de óleo. Segundo empresas fornecedoras de caldeiras, o custo de operação dos dois tipos de caldeiras é compatível.

Tabela 21 – Comparação das caldeiras a óleo e a gás natural¹¹

GERAÇÃO DE VAPOR		
SISTEMA	Caldeira	Caldeira
COMBUSTÍVEL	Óleo	Gás Natural
CAPACIDADE (t/h)	31 x 41,5	31 x 41,5
GERAÇÃO TOTAL X 10⁶ (t/ano)	9,48	9,48
NOx (t/h)	3.300	1.600
Sox (t/h)	13.500	0
PARTICULADOS (t/h)	1.700	-----
CO₂ (t/h)	1.890.000	930.000

A Tabela 21 mostra que a caldeira a gás gera uma redução de 50% na emissão de NOx, a eliminação da emissão de SOx e de compostos particulados. Tem-se, também, a redução de 50% na emissão de CO₂, o que concorda com o acordo mundial para minimizar o aquecimento global.

As duas caldeiras da fábrica foram adaptadas para gás natural, eliminando portanto este resíduo.

4.5.6 Materiais recicláveis

Os materiais recicláveis gerados são provenientes dos setores de produção, envasamento e manutenção. Todos são adequadamente segregados e armazenados em local apropriado para serem vendidos para reciclagem.

Uma proposta é de estender este processo aos escritórios do setor administrativo, de produção, de envasamento, de manutenção, de controle de qualidade, de logística, restaurante e ao bar interno a fábrica, onde se realizam as confraternizações dos funcionários e visitantes. Os resíduos dos escritórios e

¹¹ FONTE: EnergyWorks do Brasil (fabricante de caldeiras industriais)

do restaurante são na sua maioria papel e copos plásticos. No bar, o grande volume é de latas de alumínio e um pouco de copos plásticos e papel.

Não se têm informações da quantidade gerada desses materiais, mas, com certeza, o retorno econômico será positivo, já que investimento será em coletores seletivos espalhados pela fábrica e treinamento dos funcionários, que pode ser dado pelo setor de meio ambiente da fábrica.

A proposta foi prontamente aceita pela gerência da fábrica e foi implantada, minimizando mais uma vez, a quantidade de resíduo destinado em aterro.

4.5.7 Resíduo de trub

O resíduo de trub apresenta a composição média mostrada na Tabela 22.

TABELA 22 - Composição média do TRUB¹²

Componente	Quantidade (%)
Proteínas	50 - 60
Polifenóis (tanino)	15 - 30
Substâncias amargas	15 - 20
Substâncias minerais	3 - 30
Carboidratos	1 - 10
Metais e ácidos graxos	traços

Uma alternativa é armazenar este resíduo em um tanque e vendê-lo para utilização em ração animal, como é feito com o bagaço de cevada.

A cervejaria tem um tanque de 10.000 L na área de descarte que está inativo e bem próximo do “Whirpool”, onde é gerado o resíduo. A tubulação até o tanque já existe e o que teria que ser feito é uma adaptação a partir da tubulação de saída do “Whirpool”.

Considerando o preço atual de venda do bagaço de cevada, ter-se-á uma receita anual em torno de R\$ 8.000,00 com a venda do trub.

Outra vantagem será uma considerável redução da carga orgânica bruta na ETDI, minimizando os custos de tratamento de efluentes.

Esta proposta foi colocada no orçamento da manutenção para o ano de 2002.

4.5.8 Borra de rótulos

A borra de rótulos é um resíduo com destino adequado sendo vendido para a manufatura de caixas de papelão. Uma alternativa é juntar a esse resíduo, os rótulos que, por algum problema, não foram aproveitados na máquina rotuladora de garrafas. São rótulos amassados e rasgados principalmente em virtude de problemas mecânicos durante a rotulagem. A empresa não vende estes rótulos juntamente com o resíduo de papel, para evitar que este material saia inteiro da fábrica e seja usado para outros fins. Todo o material gerado é misturado as cinzas de caldeira e enviado para aterro industrial.

Juntando este material na rosca de secagem da saída da lavadora de garrafas, os rótulos serão desfigurados e poderão ser vendidos também.

É uma aplicação muito mais nobre, de acordo com a hierarquia de gerenciamento de resíduos e ainda transforma um custo em uma receita e evita a disposição de mais um resíduo em aterro, estando de acordo com os objetivos pré estabelecidos.

Por meio de orientação e treinamento dos operadores das rotuladoras, esta rotina foi implementada e eliminou a destinação do rótulo em aterro.

¹² Quantidade gerada: 1 Kg / 100 litros de cerveja. Fonte: PAWLOWSKY, 1996.

4.5.9 Efluente

Uma proposta para o efluente gerado é aproveitá-lo para irrigação de todo o jardim da fábrica, como é feito em uma unidade da empresa que fica situada no Ceará. Já que a fábrica possui todo o sistema de irrigação instalado. A implementação depende de trocar os pontos de alimentação de água para alimentação com efluente.

Os maiores ganhos ambientais deste sistema são minimizar o consumo de água tratada e o não descarte de efluente nos cursos d'água. Com a nova legislação (federal e estadual) sobre recursos hídricos, as empresas terão que pagar uma taxa por volume para captar água do rio e outra para descartar efluente no rio. Quanto melhor a qualidade do efluente descartado e quanto menores os volumes, menores serão as taxas cobradas (BRASIL, LEI Nº 9433 de 08/Jan/1997).

O estado do Ceará já trabalha com a cobrança destas taxas há anos e as empresas estão investindo para trabalhar em circuito fechado, pois os custos de captação de água e descarte de efluentes são muito altos.

Não há necessidade de investimento, além da tubulação de efluente para alimentar o sistema de irrigação. O retorno é da economia de água tratada para irrigação e da economia de fertilizantes, já que o efluente contém matéria orgânica.

Esta proposta será analisada após o término da manutenção em toda a rede de galeria pluvial e de efluentes da fábrica.

4.5.10 Bagaço de cevada

O bagaço de cevada é totalmente vendido para ração animal a uma única empresa da região que retira o resíduo de dentro da cervejaria. No verão, época de alta produção, este material tem que ser retirado diariamente, pois a capacidade do tanque de descarte é de 150 t. Se este material não for retirado,

como já aconteceu, a produção tem que parar, pois não se tem onde descartar o resíduo.

Uma alternativa é transformar o bagaço em “pellets” e assim poder armazená-lo em um depósito. Agrega valor ao material e poderá disponibilizar mais produto durante o inverno que é a época em que o mercado mais procura este produto devido a carência de pasto.

O investimento para a aquisição do equipamento de “pelletização” não foi mensurado. Seria necessário fazer uma análise aprofundada de custo benefício, considerando inclusive a minimização do risco de parada de produção pela não retirada de bagaço.

Quanto aos ganhos ambientais, fica difícil a mensuração porque atualmente o resíduo já é reaproveitado.

4.5.11 Bagaço das peneiras

A proposta de minimização para o bagaço das peneiras é de juntá-lo ao lodo da ETDI para fazer a compostagem. Este resíduo irá ajudar a minimizar o tempo de retorno do investimento no processo de compostagem e deixará de ser disposto em aterro.

Como o projeto de compostagem foi aprovado, este resíduo também não será mais destinado em aterro.

4.5.12 Gás metano na ETDI

O biogás do reator anaeróbio é um excelente combustível, mas tem que ser purificado previamente (separação do gás metano) para seu uso posterior para gerar energia.

Foi chamada uma empresa alemã especializada em equipamentos para o aproveitamento do metano como combustível. A proposta é armazená-lo, purificá-lo e utilizá-lo para que a ETDI se torne auto-sustentável em termos

energéticos. Analisando a carga orgânica de entrada no reator anaeróbio da cervejaria, segundo a empresa alemã, o valor estimado do projeto ficaria em torno de R\$ 2.000.000,00.

A cervejaria gera anualmente:

Volume de Biogás: 790.000 m³/ano

Poder calorífico: 4.500 Kcal/m³ (PAWLOWSKY, 1983)

Para analisar a viabilidade econômica do projeto apresentado, foi realizado o levantamento do consumo de óleo BPF pelas caldeiras, que é apresentado na Tabela 23.

TABELA 23 – Consumo de óleo BPF

	Kg	R\$
Julho/99	336.170	R\$ 101.187,17
Agosto/99	555.630	R\$ 167.244,63
Setembro/99	529.750	R\$ 159.454,75
Outubro/99	462.350	R\$ 139.167,35
Novembro/99	558.220	R\$ 168.024,22
Dezembro/99	611.960	R\$ 184.199,96
Janeiro/00	448.420	R\$ 134.974,42
Fevereiro/00	499.860	R\$ 150.457,86
Março/00	399.080	R\$ 120.123,08
Abril/00	463.930	R\$ 139.642,93
Maio/00	448.360	R\$ 134.956,36
Junho/00	392.100	R\$ 118.022,10
TOTAL	5.705.830	R\$ 1.717.454,83

Comparando em termos caloríficos, tem-se que **1 m³ de biogás** equivale a **0,5 Kg de óleo BPF** (PAWLOWSKY, 1983).

Como mostrado na Tabela 23, o consumo anual de óleo BPF é de **5.741.324 Kg**, dando um índice de **3,20 Kg / 100 L** de cerveja.

Analizando os dados apresentados, a implantação do projeto de recuperação de biogás resultaria na seguinte situação:

Economia de óleo BPF:	395.000 kg/ano (0,5 Kg BPF/1 m ³ biogás)
% de economia:	6,9%
Economia financeira:	R\$ 118.895,00 / ano
Tempo de retorno do investimento:	16,8 anos

Nas condições atuais, este projeto é economicamente inviável, pelo alto tempo de retorno do investimento. Outro fato é que a legislação brasileira permite a queima do biogás em equipamentos como o “Flare”, como é feito atualmente pela empresa.

Na Europa e principalmente na Alemanha, existem várias plantas de recuperação do gás metano, mas a diferença é que as fontes de energia nestes países são bem mais escassas e conseqüentemente de alto custo.

4.6 Discussão dos objetivos definidos para a aplicação do modelo

4.6.1 Atendimento integral à legislação ambiental

Este objetivo inclui a minimização da destinação de resíduos em aterro industrial. As propostas feitas evitam a disposição em aterro do lodo da ETDI, do resto de tinta da videojet, da terra diatomácea, dos materiais recicláveis, da borra de rótulos, do bagaço das peneiras e do trub. Os demais resíduos já não eram dispostos em aterro.

Pode-se afirmar que este objetivo foi alcançado, já que a maioria das propostas feitas está em fase de implementação ou já foi implementada.

4.6.2 Maior segurança aos funcionários

Os únicos resíduos considerados perigosos (Classe I) são os resíduos da videojet, os resíduos de óleo BPF e o lodo da ETDI. Foi eliminada a perda de tinta no frasco videojet, foram eliminadas as caldeiras a óleo e o lodo foi destinado a compostagem, conferindo assim maior segurança aos funcionários.

4.6.3 Destinação mais nobre do lodo da ETDI

A compostagem do lodo atende exatamente o objetivo estabelecido.

4.6.4 Diminuir a carga orgânica da ETDI

A proposta feita para atender este objetivo foi destinar o resíduo de trub para ração animal e evitar assim o tratamento na ETDI. A curto prazo, este objetivo poderá ser alcançado, como já apresentado (a proposta foi incorporada ao planejamento da manutenção).

4.6.5 Melhorar a destinação da terra diatomácea

O objetivo foi alcançado com a utilização da terra diatomácea para irrigação do gramado.

4.6.6 Agregar valor ao bagaço de cevada

Este objetivo não pode ser alcançado, pois não se encontrou tecnologias disponíveis para a transformação deste resíduo em 'pellets'.

4.6.7 Secagem da levedura

Este objetivo pode ser alcançado a médio prazo com a proposta de parceria para a secagem do resíduo.

4.6.8 Minimizar as perdas de materiais recicláveis

Implantada coleta seletiva em toda a extensão da fábrica, eliminando/reduzindo a destinação destes materiais em aterros.

4.6.9 Reaproveitamento do gás metano

Apresentada proposta para recuperação do gás metano e utilização como fonte de energia, mas foi considerada inviável economicamente.

4.6.10 Projeções

Dos nove objetivos estabelecidos, cinco (56%) foram alcançados, dois (22%) foram planejados para serem atingidos a médio prazo, um (11%) pode ser alcançado a longo prazo e um foi considerado inviável.

É um resultado extremamente positivo, tendo em vista que em um curto espaço de tempo (1 ano), mais da metade dos objetivos traçados foi alcançado.

A aplicação da metodologia trouxe benefícios ambientais e ganhos de capital para a empresa, sendo o resultado esperado neste estudo.

O lodo da ETDI, a terra diatomácea, os materiais recicláveis e a borra de rótulos, após a implementação das medidas propostas, estão sendo aproveitados em outros processos como matéria-prima e o resíduo da Videojet e o óleo BPF não são mais gerados.

A levedura, o resíduo de trub e o efluente, após a implementação das medidas propostas, serão aproveitados em outros processos.

O bagaço de cevada continua sendo gerado da mesma forma, mas é um produto com alto valor agregado, não sendo disposto como resíduo.

O gás metano da ETDI continua sendo gerado na mesma quantidade, já que a proposta de minimização foi considerada inviável.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

A metodologia é simples de ser implementada e com uma equipe multifuncional, o trabalho pode ser realizado em um curto espaço de tempo. Considerando que a empresa tenha um bom inventário de geração e custo de seus resíduos, que as pessoas envolvidas já tenham um bom conhecimento do processo produtivo e da metodologia de minimização e os objetivos estejam bem estabelecidos, estima-se um tempo em torno de três meses para a execução de toda a análise em uma indústria de médio porte. Não havendo inventários dos resíduos, a equipe teria que despender alguns meses na mensuração das quantidades geradas até se ter um histórico confiável que leve em conta as sazonalidades da produção. Sem isso, seria impraticável seguir adiante, pois não se teria como determinar as melhores alternativas de minimização ou recuperação dos resíduos e calcular o retorno financeiro das propostas. Na sequência do programa, a implantação dos projetos propostos dependerá da disponibilidade de capital da empresa.

Neste estudo, o projeto apresentado para a compostagem do lodo foi aprovado pela cervejaria e está no término da construção da planta de compostagem. Quando o sistema estiver em pleno funcionamento com todos os parâmetros de temperatura, tempo de aeração, umidade e qualidade do composto final acertados, o bagaço das peneiras será introduzido também para a compostagem.

A máquina Videojet teve seus sensores ajustados, o que reduziu quase que completamente a perda de tinta na reposição dos frascos. Quanto ao destino ao Programa Terra Limpa, foram exigidas algumas análises do resíduo

de tinta que fica no frasco para verificar se as embalagens poderão ser aceitas para reciclagem. Estas análises estão em andamento.

Com relação à levedura, a proposta que mais atraiu a direção da empresa foi a de estabelecer uma parceria para a secagem do sub-produto. O projeto está em andamento e tem chance de ser implementado a médio prazo. A prioridade da empresa está em trabalhar com os resíduos que estão sendo dispostos em aterros industriais.

A terra diatomácea está sendo usada para irrigação do gramado, que foi uma das alternativas propostas. Já houve uma recuperação significativa do jardim e não há problemas quanto a proliferação de insetos ou emissão de odores.

As duas caldeiras a óleo BPF foram adaptadas para trabalharem com gás natural e atualmente não se tem mais geração de resíduo de óleo, além da minimização na emissão de poluentes pela chaminé.

O resíduo de trub continua sendo tratado na ETDI, mas o projeto para armazená-lo em um tanque e vendê-lo para ração animal foi incorporado ao planejamento da manutenção.

A coleta seletiva foi estendida a todos os escritórios, gerando retorno financeiro para a empresa e evitando a destinação em aterro desses materiais.

Os rótulos provenientes da rotuladora de garrafas já são misturados a borra de rótulos na saída da lavadora de garrafas. Não se tem mais preocupação quanto à saída de rótulos inteiros da fábrica e este material está gerando receita proveniente da sua comercialização.

A proposta de irrigação do gramado com o efluente é um projeto que pode ser implementado em um prazo maior, pois a empresa no momento está fazendo manutenção em toda a rede de galeria pluvial e de efluentes da fábrica. Como é um projeto que depende de autorização do Instituto Ambiental do Paraná – IAP, a parte burocrática é mais complicada e demanda um projeto mais elaborado e tempo para aprovação. Segundo informações de outra fábrica que já trabalha com este sistema, não há problemas de contaminação do

subsolo devido ao uso do efluente, desde que este seja adequadamente tratado. Sendo implementado, a empresa irá trabalhar em circuito totalmente fechado com relação aos resíduos líquidos, o que é um grande ganho ambiental com a preservação da qualidade do atual rio receptor do efluente, mesmo a empresa o descartando em acordo com a legislação vigente.

O projeto para a *pelletização* do bagaço de cevada não está ainda nos planos de implementação, mas pode ser uma proposta viável no futuro.

A proposta para reaproveitamento do gás metano como combustível foi considerada inviável economicamente. Seria implementado somente se houvesse uma legislação direcionando para isto.

Totalizando os dados apresentados, consegue-se uma redução em torno de 6.500 toneladas anuais que não precisam ser destinados em aterro industrial, sendo reaproveitados para fins ambientalmente mais nobres. A irrigação do gramado com a terra diatomácea, evita o descarte de aproximadamente 2.064 t/ano de resíduo em aterro industrial, além de uma grande economia de água tratada. As caldeiras a gás evitam/minimizam a emissão para a atmosfera de compostos nitrogenados, compostos de enxofre, materiais particulados e dióxido de carbono.

Os dados apresentados mostram os benefícios ambientais da Minimização de Resíduos e também o retorno financeiro para as empresas que implementam o programa, o que é um dos maiores incentivos para sua aplicação.

Com base nos resultados da implementação do programa de minimização de resíduos na cervejaria estudada, ficou comprovada a viabilidade técnica e econômica desta metodologia como forma de minimizar a poluição industrial e gerar ganhos de capital, facilitando o caminho para um desenvolvimento sustentável.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Para a realização de trabalhos futuros recomenda-se:

- Levantamento detalhado de todos os custos ambientais envolvidos na geração de cada resíduo. Isto aumentaria a viabilidade econômica dos projetos de minimização de resíduos;
- Aplicação da minimização de resíduos em outras indústrias cervejeiras para fins de comparação do método;
- Aplicação da metodologia em outros segmentos industriais para verificar a necessidade de adaptação do modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ALFORD, Michael; SCHULTZ, Heidi; WILKES, Ângela. EPA. **Waste minimization: environmental quality with economic benefis**. Washington (US), EPA, 1987.
02. ANDRETTA, Sergio R. **Tecnologias Limpas**. Gerenciamento Ambiental. Ano 2, nº 12, Novembro/Dezembro, 2000.
03. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Classificação de Resíduos Industriais**, NBR 10004. Rio de Janeiro, 1987.
04. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Lixiviação de Resíduos – Procedimento**, NBR 10005. Rio de Janeiro, 1987.
05. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solubilização de Resíduos – Procedimento**, NBR 10006. Rio de Janeiro, 1987.
06. BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. São Paulo : CETESB, 1979.
07. BRASIL. Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Congresso Nacional**, Brasília, 08 jan. 1997.

08. BRASIL. Lei nº 12493, de 22 de janeiro de 1999. Estabelece princípios, procedimentos, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e adota outras providências. **Palácio do Governo em Curitiba**, Curitiba, 22 jan. 1999.

09. CERVEJARIAS KAISER. **Fabricação – Da matéria prima à obra prima.**

Página: <http://www.kaiser.com.br>.

10. CETESB, São Paulo. **Manual para implementação de um programa de prevenção a poluição.** São Paulo : CETESB, 1999.

11. **CONSUMO SUSTENTÁVEL / CONSUMERS INTERNATIONAL**, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; Tradução de Admond Bem Meir – São Paulo : Secretaria do Meio Ambiente : IDEC : CI, 1998.

12. CRITTENDEN, B. & KOLACZKOWSKI, S. **Waste Minimization - A practical guide.** Warwickshire : Institution of Chemical Engineers, 1995.

13. CZAJA, M. C. **O Ecomarketing para Produtos no Emergente Mercado Ambiental.** Revista Meio Ambiente Industrial. Ano V – Edição 28 nº 27 – Novembro/Dezembro de 2000. São Paulo : Editora Tocalino.

14. DAUGHERTY, Jack E. **Industrial environmental management: a practical handbook.** Maryland (US), Government Institutes, 1996. 572 p.

15. DENNISON, Mark S. **Pollution Prevention – Strategies ad Technologies – P2.** Maryland : Government Institutes, Inc. Rockville, 1996.

16. FREEMAN, H. M. **Pollution Prevention – A New Agenda**. Cincinnati : U.S. Environmental Agency, 1989.
17. FURTADO, J. S. et al. **Prevenção de Resíduos na Fonte & Economia de Água e Energia**. Fundação Vanzolini, 1998.
18. HAWKEN, Paul; LOVINS, Amory; LOVINS, L. Hunter. **Capitalismo Natural – Criando a próxima Revolução Industrial**. 1. ed. São Paulo : Editora Cultrix, 1999.
19. HILL, Marquita K. ***Understanding Environmental Pollution***. United Kingdom : Cambridge University Press, 1997. 315 p.
20. JÖHR, H. **O verde é negócio**. 2. ed. São Paulo, 1994.
21. Jornal Gazeta do Povo, Curitiba : 07/Jul/2001.
22. JUNIOR, Cícero Bley. **Destinação final de Lodo de ETDI – Projeto Técnico**. Curitiba : ECODATA, 2000.
23. JUNIOR, Ênio Viterbo. **SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO AMBIENTAL**. São Paulo : Aquariana, 1998. 224 p.
24. **MEASURING POLLUTION PREVENTION PROGRESS: PROCEEDINGS**, Salem 31/3-1-2/4/93. Ohio (US), EPA, 1993.
25. METCALF; EDDY INC. **Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse**. 3 ed. New York : McGraw-Hill, 1991. 1.334 p.

26. NELS, Christian. **Waste Minimization**. Seminário Internacional de Gestão e Tecnologia de Tratamento de Resíduos. São Paulo, SMA, 1991, 28 p.
27. NEMEROW, N. L., **Zero Pollution for Industry**. Canada : John Wiley & Sons, Inc., 1995.
28. PACHECO, C. E. M.; QUARESMA, M. Y. V.; CAMACHO, P. R. R. **Projeto piloto de prevenção em indústrias de bijuterias no município de Limeira 1998-99**, São Paulo : CETESB, 1999.
29. PACHECO, C. E. M. et al. **Compilação de técnicas de prevenção a poluição para a indústria de galvanoplastia: projeto piloto de prevenção a poluição em indústrias de bijuterias no município de Limeira**, 2. ed – São Paulo : CETESB, 1999.
30. PAULI, G. **Emissão Zero – A busca de novos paradigmas. O que os negócios podem oferecer a sociedade**. EDIPUCRS : Porto Alegre, 1996.
31. PAWLOWSKY, U. **Reaproveitamento de Resíduos Industriais**. Curitiba : Surehma, 1983.
32. PAWLOWSKY, U. **O Desafio Ambiental**. Curitiba : UFPR, 1996.
33. QUARESMA, M. Y. V.; FIGUEIREDO, M. F.; REGO, R. C. E.; PACHECO, C. E. M.; ALVES, J. S. **Prevenção a Poluição: Conceitos, Técnicas e Aplicabilidade**. São Paulo : CETESB, 2000.

34. ROCHA, M. T.;SHIROTA, R. Reciclagem agrícola de lodo de esgoto: determinação do ótimo social e custos privados. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Piracicaba, v. 4, nº 1, p. 55-62, jan./mar. 1999.
35. ROWAN, M. **Retorno do Investimento de ISO 14001**. Revista Banas Ambiental. Ano I – nº 3. Dezembro, 1999.
36. SANCHES, C. S. Gestão Ambiental Proativa. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, jan./mar. 2000.
37. SILVA, Joel P. Bastos. **Gestão e Controle da Qualidade Ambiental**. Cervejarias Kaiser Brasil Ltda : Campinas, 1997.
38. SENAI. RJ. CENATEC de Produtos Alimentares. **Fundamentos Gerais/Produto e Processo**. Vassouras, 1997. p. il. (Curso Técnico Especial de Cervejaria)
39. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **WASTE MINIMIZATION OPPORTUNITY ASSESSMENT MANUAL**, Hazardous Waste Engineering Research Laboratory, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio 45268, July, 1988.
40. U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Meeting the Environmental Challenge: EPA's Review of Progress and New Directions in Environmental Protection**, EP, 21K-2001, December, 1990.

41. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica. **PREVENÇÃO DE RESÍDUOS NA FONTE & ECONOMIA DE ÁGUA E ENERGIA - MANUAL DE AVALIAÇÃO NA FÁBRICA**, Produção Limpa, Depto. de Engenharia de Produção, Fundação Vanzolini, São Paulo, Brasil, 1998.

42. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Biblioteca Central. **Normas para Apresentação de Trabalhos – Parte 6: Referências Bibliográficas**. 6. ed. Curitiba : Editora UFPR, 1996.

43. www.bavaria.com.br, Maio/2001.

44. www.cervejando.com.br, Maio/2001.

ANEXO 01

POLÍTICA AMBIENTAL (definida em 1998)

A EMPRESA considera a questão ambiental um importante elemento da qualidade de seus processos, assumindo o compromisso de orientar as ações da organização pelo conceito de respeito ao meio ambiente.

Nesse sentido, a EMPRESA adota os seguintes princípios fundamentais:

- Manutenção, em todas as unidades operacionais, de um adequado sistema de gestão ambiental, abrangendo responsabilidades, funções, procedimentos e controles operacionais, com o objetivo de prevenir e controlar os impactos ambientais resultantes do processo industrial de fabricação de cerveja, visando atender à legislação ambiental vigente.
- Otimização dos recursos disponíveis através de adequação tecnológica, redução de custos operacionais, melhoria da eficiência em sistemas de controle e diminuição dos desperdícios, buscando acesso às linhas especiais de crédito destinadas às empresas cujas atividades são consideradas ambientalmente corretas.
- Promoção da educação e da consciência ambiental de todos os seus colaboradores, contribuindo para o processo de incorporação do valor ambiental na cultura da organização.
- Treinamento técnico, de modo a manter colaboradores capacitados para uma atuação profissional ambientalmente correta.
- Incentivo a comunicação clara e transparente com órgãos governamentais, entidades e comunidade quanto ao impacto de suas atividades no meio ambiente.

Esse compromisso com o meio ambiente está orientado pelo “Código de Proteção Ambiental” e incorporado por todos nossos diretores, gerentes e demais colaboradores, responsáveis por praticá-lo diariamente em todas as unidades DA EMPRESA.

ANEXO 02

VALORES PARA A PRIORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

1) Lodo da ETDI

- *Legislação (peso 2): $9 \times 2 = 18$*

Resíduo está sendo disposto de forma tal que a empresa pode ser responsabilizada pela disposição da área de disposição futuramente (aterro industrial).

- *Custo para tratamento do resíduo: 9*
R\$ 298.568,33 / ano ($> \text{R\$ } 75.000,00 / \text{ano}$)

- *Riscos potenciais a segurança: 3*
Possibilidade do funcionário entrar em contato com o resíduo.

- *Quantidade do resíduo: 3*
1.612.140 kg / ano (entre 700 e 2.000 t / ano)

- *Classe (peso 2): $9 \times 2 = 18$*
Classe I

- *Facilidade de minimização: 1*
Investimento para minimizar o resíduo com tempo de retorno de 1 a 2 anos.

- *Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (peso 3): 3*
 $\times 9 = 27$

A minimização do resíduo fará com que a empresa tenha um retorno de mais de R\$ 20.000,00 ao ano com a comercialização do resíduo.

2) Resíduos da Videojet

- *Legislação (peso 2):* $9 \times 2 = 18$

Resíduo está sendo disposto de forma tal que a empresa pode ser responsabilizada pela disposição da área de disposição futuramente (aterro industrial)

- *Custo para tratamento do resíduo:* 1

R\$ 27,11 / ano (< R\$ 30.000,00 / ano)

- *Riscos potenciais a segurança:* 9

Possibilidade do funcionário entrar em contato com o resíduo.

- *Quantidade do resíduo:* 1

70 kg / ano (< 700 t / ano)

- *Classe (peso 2):* $9 \times 2 = 18$

Classe I

- *Facilidade de minimização:* 9

Não há necessidade de investimento.

- *Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (peso 3):* $1 \times 3 = 3$

A minimização do resíduo fará com que a empresa deixe de ter despesas com o tratamento e a disposição final deste resíduo.

3) Levedura

- *Legislação (peso 2): $1 \times 2 = 2$*

Manipulação e disposição do resíduo atendem aos requisitos legais.

- *Custo para tratamento do resíduo: 1*

Receita de R\$ 7.308,20 / ano ($< \text{R\$ } 30.000,00$ / ano)

- *Riscos potenciais a segurança: 3*

Possibilidade de o funcionário entrar em contato com o resíduo.

- *Quantidade do resíduo: 9*

4.152.390 kg / ano (< 2.000 t / ano)

- *Classe (peso 2): $3 \times 2 = 6$*

Classe II

- *Facilidade de minimização: 3*

Investimento para minimizar o resíduo com tempo de retorno menor que 1 ano.

- *Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (peso 3): $9 \times 3 = 27$*

A minimização do resíduo fará com que a empresa tenha um retorno de mais de R\$ 20.000,00 ao ano com a comercialização do resíduo.

4) Terra diatomácea

- *Legislação (peso 2):* $9 \times 2 = 18$

Resíduo está sendo disposto de forma tal que a empresa pode ser responsabilizada pela disposição da área de disposição futuramente (aterro industrial).

- *Custo para tratamento do resíduo:* 3

R\$ 30.340,00 / ano (de R\$ 30.000,00 a R\$ 75.000,00 / ano)

- *Riscos potenciais a segurança:* 3

Possibilidade de o funcionário entrar em contato com o resíduo.

- *Quantidade do resíduo:* 9

2.064.000 kg / ano (> 2.000 t / ano)

- *Classe (peso 2):* $3 \times 2 = 6$

Classe II

- *Facilidade de minimização:* 1

Investimento para minimizar o resíduo com tempo de retorno de 1 a 2 anos.

- *Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (peso 3):* $3 \times 3 = 9$

A minimização do resíduo fará com que a empresa consiga uma receita de até R\$ 20.000,00 ao ano com a comercialização do resíduo.

5) Resíduo de óleo BPF

- *Legislação (peso 2):* $9 \times 2 = 18$

Manipulação e disposição do resíduo atende aos requisitos legais.

- *Custo para tratamento do resíduo:* 1

R\$ 242,00 / ano ($< \text{R\$ } 30.000,00 / \text{ano}$)

- *Riscos potenciais a segurança:* 3

Possibilidade de o funcionário entrar em contato com o resíduo.

- *Quantidade do resíduo:* 1

4.840 kg / ano (até 700 t / ano)

- *Classe (peso 2):* $9 \times 2 = 18$

Classe I

- *Facilidade de minimização:* 3

Investimento para minimizar o resíduo com tempo de retorno menor que 1 ano.

- *Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (peso 3):* 1
 $\times 3 = 3$

A minimização do resíduo fará com que a empresa deixe de ter despesas com o tratamento e a disposição final deste resíduo.

6) Materiais Recicláveis

- *Legislação (peso 2): $1 \times 2 = 2$*

Manipulação e disposição do resíduo atende aos requisitos legais.

- *Custo para tratamento do resíduo: 1*

Receita de R\$ 52.318,24 / ano (< R\$ 30.000,00 / ano)

- *Riscos potenciais a segurança: 1*

Resíduo não entra em contato com funcionários em nenhuma etapa de sua manipulação e acondicionamento.

- *Quantidade do resíduo: 9*

2.000.416 kg / ano (> 2.000 t / ano)

- *Classe (peso 2): $1 \times 2 = 2$*

Classe III

- *Facilidade de minimização: 3*

Investimento para minimizar o resíduo com tempo de retorno menor que 1 ano.

- *Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (peso 3): $9 \times 3 = 27$*

A minimização do resíduo fará com que a empresa tenha um retorno de mais de R\$ 20.000,00 ao ano com a comercialização do resíduo.

7) Resíduo de trub

- *Legislação (peso 2):* $3 \times 2 = 6$

Manipulação e disposição conformes, mas com possibilidade de melhoria e adequação a requisitos futuros.

- *Custo para tratamento do resíduo:* 3

R\$ 54.855,00 / ano (de R\$ 30.000,00 a R\$ 75.000,00 / ano)

- *Riscos potenciais a segurança:* 1

Resíduo não entra em contato com funcionários em nenhuma etapa de sua manipulação e acondicionamento.

- *Quantidade do resíduo:* 1

614.832 kg / ano (< 700 t / ano)

- *Classe (peso 2):* $1 \times 2 = 2$

Classe III

- *Facilidade de minimização:* 3

Investimento para minimizar o resíduo com tempo de retorno menor que 1 ano.

- *Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (peso 3):* $9 \times 3 = 27$

A minimização do resíduo fará com que a empresa tenha um retorno de mais de R\$ 20.000,00 ao ano com a comercialização do resíduo.

8) Borra de rótulos

- *Legislação (peso 2): $3 \times 2 = 6$*

Manipulação e disposição conformes, mas com possibilidade de melhoria e adequação a requisitos futuros.

- *Custo para tratamento do resíduo: 1*

R\$ 4.055,21 / ano (< R\$ 30.000,00 / ano)

- *Riscos potenciais a segurança: 9*

Necessidade de contato direto do funcionário com o resíduo.

- *Quantidade do resíduo: 1*

230.410 kg / ano (< 700 t / ano)

- *Classe (peso 2): $3 \times 2 = 6$*

Classe II

- *Facilidade de minimização: 9*

Não há necessidade de investimento.

- *Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (peso 3): 3*

$\times 3 = 9$

A minimização do resíduo fará com que a empresa consiga uma receita de até R\$ 20.000,00 ao ano com a comercialização do resíduo.

9) Efluentes

- *Legislação (peso 2): $3 \times 2 = 6$*

Manipulação e disposição conformes, mas com possibilidade de melhoria e adequação a requisitos futuros.

- *Custo para tratamento do resíduo: 9*

R\$ 129.374,28 / ano ($>$ R\$ 75.000,00 / ano)

- *Riscos potenciais a segurança: 3*

Necessidade de contato direto do funcionário com o resíduo.

- *Quantidade do resíduo: 9*

883.349.000 L / ano ($>$ 2.000 t / ano)

- *Classe (peso 2): $3 \times 2 = 6$*

Classe II

- *Facilidade de minimização: 3*

Investimento para minimizar o resíduo com tempo de retorno menor que 1 ano.

- *Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (peso 3): $1 \times 3 = 3$*

A minimização do resíduo fará com que a empresa deixe de ter despesas com o tratamento e a disposição final deste resíduo.

10) Bagaço de cevada

- *Legislação (peso 2):* $1 \times 2 = 2$

Manipulação e disposição do resíduo atende aos requisitos legais.

- *Custo para tratamento do resíduo:* 1

Receita de R\$ 373.496,23 / ano ($< \text{R\$ } 30.000,00 / \text{ano}$)

- *Riscos potenciais a segurança:* 1

Resíduo não entra em contato com funcionários em nenhuma etapa de sua manipulação e acondicionamento.

- *Quantidade do resíduo:* 9

28.824.110 Kg / ano ($> 2.000 \text{ t} / \text{ano}$)

- *Classe (peso 2):* $3 \times 2 = 6$

Classe II

- *Facilidade de minimização:* 3

Investimento para minimizar o resíduo com tempo de retorno menor que 1 ano.

- *Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (peso 3):* $3 \times 3 = 9$

A minimização do resíduo fará com que a empresa consiga uma receita de até R\$ 20.000,00 ao ano com a comercialização do resíduo.

11) Bagaço das peneiras

- *Legislação (peso 2):* $3 \times 2 = 6$

Manipulação e disposição conformes, mas com possibilidade de melhoria e adequação a requisitos futuros.

- *Custo para tratamento do resíduo:* 1

R\$ 1.560,00 / ano ($< \text{R\$ } 30.000,00 / \text{ano}$)

- *Riscos potenciais a segurança:* 3

Possibilidade de o funcionário entrar em contato com o resíduo.

- *Quantidade do resíduo:* 1

260.000 Kg / ano ($< 700 \text{ t} / \text{ano}$)

- *Classe (peso 2):* $3 \times 2 = 6$

Classe II

- *Facilidade de minimização:* 1

Investimento para minimizar o resíduo com tempo de retorno de 1 a 2 anos.

- *Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (peso 3):* $3 \times 3 = 9$

A minimização do resíduo fará com que a empresa consiga uma receita de até R\$ 20.000,00 ao ano com a comercialização do resíduo.

12) Gás metano na ETDI

- *Legislação (peso 2): $1 \times 2 = 2$*

Manipulação e disposição do resíduo atendem aos requisitos legais.

- *Custo para tratamento do resíduo: 1*

(< R\$ 30.000,00 / ano)

- *Riscos potenciais a segurança: 3*

Possibilidade de o funcionário entrar em contato com o resíduo.

- *Quantidade do resíduo: 3*

790.000 m³ / ano (de 700 a 2.000 t / ano)

- *Classe (peso 2): $3 \times 2 = 6$*

Classe II

- *Facilidade de minimização: 1*

Investimento para minimizar o resíduo com tempo de retorno de 1 a 2 anos.

- *Potencial de recuperação de sub produtos com valor agregado (peso 3): 3*

$\times 3 = 9$

A minimização do resíduo fará com que a empresa consiga uma receita de até R\$ 20.000,00 ao ano com a comercialização do resíduo.

ANEXO 03

PROJETO DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM DE LODO BIOLÓGICO ²¹

1. MEMORIAL DE CÁLCULO

1.1 Dimensionamento dos leitos de compostagem

Biosólidos recebidos por semana (5 dias):	50 t / semana
Densidade fração orgânica:	1 t / m ³
Volume fração orgânica:	50 m ³ / semana
Volume fração orgânica por dia:	10 m ³ / dia

Composição física dos biosólidos

Parte sólida:	80%
Parte líquida:	20%

Umidade entrada:	25%
------------------	-----

Dimensões leitos de compostagem

Largura:	2,50 m
Comprimento:	20,00 m
Altura inicial:	0,60 m
Altura final:	1,00 m
Espessura paredes:	0,12 m

Capacidade do leito:	60 m ³
----------------------	-------------------

Tempos

Preenchimento:	6 dias
Oxidação:	30 dias
Maturação:	45 dias
Total:	81 dias

Quantidade de leitos:	10 un
Quantidade de válvulas:	10 un
Quantidade de aeradores:	1 un

Área total necessária

Largura:	29,50 m
Comprimento:	27,00 m
Total	796,50 m ²

1.2 Dimensionamento e características do aerador

O dimensionamento da capacidade dos aeradores é obtido pela demanda de ar para a compostagem, cosiderando os seguintes parâmetros:

- Quantidade de O₂ no ar: 23% da massa
- Peso específico do ar: 1,2014 kg/m³
- Fator de multiplicação: 2 (para que o ar ambiente a ser soprado assegure que seu conteúdo de oxigênio não decaia abaixo de 50% do valor original durante a operação de aeração.
- Ar requerido: $1,189 \times 60 = 71,34 \text{ m}^3 / \text{h}$

Para que a operação produza os efeitos desejados sem secar excessivamente a massa de composto, é estabelecido o intervalo de aeração de 2 min x 20 min, ou 6 min / h.

O aerador a ser utilizado deverá ter capacidade nominal para injetar ar na massa de composto disposta nos canteiros $71,34 \text{ m}^3 / \text{h}$ em 6 min de operação por hora, então:

$$CN = \frac{60}{6} \times 71,34 = 713,40 \cong 800 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Especificação do aerador

- Tipo:	Limit Load
- Vazão:	$800 \text{ m}^3 / \text{h}$
- Rotação:	1.800 RPM
- Aspiração:	Simples
- Velocidade de descarga:	$3 \text{ m} / \text{s}$
- Motor elétrico:	Trifásico, 3420 RPM, 1,5 HP

1.3 Dimensionamento e características do sistema de distribuição de ar

Para 10 leitos, haverá 1 aerador para promover a aeração forçada.

A distribuição do ar entre os leitos será feita por duas válvulas borboletas para cada leito de compostagem, com diâmetro de 100 mm, com eixo em ferro galvanizado 5 mm, acionadas por solenóides modelo 821 TC, curso de 29 mm, com esforço de tração 4,00 kg, ligadas ao quadro de comando por Temporizadores MT48 SAB com controle de 0-30 min.

O número de tubos de distribuição de ar / leito (NT/L) é calculado em função dos parâmetros:

- a - dimensão da saída do aerador: $DSA = 100 \text{ mm}$
- b - diâmetro do tubo de distribuição: $DTD = 40 \text{ mm}$

$$\frac{NT}{L} = SECCAO \quad DSA = \pi \times \frac{(DSA)^2}{2} = 3,14 \times 25 = 6,25 \approx 6 \text{ tubos / canteiro}$$

$$\frac{NT}{L} = SECCAO \quad DTD = \pi \times \frac{(DTD)^2}{2} = 3,14 \times 4$$

O número e o diâmetro dos furos é determinado em função da secção dos tubos de distribuição e dos diâmetros dos furos, que são variáveis para reduzir as perdas de cargas ao longo de seus comprimentos - 10 metros, ou seja do meio dos canteiros de onde entram, até as extremidades. Assim temos:

$$\text{Secção dos tubos de distribuição} = 1.256 \text{ mm}^2$$

$$\text{Numero de furos / area} = \frac{\text{Seccao do tubo de distribuicao}}{\text{Somatoria da seccao dos furos}} = 5,57 \approx 6,0 \text{ furos / area}$$

Número de furos por tubo de distribuição = 54 furos

Distância entre furos = comprimento do tubo / número de furos = 0,37 m

A fixação dos tubos será feita nas paredes laterais sobre ripas de madeira com presilhas.

1.4 Peneira rotativa tipo Trommel

Peneira rotativa hexagonal do tipo “trommel” cuja função é de peneirar o composto orgânico, separando-o das impurezas.

- Comprimento mínimo: 6,00 m
- Diâmetro mínimo: 1,00 m
- Rotação aproximada: 17 rpm
- Altura total aproximada: 3,30 m

Instalação sobre plataforma em alvenaria, com moega metálica na descarga do composto.

- Motorização: Motoredutor 2,25 kW
- Peneira removível, malha abertura quadrada 8 mm
- Fechamento e caixas de coleta adequados.

1.5 Rosca sem fim para alimentação

Para a alimentação da peneira será utilizada uma rosca sem fim, com moega de carga ao nível do piso.

2. ORÇAMENTO PRÉVIO

2.1 Obras civis

a) Leitões de compostagem			
<i>Item</i>	<i>Descrição</i>	<i>Unidade</i>	<i>Qdade</i>
1	Leito de compostagem 3,0 m x 20 m x 1,0 m com piso detalhado e espessura de 0,15 m em concreto, paredes de 0,15 m de espessura e parede interna com 0,40 m	un	10
b) Canaleta de descarga			
<i>Item</i>	<i>Descrição</i>	<i>Unidade</i>	<i>Qdade</i>
1	Canaleta em concreto medindo 0,20 m x 0,10 m x 0,20 m com espessura de parede de 0,8 mm	m	30
Sub Total - Obras civis:		R\$ 15.320,68	

2.2 Equipamentos

2.2.1 Sistema de aeração

a) Geração de ar		R\$ 4.710,55	
<i>Item</i>	<i>Descrição</i>	<i>Unidade</i>	<i>Qdade</i>
1	Conjunto aerador THLE 280 c/ quadro de comando temporizado para controle do motor e das válvulas dosadoras previstas no projeto, carenagem de cobertura em suporte de cantoneiras e instalações elétricas	pç	1
b) Distribuição de ar		R\$ 11.129,76	
<i>Item</i>	<i>Descrição</i>	<i>Unidade</i>	<i>Qdade</i>
1	Conjunto de tubos em PVC 150 mm com redução para 50 mm e conexões necessárias	pç	10
2	Válvula dosadora 100 mm com solenóide e dispositivo unitário de energização em caixa de aço zincado a fogo e pintura epóxi	pç	20
c) Condução do ar		R\$ 4.245,47	
<i>Item</i>	<i>Descrição</i>	<i>Unidade</i>	<i>Qdade</i>
1	Tubos de polietileno 50 mm com perfurações em escala logarítmica com conexões necessárias para pleno funcionamento	m	2.400
Sub Total Equipamentos:		R\$ 20.085,78	

2.3 Equipamentos complementares

2.3.1 Peneira rotativa tipo Trommel

Peneira rotativa hexagonal do tipo "Trommel"	R\$ 25.000,00
--	---------------

2.3.2 Rosca sem fim para alimentação da peneira

Rosca sem fim de 4 m com moega de carga ao nível do piso	R\$ 10.000,00
--	---------------

3. ORÇAMENTO PRÉVIO - RESUMO

3.1 Leitos de compostagem

Obras civis	R\$ 15.320,68
Leitos de compostagem - Equipamentos	R\$ 20.085,78
Leitos de compostagem - Total	R\$ 35.406,46

3.2 Equipamentos complementares

Peneira rotativa tipo Trommel	R\$ 25.000,00
Rosca sem fim para alimentação da peneira	R\$ 10.000,00

3.3 ORÇAMENTO PRÉVIO GLOBAL DO PROJETO	R\$ 156.256,46
---	-----------------------

ANEXO 04

PROJETO PARA A SECAGEM DA LEVEDURA

Dados do equipamento:

Capacidade de evaporação:	700 kg de água / hora
Consumo de gás GLP:	66 kg / hora
Consumo de energia elétrica:	52 kWh

Escopo de fornecimento:

- 1-Projeto detalhado para execução e montagem
- 2-Acompanhamento durante a construção e montagem
- 3-Cabeçote atomizador
- 4-Unidade hidráulica de lubrificação dos rolamentos do cabeçote atomizador
- 5-Trocador de calor para refrigeração do óleo do cabeçote atomizador
- 6-Garantia de funcionamento
- 7-Start-up e treinamento
- 8-Compra de material a ser utilizado: chapas diversas, vigas e perfis
- 9-Um tanque para recepção de produto construído em aço inoxidável
- 10-Um conjunto de estrutura de sustentação da câmara e ciclones (perfis soldados em peças soltas, nas medidas exatas para montagem, jateadas e pintadas com 1 demão de primer alquídico
- 11-Uma câmara de secagem construída em aço inoxidável (montado)
- 12-Um silo de armazenamento construído em aço inoxidável, com estrutura metálica de sustentação em perfis soldados em peças soltas e corpo jateado internamente e externamente, sendo a pintura externa com uma demão de primer alquídico e internamente com uma demão de epoxi sanitário.
- 13-Conjunto de ciclones em aço inoxidável (montado).
- 14-Um conjunto de escadas de acesso à porta de visita da câmara.

- 15-Um conjunto de dutos e acessórios (curvas e reduções, para interligação exaustor / ciclones, ciclones / câmara, ciclones / transportador, silo)
- 16- 05 válvulas rotativas para descarga da levedura seca da câmara e ciclones (completa e com acionamento).
- 17-Um transporte pneumático, das descargas até o silo de armazenagem e ensaque
- 18-Isolamento térmico com lã-de-rocha e revestimento com telhas
- 19-Ventiladores
- 20-Queimador para gás
- 21-Bomba dosadora para alimentação da levedura no secador
- 22-Painel elétrico de comando e operação geral
- 23-Automação e controle - Salientamos que a fábrica pode e deve funcionar automaticamente sem depender do nível de conhecimento de cada operador. Para isto basta um simples controlador com uma malha (a temperatura de exaustão comandando o inversor de frequência da bomba dosadora de alimentação do produto), indicação das temperaturas, vazão da alimentação do produto e os demais comandos e manobras seriam executados manualmente.
- 24-Prazo de entrega prevista da fábrica montada é de 90 a 120 dias.

Condições de pagamento:

- 40% na confirmação do pedido
- 30% com 30 dias
- 20% com 60 dias
- 10% após o início de funcionamento

Prazo de entrega:

- 90 a 120 dias a partir da confirmação do pedido