

# CERVEJAS E REFRIGERANTES

SÉRIE P+L



(página em branco)



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
Geraldo Alckmin  
*Governador*

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE  
José Goldemberg  
*Secretário*

CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
Rubens Lara  
*Diretor Presidente*

São Paulo  
2005



Rubens Lara  
*Diretor Presidente*

Alaôr Lineu Ferreira  
*Diretor de Gestão Corporativa*

Otávio Okano  
*Diretor de Controle de Poluição Ambiental*

Lineu José Bassoi  
*Diretor de Engenharia, Tecnologia e Qualidade Ambiental*

# Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

S236b Santos, Mateus Sales dos  
Cervejas e refrigerantes / Mateus Sales dos Santos [e] Flávio de  
Miranda Ribeiro. - - São Paulo : CETESB, 2005.  
58 p. (1 CD) : il. ; 30 cm. - - (Série P + L)

Disponível em : <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>.  
ISBN

1. Bebidas - indústria 2. Cervejas - indústria 3. Poluição - controle  
4. Poluição - prevenção 5. Processo industrial – cerveja 6. Processo  
industrial - refrigerante 7. Produção limpa 8. Refrigerantes –  
indústria 9. Resíduos industriais – minimização I. Ribeiro, Flávio de  
Miranda. II. Título. III. Série.

CDD (21.ed. Esp.) 663.028 6

CDU (ed. 99 port.) 628.51 : 663

*Margot Terada CRB 8.4422*

## TERMO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

O presente documento, editado pela CETESB, tem o intuito de apresentar a empreendedores e demais interessados as principais informações ambientais sobre o setor produtivo em questão, incluindo exemplos de alternativas de reconhecido valor na busca de uma Produção mais Limpa.

O sucesso da implementação das medidas aqui propostas no entanto depende de diversos fatores, de forma que *a CETESB não se responsabiliza pelos resultados ou por quaisquer consequências decorrentes do uso das medidas aqui propostas*, devendo cada empresa avaliar seu caso individualmente com o devido cuidado, antes da implementação das alterações.

Ademais, a descrição dos processos e dos dados apresentados ao longo deste documento são exemplificativos da média do setor, tomados com base em um reduzido número de empresas. Portanto não correspondem necessariamente à realidade de todas as empresas do setor produtivo, e variações podem e devem ocorrer em função de diferenciações de produtos ou rotas de produção, nível tecnológico, idade da planta, entre outros fatores. Desta forma, *a CETESB ressalta que os exemplos citados não consistem em determinações legais de nenhuma natureza.*

Por fim, a CETESB reconhece que todas as empresas devem se empenhar na busca de uma Produção mais Limpa. Porém esta intenção, ou mesmo a adoção de medidas concretas neste sentido, *não isenta de forma alguma as empresas do cumprimento da legislação ambiental vigente*, tampouco as isenta de quaisquer outros instrumentos normativos dotados de força de lei.

## **APRESENTAÇÃO**

É com grande satisfação que, em nome da CETESB, apresento este *Guia Técnico Ambiental*, documento informativo que pretende apoiar as empresas na melhoria ambiental por meio da adoção de medidas de Produção mais Limpa (P+L) em seus processos.

Historicamente a CETESB tem o foco de sua atuação voltado às ações de monitoramento do meio (ar, água e solo), licenciamento das fontes potencialmente poluidoras e ao controle ambiental da contaminação, fazendo cumprir a legislação ambiental mediante as chamadas medidas de “fim-de-tubo”. Nestes mais de 35 anos de atividade, a atuação da CETESB promoveu notáveis avanços na garantia de um entorno mais limpo e saudável à população, tornando a empresa uma referência ambiental no país e no exterior.

Nos últimos anos no entanto uma outra forma de atuação tem se delineado, principalmente como resposta a mudanças na própria sociedade. A percepção e o reconhecimento da importância da questão ambiental por parte das indústrias tem levado à incorporação de práticas da Produção mais Limpa como uma forma de enfim congregar vantagens econômicas com benefícios ambientais. As empresas têm percebido que a Produção mais Limpa significa, no fundo, a inclusão da variável ambiental nas ações de melhoria das operações, e atuando desta forma sobre seus processos produtivos, muitas delas já reduziram seus resíduos na fonte, obtendo ainda minimização de seus custos de produção. Esta vantagem das medidas de Produção mais Limpa destaca-se ainda mais se contrastada com o alto custo operacional do tratamento e da gestão dos resíduos gerados pelas empresas, o que mostra claramente que esta é uma ferramenta de interessante utilização prática.

De modo a evoluir em seu modo de atuar junto às potenciais fontes de poluição, a CETESB tem desenvolvido desde 1996 trabalhos de Prevenção à Poluição e Produção mais Limpa junto a diversos setores produtivos. Estes trabalhos representam uma nova forma de interagir com a indústria, não apenas acompanhando a mudança de paradigma em curso por parte de algumas empresas, como também visando despertar esta consciência nas demais.

O presente *Guia Técnico Ambiental* tem como objetivo informar as empresas deste setor produtivo, ainda que de modo sucinto, a importância e as alternativas preventivas no trato de suas questões ambientais. De modo algum as possibilidades aqui levantadas pretendem esgotar o assunto - antes de ser um “ponto final”, estas constituem um “ponto de partida” para que cada empresa inicie sua busca por um desempenho ambiental cada vez mais sustentável.

Por fim, deixo os votos de sucesso nesta empreitada a cada uma das empresas que já despertaram para esta nova realidade, esperando que este *Guia* sirva de norte para a evolução da gestão ambiental no Estado de São Paulo, evidenciando que mediante a Produção mais Limpa é possível um desenvolvimento industrial que congregue o necessário ganho econômico com a imprescindível adequação ambiental.

**Rubens Lara**  
Diretor- Presidente da CETESB

**Diretoria de Engenharia, Tecnologia e Qualidade Ambiental**  
Engº Lineu José Bassoi

**Depto. de Desenvolvimento, Tecnologia e Riscos Ambientais**  
Engª. Angela de Campos Machado

**Divisão de Tecnologias Limpas e Qualidade Laboratorial**  
Farm. Bioq. Meron Petro Zajac

**Setor de Tecnologias de Produção mais Limpa**  
Engº Flávio de Miranda Ribeiro

**Elaboração**

Engº Flávio de Miranda Ribeiro  
Químico Mateus Sales dos Santos

**Colaboração**

Adelino Ribeiro Junior/ .Agência Ambiental de Bauru  
Fábio Ferreira Ferling -Setor de Planejamento e Licenciamento Ambiental  
Fátima Feliciano da Silva/ CETESB - EINP  
Francisco Pereira de Lima./ Agência Ambiental de Bauru  
João Rodrigues – Cervejaria Kaiser Brasil S/A - Jacarei  
Maria Betânia B. Leal – Ambev Companhia Brasileira de Bebidas Filial -  
Jaguariúna  
Maria Natividade Martins Nunes -Agencia Ambiental de Guarulhos  
Marie Yamamoto do Valle Quaresma/ CETESB

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO.....	12
CAPÍTULO 2- PERFIL DO SETOR.....	14
CAPÍTULO 3- DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL.....	16
3.1. Produção de cerveja.....	16
a. Obtenção do malte.....	16
a.1) Limpeza e seleção de grãos.....	17
a.2) Embebição da cevada.....	17
a.3) Germinação.....	17
a.4) Secagem.....	17
b. Preparo do mosto.....	17
b.1) Moagem do malte.....	18
b.2) Maceração do malte e adjunto.....	18
b.3) Filtração do mosto.....	19
b.4) Fervura do mosto.....	19
b.5) Clarificação.....	19
b.6) Resfriamento do mosto.....	19
c. Fermentação.....	19
d. Processamento da cerveja.....	20
d.1) Maturação.....	20
d.2) Filtração.....	20
d.3) Carbonatação.....	21
e. Envase.....	21
e.1) Lavagem de garrafas.....	21
e.2) Envase.....	22
e.3) Pasteurização.....	22
e.4) Expedição.....	22
f. Utilidades e operações auxiliares.....	22
f.1) Sistemas de limpeza CIP (clean in place).....	22
f.2) Produção de água quente e vapor.....	23
f.3) Refrigeração.....	23

f.4) Tratamento de água.....	24
f.5) Tratamento de efluentes.....	25
f.6) Outros.....	25
3.2 Produção de refrigerantes.....	27
a. Preparo do xarope simples.....	27
b. Obtenção do xarope composto.....	27
c. Fabricação do refrigerante.....	28
c.1) Diluição e carbonatação.....	28
c.2) Lavagem de garrafas.....	28
d. Operações auxiliares.....	28
CAPÍTULO 4- PRINCIPAIS ASPECTOS AMBIENTAIS.....	30
4.1. Produção de cerveja.....	30
a. Insumos utilizados.....	31
a.1) Matérias - primas.....	31
a.2) Água.....	31
a.3) Energia.....	33
a.4) Outros insumos.....	34
b. Principais poluentes gerados.....	34
b.1) Resíduos sólidos.....	34
b.2) Efluentes líquidos.....	37
b.3) Emissões atmosféricas.....	41
4.2. Produção de refrigerantes.....	43
a. Insumos utilizados.....	43
b. Principais poluentes gerados.....	43
b.1) Resíduos sólidos.....	43
b.2) Efluentes líquidos.....	44
b.3) Resíduos pós-consumo.....	44
CAPÍTULO 5- MEDIDAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L).....	47
5.1. Uso eficiente de água/ Minimização de efluentes.....	47
a. Lavagem de garrafas.....	47
b. Pasteurização.....	48

c. Limpeza de equipamentos.....	49
d. Envase.....	49
e. Limpeza de pisos.....	49
5.2. Uso racional de energia.....	50
a. Calor.....	50
a.1) Vapor da fervura do mosto.....	50
a.2) Uso de água quente.....	51
a.3) Retorno de condensado.....	51
b. Eletricidade.....	52
5.3. Redução consumo de matérias - primas/ Aproveitamento de resíduos.....	52
a. Grãos de Malte e Bagaço de malte.....	52
b. Torta de filtração (trub fino e grosso).....	53
c. Levedura excedente.....	53
d. Cerveja residual.....	53
e. Resíduos de embalagens.....	54
5.4. Uso de materiais auxiliares.....	54
a. Hidróxidos e ácidos usados para limpeza.....	54
b. Terra diatomácea.....	55
5.5. Conclusão.....	55
CAPÍTULO 6- GLOSSÁRIO.....	57
CAPÍTULO 7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

## **CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO**

Este guia foi desenvolvido para levar até você informações que o auxiliarão a integrar o conceito de *Produção Mais Limpa* (P+L) à gestão de sua empresa. Ao longo deste documento você poderá perceber que, embora seja um conceito novo, a P+L trata, principalmente, de um tema bem conhecido das indústrias: a melhoria na eficiência dos processos.

Contudo, ainda são muitas as dúvidas na hora de adotar a gestão de P+L no cotidiano das empresas. De que forma ela pode ser efetivamente aplicada nos processos e na produção? Como integrá-la ao dia-a-dia dos colaboradores? Que vantagens e benefícios traz para a empresa? Como uma empresa de pequeno porte pode trabalhar à luz de um conceito que, à primeira vista, parece tão sofisticado ou dependente de tecnologias caras?

Para responder a essas e outras questões, este guia traz algumas orientações teóricas e técnicas, com o objetivo de auxiliar você a dar o primeiro passo na integração de sua empresa a este conceito, que tem levado diversas organizações a uma produção mais eficiente, econômica e com menor impacto ambiental.

Em linhas gerais, o conceito de P+L pode ser resumido como uma série de estratégias, práticas e condutas econômicas, ambientais e técnicas, que evitam ou reduzem a emissão de poluentes no meio ambiente por meio de ações preventivas, ou seja, evitando a geração de poluentes ou criando alternativas para que estes sejam reutilizados ou reciclados.

Na prática, essas estratégias podem ser aplicadas a processos, produtos e até mesmo serviços, e incluem alguns procedimentos fundamentais que inserem a P+L nos processos de produção. Dentre eles, é possível citar a redução ou eliminação do uso de matérias-primas tóxicas, aumento da eficiência no uso de matérias-primas, água ou energia, redução na geração de resíduos e efluentes, e reuso de recursos, entre outros.

As vantagens são significativas para todos os envolvidos, do indivíduo à sociedade, do país ao planeta. Mas é a empresa que obtém os maiores benefícios para o seu próprio negócio. Para ela, a P+L reverte em redução de custos de produção; aumento de eficiência e competitividade; diminuição dos riscos de acidentes ambientais; melhoria das condições de saúde e de segurança do trabalhador; melhoria da imagem da empresa junto a consumidores, fornecedores, poder público, mercado e comunidades; ampliação de suas perspectivas de atuação no mercado interno e externo; maior acesso a linhas de financiamento; melhoria do relacionamento com os órgãos ambientais e a sociedade, entre outros.

Por tudo isso, vale a pena adotar essa prática, principalmente se a sua empresa for pequena ou média, e esteja dando os primeiros passos no mercado, pois, com a P+L, você e seus colaboradores já começam a trabalhar certo desde o início. Ao contrário do que possa parecer num primeiro momento, grande parte das medidas são muito simples. Algumas já são amplamente disseminadas, mas, neste guia, elas

aparecem organizadas segundo um contexto global, tratando da questão ambiental por meio de suas várias interfaces: a individual relativa ao colaborador; a coletiva referente à organização; e a global, que está ligada às necessidades do país e do planeta. É provável que, ao ler este documento, em diversos momentos, você pare e pense: “mas isto eu já faço!” Tanto melhor, pois isso apenas irá demonstrar que você já adotou algumas iniciativas para que a sua empresa se torne mais sustentável. Em geral, a P+L começa com a aplicação do “bom senso” aos processos, que evolui com o tempo até a incorporação de seus conceitos à gestão do próprio negócio.

É importante ressaltar que a P+L é um processo de gestão que abrange diversos níveis da empresa, da alta diretoria aos diversos colaboradores. Trata-se não só de mudanças organizacionais, técnicas e operacionais, mas também de uma mudança cultural que necessita de comunicação para ser disseminada e incorporada ao dia-a-dia de cada colaborador.

É uma tarefa desafiadora, e que, por isso mesmo, consiste em uma excelente oportunidade. Com a P+L, é possível construir uma visão de futuro para a sua empresa, aperfeiçoar as etapas de planejamento, expandir e ampliar o negócio, e o mais importante: obter simultaneamente benefícios ambientais e econômicos na gestão dos processos.

De modo a auxiliar as empresas nesta empreitada, este guia foi estruturado em quatro capítulos. Inicia-se com a descrição do perfil do setor, no qual são apresentadas suas subdivisões e respectivos dados socioeconômicos de produção, exportação e faturamento, entre outros. Em seguida, apresenta-se a descrição dos processos produtivos, com as etapas genéricas e as entradas de matérias-primas e saídas de produtos, efluentes e resíduos. No terceiro capítulo, você conhecerá os potenciais impactos ambientais gerados pela emissão de rejeitos dessa atividade produtiva, o que pode ocorrer quando não existe o cuidado com o meio ambiente.

O objetivo deste material é demonstrar a responsabilidade de cada empresa, seja ela pequena, média ou grande, com a degradação ambiental. Embora em diferentes escalas, todos contribuímos de certa forma com os impactos no meio ambiente. Entender, aceitar e mudar isso são atitudes imprescindíveis para a gestão responsável das empresas.

O último capítulo, que consiste no “coração” deste guia, mostrará alguns exemplos de procedimentos de P+L aplicáveis à produção: uso racional da água com técnicas de economia e reuso; técnicas e equipamentos para a economia de energia elétrica; utilização de matérias-primas menos tóxicas, reciclagem de materiais, tratamento de água e de efluentes industriais, entre outros.

Esperamos que este guia torne-se uma das bases para a construção de um projeto de sustentabilidade na gestão da sua empresa. Nesse sentido, convidamos você a ler este material atentamente, discuti-lo com sua equipe e colocá-lo em prática.

## **CAPÍTULO 2- PERFIL DO SETOR**

Segundo dados de 2004 do SINDICERVE- Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja, embora o Brasil seja apenas o nono país no ranking de consumo per capita de cerveja, com uma média de 47,6 litros/ano para cada habitante, em função da enorme população somos o 5º maior produtor de cerveja do mundo, com uma média de 8,5 bilhões de litros ao ano, ficando atrás apenas da China (27 bilhões de l/ano), EUA (23,6 bilhões de l/ano), Alemanha (10,5 bilhões de l/ano) e Rússia (9 bilhões de l/ano).

Dentro do país existem atualmente 47 fábricas, em geral de grande e médio porte, e em sua maioria localizadas próximas aos grandes centros consumidores do país. Desta forma, a região Sudeste responde por cerca de 57,5% da produção (aproximadamente 4,6 bilhões de l/ano), a região Nordeste por 17,3% (1,4 bilhões de l/ano), a região Sul com 14,8% (1,2 bilhões de l/ano), a região Centro- Oeste com 7,5% (0,6 bilhões de l/ano) e a região Norte com 2,9% (0,3 bilhões de l/ano). De acordo com dados do setor, esta produção é escoada por uma rede de mais de 1,5 mil revendedores, que atendem cerca de 1 milhão de pontos-de-venda em todo o país.

Em relação aos refrigerantes, o Brasil é o terceiro maior mercado mundial, possuindo cerca de 750 mil pontos de venda espalhados pelo País. Embora não hajam dados consolidados, pode-se ter uma idéia do mercado pelo refrigerante a base de guaraná, que no ano de 2.004 apresentou um consumo de 800 milhões de litros, o que representa uma participação no mercado interno em aproximadamente 33%. Segundo dados da ABIR- Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes, a produção deste tipo de bebida no Brasil em 2004 foi de 1.200 milhões de litros, 5,22% a mais que em 2003.

As fábricas de cervejas e refrigerantes em geral são mistas, ou seja, produzem ambos os tipos de bebidas. No entanto existem algumas exceções, tanto de cervejarias que não produzem refrigerantes como empresas que só fabricam este produto. A Tabela a seguir apresenta os dados das empresas associadas ao SINDICERV, que contemplam 98% da produção nacional de bebidas desta natureza.

**Tabela 1: Distribuição das fábricas das principais companhias de bebidas do país  
(Fonte: SINDICERV)**

<b><i>NOME</i></b>	<b><i>Produção apenas de cerveja</i></b>	<b><i>MISTAS (cerveja e refrigerante)</i></b>	<b><i>TOTAL</i></b>
AmBev	12	13	25
Kaiser	9	-	9
Baden Baden	1	-	1
Cerpa	1	-	1
Cintra	-	2	2
Conti	-	1	1
Petrópolis	2	-	2
Schincariol	-	7	7
Convenção	1	-	1
Teresópolis	1	-	1
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>50</b>

Em relação aos empregos, o setor afirma gerar mais de 150 mil pessoas, entre postos diretos e indiretos, além de realizar diversos investimentos que nos últimos cinco anos somam mais de R\$ 3 bilhões, incluindo a construção e posta em marcha de 10 novas fábricas no país.

Além disso o setor destaca-se na importação de malte, com cerca de 3,8 mil toneladas em 2004, no valor de US\$ 1,7 milhões, e na exportação de cerveja, com mais de 28 milhões de litros exportados em 2004, o equivalente a uma receita de mais de US\$ 12 milhões.

## CAPÍTULO 3- DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL

### 3.1. Produção de cerveja

A cerveja é obtida pela fermentação da cevada, que consiste na conversão em álcool dos açúcares presentes nos grãos de cevada. A fermentação é a principal etapa do processo cervejeiro e sua efetividade depende de várias operações anteriores, incluindo o preparo das matérias-primas. Após a fermentação são realizadas etapas de tratamento da cerveja, para conferir as características organolépticas (sabor, odor, textura) desejadas no produto final.

A Figura 01 apresenta as etapas gerais da produção de cerveja.

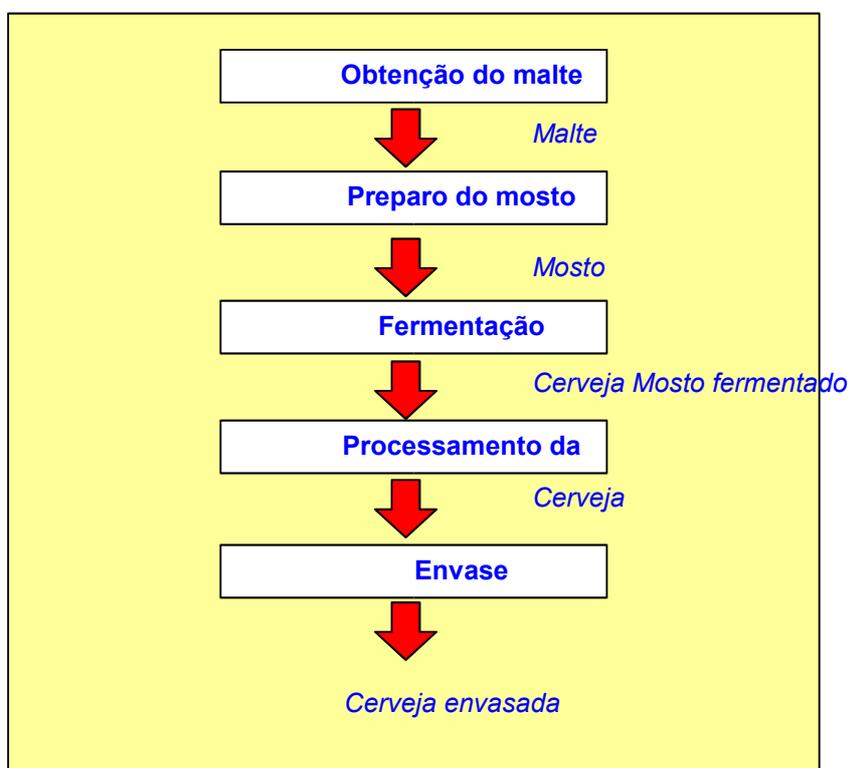


Figura 01: Etapas genéricas da produção de cerveja

A seguir cada uma das etapas ilustradas na Figura 01 é detalhada, conforme os processos típicos de uma cervejaria. Ressalta-se que podem haver diferenças em plantas reais, em função das particularidades de cada empresa.

#### a. Obtenção do malte

O malte, em geral, é obtido em instalações dedicadas a este propósito, conhecidas como *maltarias*, que podem ou não ser anexas às empresas cervejeiras. As principais etapas de obtenção do malte são a limpeza e seleção de grãos, a embebição, germinação e a secagem do malte.

### **a.1) Limpeza e seleção de grãos**

Em geral, a cevada é recebida granel da lavoura. Após o recebimento, os grãos de cevada são submetidos a um processo de limpeza para separação de palha, pedras, pequenos torrões, pedaços de madeira, etc. Em seguida, os grãos de cevada são selecionados, de acordo com seu tamanho em três ou quatro graduações, de modo a obter um malte homogêneo.

### **a.2) Embebição da cevada**

Uma vez selecionados, os grãos são armazenados em silos, de onde são periodicamente enviados aos tanques de embebição. Nestes tanques, a cevada recebe água até que os grãos atinjam um teor de umidade de 45% em relação ao seu peso, e sob condições controladas de temperatura e teor de oxigênio. Neste ambiente, os grãos de cevada saem de seu estado de latência, e incham devido a absorção de água. Este é o princípio do processo de germinação da semente, que dará origem a uma nova planta de cevada caso não seja interrompido.

### **a.3) Germinação**

Uma vez que o processo de germinação é iniciado, os grãos são dispostos em estufas, de modo a mantê-los em condições controladas de temperatura e umidade, até que brotem as radículas (pequenas formações embrionárias da futura raiz da planta), de cerca de oito centímetros, o que demora entre 5 e 8 dias.

### **a.4) Secagem**

Após retirar o excesso de água dos grãos por meio de peneiras, a cevada germinada é enviada para fornos de secagem, onde interrompe-se o processo de germinação pela ação do calor de vapor injetado, à uma temperatura de 45 a 50°C.

Numa segunda fase, ainda nos fornos de secagem, promove-se a caramelização dos grãos, transformando-os no malte. Esta etapa, conhecida pelo nome de cura, ocorre em temperaturas de 80 a 120°C, sendo que o malte resultante possui umidade remanescente em torno de 4 ou 5%.

Em certos tipos de processo, o malte é ainda torrado, num processo semelhante à torrefação do café, em geral terceirizado.

## **b. Preparo do mosto**

Após obter o malte conforme descrito anteriormente, ou o que é mais comum no Brasil, após adquiri-lo de uma maltaria, a cervejaria dá início ao processo de produção da cerveja propriamente dita, onde a primeira etapa consiste em obter o mosto.

O mosto pode ser definido como uma solução aquosa de açúcares, que serão os alimentos para as bactérias que realizam a fermentação, dando origem ao álcool. Desta maneira, percebe-se a importância do correto preparo do mosto para que se obtenha uma cerveja de qualidade.

O preparo do mosto consiste em cozinhar o malte com os devidos cuidados, o inclui etapas de preparo (como a moagem do malte, maceração, separação do mosto e sua filtração), o cozimento em si, e etapas de condicionamento posterior (onde fecha o parentese como a clarificação e o resfriamento. A solução livre de impurezas e rica em açúcares resultante deste processo é então enviada para a fermentação.

A seguir os detalhes da preparação do mosto.

### **b.1) Moagem do malte**

Uma vez recebido na cervejaria, o malte é armazenado por cerca de 15 a 30 dias em silos, metálicos ou de concreto, de grande capacidade (de 150 a 200 toneladas cada), período chamado de *pousio*.

A moagem consiste em submeter o malte à ação de moinhos de martelo ou de rolo, de modo a romper a casca dos grãos e expor seu conteúdo. É portanto um processo físico que proporciona acesso ao amido do grão maltado. Durante este processo, aspiradores captam o pó gerado pelo atrito entre as sementes, enviando o fluxo para um filtro de mangas.

### **b.2) Maceração do malte e adjunto**

A preparação física dos grãos obtida pela moagem permite a disponibilização das proteínas e do amido presentes no interior dos grãos de malte. No entanto apenas uma pequena parte destas substâncias é solúvel em água, o que faz necessário uma preparação química do malte, etapa denominada de maceração.

A maceração é um processo desenvolvido em via úmida, onde os grãos de malte moídos são misturados à água aquecida, em geral em torno de 65° C, de modo a ativar a ação de enzimas presentes nos grãos. Estas enzimas promovem a quebra de substâncias complexas e insolúveis em outras menores, mais simples e solúveis em água. Assim, as proteínas são convertidas em peptídeos e outros complexos orgânicos nitrogenados, e posteriormente em aminoácidos, enquanto os amidos são quebrados em moléculas de glicose, maltose e dextrinas, assimiláveis pelas leveduras que realizarão a fermentação posteriormente.

Deve-se ressaltar que em função de parâmetros como sabor, cor, aspecto ou mesmo custo, muitas vezes utiliza-se outra fonte de açúcar além do malte de cevada- é o chamado adjunto (ou griz). Os adjuntos mais comuns são os de milho, arroz e trigo, e diferenciam-se da cevada por não serem maltados, e portanto não possuem enzimas. Assim, para promover sua maceração, o adjunto deve ser aquecido em caldeira própria, mas depois necessita ser misturado ao malte em maceração para que as enzimas deste ajam sobre o amido do adjunto.

Do ponto de vista operacional o que se faz nas empresas é realizar a maceração do malte na caldeira de mostura, aquecendo a água até 65°C, enquanto o adjunto é misturado à água na temperatura de 120°C na caldeira de caldas. Após cerca de uma hora, adiciona-se o conteúdo desta caldeira à caldeira de mostura,

dando origem ao *mosto*, solução de açúcares oriundos da sacarificação do amido presente no malte e no adjunto, por ação das enzimas do malte.

### **b.3) Filtração do mosto**

Após o preparo do mosto, este é resfriado de 80-100°C até cerca de 75-78°C em um trocador de calor, e então é filtrado para remoção do resíduo dos grãos de malte e adjunto. Esta filtração é realizada por meio de peneiras que utilizam como elementos filtrantes as próprias cascas do malte presentes no mosto, e a parte sólida retida é denominada *bagaço de malte* ou *dreche*.

### **b.4) Fervura do mosto**

O mosto é então aquecido na caldeira de fervura até a ebulição (100°C) por um período de 60 a 90 minutos, para que se obtenha sua estabilização. Esse processo inativa as enzimas, coagula e precipita as proteínas, concentra e esteriliza o mosto. É nesta fase que se adicionam os aditivos que proporciona característica organolépticas típicas de cada tipo e marca de cerveja, como o lúpulo, caramelo, açúcar, mel, extratos vegetais, etc.

### **b.5) Clarificação**

A presença de partículas no mosto, oriundas de proteínas coaguladas, resíduos remanescentes de bagaço ou de outras fontes, pode comprometer a qualidade da fermentação, dando origem a ésteres, álcoois de maior cadeia molecular ou outras substâncias indesejáveis. Desta forma, embora o teor de partículas seja função do tipo de cerveja sendo produzida, torna-se imprescindível efetuar a clarificação do mosto antes da fermentação.

A forma mais difundida de realizar a clarificação é submeter o mosto a um processo de decantação hidrodinâmica, realizado em um equipamento denominado *whirlpool*, o qual consiste de um tanque circular onde o mosto entra tangencialmente em alta velocidade, separando as proteínas e outras partículas por efeito centrífugo.

O resíduo sólido retirado nesta etapa do processo é denominado *trub grosso*.

### **b.6) Resfriamento do mosto**

Após ser clarificado, o mosto é resfriado em um trocador de calor até uma temperatura entre 6 e 12°C, dependendo do tipo de levedo a ser utilizado para a fermentação, e então é aerado com ar estéril.

## **c. Fermentação**

Uma vez tendo sido preparado o mosto, e este tendo sido clarificado e resfriado, pode-se dar início a fermentação, processo central da indústria cervejeira.

A fermentação do mosto é dividida em duas etapas: numa primeira etapa, denominada aeróbia, as leveduras se reproduzem, aumentando de quantidade de 2 a 6 vezes; em seguida inicia-se a fase anaeróbia, onde as leveduras realizam a fermentação propriamente dita, convertendo os açúcares presentes no mosto em CO<sub>2</sub> e álcool.

O processo de fermentação dura de 6 a 9 dias, ao final dos quais obtém-se, além do mosto fermentado, uma grande quantidade de CO<sub>2</sub>, que após ser purificado é enviado para a etapa de carbonatação da cerveja.

De modo a garantir um bom andamento ao processo de fermentação, é necessário que a temperatura se mantenha constante, em valores entre 8 e 15°C dependendo de vários fatores. Para isso no entanto, é necessário que as dornas de fermentação sejam resfriadas, uma vez que a fermentação é um processo exotérmico, ou seja, que gera calor.

Ao final da fermentação, obtém-se também um excesso de levedos, já que estes se multiplicam durante o processo. Este levedo é então levado para tratamento e estocagem, sendo uma parte reutilizado em novas bateladas de fermentação, e parte vendido para a indústria de alimentos.

## **d. Processamento da cerveja**

Após a fermentação obtém-se o mosto fermentado, chamado também de cerveja verde, que já possui diversas características da cerveja a ser produzida. No entanto antes de proceder o envase do produto certas providências são necessárias, de modo a gaseificar a bebida, garantir sua qualidade e fornecer características organolépticas adicionais.

### **d.1) Maturação**

Ao final da fermentação existe uma grande quantidade de microorganismos e substâncias indesejáveis misturados à cerveja. De modo a separá-los, promove-se a maturação, processo onde mantém-se a cerveja em descanso nas dornas à uma temperatura de zero grau (ou menos), durante um período de 15 a 60 dias.

Além de promover a separação dos levedos da cerveja, esta etapa permite a ocorrência de algumas reações químicas que auxiliam no processo de estabilização do produto final, quanto à características relacionadas com o paladar e saturação com CO<sub>2</sub>.

### **d.2) Filtração**

Com o objetivo de remover impurezas que ainda não se decantaram, e proporcionar a limpidez final do produto, procede-se à uma etapa de filtração da cerveja após a maturação.

Para realizar a filtração pode-se contar com diversos tipos de meio filtrante, sendo os mais comuns os filtros de velas verticais ou placas horizontais, além do uso de terra diatomácea utiliza-se também (denominada *kiesselguhr*) como elemento auxiliar à filtração. Pode haver ainda uma etapa final, de filtração com filtro de

cartucho, para polimento. Finalmente, são adicionados aditivos como agentes estabilizantes, corantes ou açúcar, para o acerto final do paladar do produto.

O resíduo sólido gerado nesta etapa é a torta de filtração denominada *trub fino*, de alto conteúdo nitrogenado.

### **d.3) Carbonatação**

O teor de CO<sub>2</sub> existente na cerveja ao final do processo não é suficiente para atender as necessidades do produto. Desta forma, realiza-se uma etapa de carbonatação da mesma, por meio da injeção do gás carbônico gerado na etapa de fermentação. Além disso, eventualmente é injetado gás nitrogênio, com o intuito de favorecer características de formação de espuma. Em algumas empresas este processo é realizado em conjunto com a filtração.

Após a carbonatação, a cerveja pronta é enviada para dornas específicas, denominadas “adegas de pressão” – recipientes onde a bebida é mantida sob condições controladas de pressão e temperatura, de modo a garantir o sabor e o teor de CO<sub>2</sub> até o envase.

## **e. Envase**

Uma vez concluída a produção da cerveja, esta deve ser devidamente envasada. Nesse processo deve-se ter grande cuidado com possíveis fontes de contaminação, perda de gás e contato da cerveja com oxigênio. Tais ocorrências podem comprometer a qualidade do produto.

Em geral, o envase é a unidade com o maior contingente de funcionários, equipamentos de maior complexidade mecânica e maior índice de manutenção, onde podem ocorrer as maiores perdas por acidentes e má operação, como regulagem inadequada de máquinas, quebra de garrafas, etc.

O envase é a fase final do processo de produção, sendo composto por diversas operações relacionadas ao enchimento dos vasilhames (cujos mais comuns atualmente são as garrafas, vasilhames de alumínio e barris para chope).

### **e.1) Lavagem de garrafas**

Para os casos de envase das garrafas decerveja retornáveis torna-se necessário sua limpeza adequada. Este procedimento é realizado em um equipamento denominado *lavadora de garrafas*, o qual possui uma câmara fechada, onde as garrafas são lavadas com solução alcalina (soda) e detergente, sendo posteriormente enxaguadas com água quente para promover sua desinfecção.

Após a lavagem, as garrafas passam por inspeção visual automática, e aquelas que apresentam sujidade ou defeito são retiradas manualmente e enviadas para reciclagem.

Os equipamentos de lavagem de garrafas costumam ser bastante intensivos no consumo de água energia e geram grande quantidade de resíduos, tais como: pasta celulósica, formada pela cola e papel dos rótulos, vidros de garrafas danificadas ou quebradas e efluente líquido da lavagem.

## **e.2) Envase**

A cerveja proveniente da filtração é encaminhada para o processo de envasamento em máquinas denominadas *enchedoras*, onde se envasa a cerveja em garrafas de vidro ou em latas de alumínio, ou então em máquinas de *embarrilamento*, onde se enchem os barris, de aço inoxidável ou de madeira. O percentual da produção que é destinado a cada uma destas formas de envase depende das condições de mercado, variando entre empresas; plantas de uma mesma empresa, e até mesmo entre um lote e outro da mesma planta.

Na etapa de enchimento geram-se resíduos de vidro provenientes da quebra de garrafas, latas amassadas e efluentes provenientes de eventuais derramamentos de cerveja.

Cabe dizer que a bebida envasada em garrafas e latas é enviada à pasteurização, sendo então denominada *cerveja*. Aquela envasada em barris não passa por este processo, e é denominada *chope*, um produto de menor vida de prateleira, devido a ausência deste processo.

## **e.3) Pasteurização**

A pasteurização é um processo de esterilização no qual submete-se o produto a um aquecimento (até 60°C), seguido de um rápido resfriamento (até 4°C). O produto pasteurizado apresenta maior estabilidade e durabilidade (até seis meses) em função da eliminação de microrganismos.

## **e.4) Expedição**

Após o envase e a pasteurização, segue-se a rotulagem das garrafas e a embalagem para transporte, que incluem o encaixotamento e o envolvimento em filme plástico.

## **f. Utilidades e operações auxiliares**

Para a produção de cerveja são necessários diversos insumos, tais como: vapor, energia elétrica, amônia nem todas utilizam este composto para resfriamento, gás carbônico, ar comprimido e água, produtos químicos para limpeza de equipamentos. Uma descrição das principais atividades deste setor é apresentada a seguir.

### **f.1) Sistemas de limpeza CIP (clean in place)**

A legislação que regula os requisitos de higiene e condições sanitárias relativos à indústria de alimentos, de modo a prevenir a contaminação e assegurar as condições mínimas de limpeza, desinfecção e higiene na produção e uso da água (não potável, tratada e recirculada), é tratada pela Portaria ANVISA

SVS/ MS nº 326, de julho de 1997 e pela Portaria do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nº 368, de 4 de setembro de 1997.

Atualmente em diversas seções das plantas cervejeiras as operações de limpeza são conduzidas utilizando sistemas chamados de CIP- *clean in place*. Estes são caracterizados por serem sistemas automáticos de limpeza de equipamentos de processo, tubulações, tanques, etc, que realizam operações seqüenciais de enxágüe e lavagem, usando água sob condições definidas de pressão, temperatura e vazão, além de produtos químicos diversos, tendo todo o controle centralizado num painel de operações.

De modo simplificado, o solvente (água), adicionado de agentes de limpeza (alcalinos ou ácidos), é bombeado para bicos injetores estrategicamente localizados nos equipamentos, que aplicam jatos pressurizados.

Embora não haja uma definição formal, os equipamentos CIP se distinguem daqueles WIP (*wash in place*), pois nestes últimos é necessária uma verificação ou intervenção manual do operador ao final, enquanto nos CIP este cuidado não é necessário, embora possa ser realizado.

Além disso, existe dentro do conceito de CIP uma enorme variedade de sistemas: fixos ou móveis; exclusivos ou multipropósito; com ou sem reúso de água; de pequeno ou grande porte, etc.

Na indústria cervejeira são comuns os casos onde os sistemas CIP realizam lavagens de acordo com seguinte seqüência: enxágüe, lavagem alcalina (solução de soda), enxágüe, lavagem ácida (solução de ácido nítrico) e enxágüe. Em alguns casos, os efluentes de uma lavagem podem ser reutilizados em lavagens seguintes, em até 5 ou 6 vezes, e em operações de limpeza mais intensa, realizadas com maior intervalo de tempo, acrescenta-se uma etapa de desinfecção, em geral usando hipoclorito de sódio.

## **f.2) Produção de água quente e vapor**

Em diversas operações do processo é requerido o uso de água quente ou de vapor de processo, como por exemplo na fervura do mosto e lavagem de garrafas. Esta água quente e vapor são produzidos em caldeiras, que podem ser alimentadas com lenha, óleo combustível, óleo diesel ou gás natural. Atualmente, algumas plantas já possuem sistemas de reaproveitamento do biogás gerado na unidade de tratamento anaeróbio da Estação de Tratamento de Efluentes, como combustível para as caldeiras.

Algumas indústrias cervejeiras têm optado por instalar sistemas de cogeração de eletricidade e vapor, que consistem de uma turbina a gás natural com recuperação de calor para produção de vapor e energia elétrica para o processo.

## **f.3) Refrigeração**

A refrigeração é um fator de extrema relevância no processo cervejeiro, tanto por razões físico-químicas do processo como para o controle da atividade biológica desenvolvida na fermentação.

No processo cervejeiro há alguns pontos onde a refrigeração é necessária em maior escala, a saber:

- *Resfriamento do mosto*: para o resfriamento do mosto são utilizados trocadores de calor, que consiste de um equipamento dotado de tubulações dentro das quais passa o mosto quente, e em torno da qual passa água fria, reduzindo assim a temperatura do mosto e pré-aquecendo a água. Deste modo obtém-se o mosto resfriado, que é enviado às próximas etapas do processo, e a água aquecida, que pode ser utilizada na preparação de nova batelada de mosto, economizando energia para seu aquecimento;
- *Fermentação e Maturação*: para manter a temperatura na faixa de 10 a 15° C (adequada à atividade bacteriana na fermentação) durante das etapas de fermentação e maturação, em geral, são utilizados sistemas centralizados de resfriamento, que atuam sobre um fluido de trabalho (água, amônia, etileno-glicol, etanol, etc) que circula por uma serpentina no interior das dornas. Neste caso, a mesma dorna pode ser usada para a fermentação e a maturação, alterando apenas as condições de temperatura para controle do processo.

Além desta alternativa, há casos de dornas com resfriamento por encamisamento, e outras ainda, mais antigas, instaladas em salas refrigeradas.

- *Pasteurização*: Com o intuito de reutilizar a água efluente da pasteurização no próprio processo, pode-se reduzir sua temperatura em torre de resfriamento ou uma central local de refrigeração.

#### **f.4) Tratamento de água**

Seja para fins de incorporação no produto ou para operações auxiliares, a água é um insumo de vital importância numa cervejaria, pois além de ser imprescindível em diversas etapas do processo é responsável por diversas características de sabor e cor da cerveja.

A indústria cervejeira divide a água usada no processo em dois tipos:

- ✓ Água cervejeira, nobre ou de fabricação: é a água incorporada ao produto e utilizada para condicionamento do malte, moagem, carga e descarga de produtos em elaboração, etc. Para incorporação ao produto, em geral trabalha-se com água com pH 6,0 a 6,5 e com diversos requisitos de qualidade físico-químicos sendo que ao final tem-se na formulação da cerveja um teor de água de 85 % proveniente do preparo do mosto.
- ✓ Água de serviço: é a água usada em situações locais e equipamentos onde não ocorre contato com o produto, por exemplo: lavagem de vasilhames, pisos e equipamentos e resfriamento. Permite-se reuso desta água em diversas situações, devendo ser observadas as necessidades sanitárias para garantia da qualidade do produto, bem como para atendimento de legislação específica.

Atualmente, com a maior disponibilidade e variedade de sistemas de tratamento de água, a qualidade da água captada deixou de ser uma questão estratégica das cervejarias, como era no passado, embora, águas captadas com melhor qualidade demandem menor custo de tratamento.

Em geral, muitas empresas ainda captam sua água, na totalidade ou ao menos uma parcela desta, de poços artesianos ou nascentes, dependendo da localização da planta. Em função da qualidade desta água captada e do uso pretendido dentro da planta, o tipo de tratamento utilizado varia de sistemas simples

(decantação com sulfato de alumínio e desinfecção com hipoclorito de sódio) a sistemas mais avançados e caros (como osmose reversa, ultrafiltração, etc).

#### **f.5) Tratamento de efluentes**

Em geral, as indústrias cervejeiras possuem instalações relativamente grandes para tratamento de seus efluentes, em virtude da carga orgânica de moderada à elevada dos despejos (de 1.200 a 3.000 mg/l de DBO) e também de sua considerável vazão (dependendo do porte das instalações, mas da ordem de milhares de m<sup>3</sup> ao dia) . Genericamente, as plantas são compostas por um pré-tratamento (neutralização/ equalização) e um sistema de tratamento biológico (muitas vezes integrando etapas anaeróbia e aeróbia). Ao final, gera-se lodo de tratamento, que necessita de uma correta destinação final.

#### **f.6) Outros**

Além das instalações auxiliares já citadas, há diversas outras que em geral são necessárias, dentre as quais pode-se citar a planta de recuperação de CO<sub>2</sub> (que capta, prepara e envia o gás da fermentação para a carbonatação), a planta de geração de ar comprimido e diversos setores de estocagem de materiais, entre outros.

A Figura 2 apresenta um fluxograma das principais etapas do processo cervejeiro, com suas respectivas entradas (matérias-primas, insumos) e saídas (resíduos gerados).

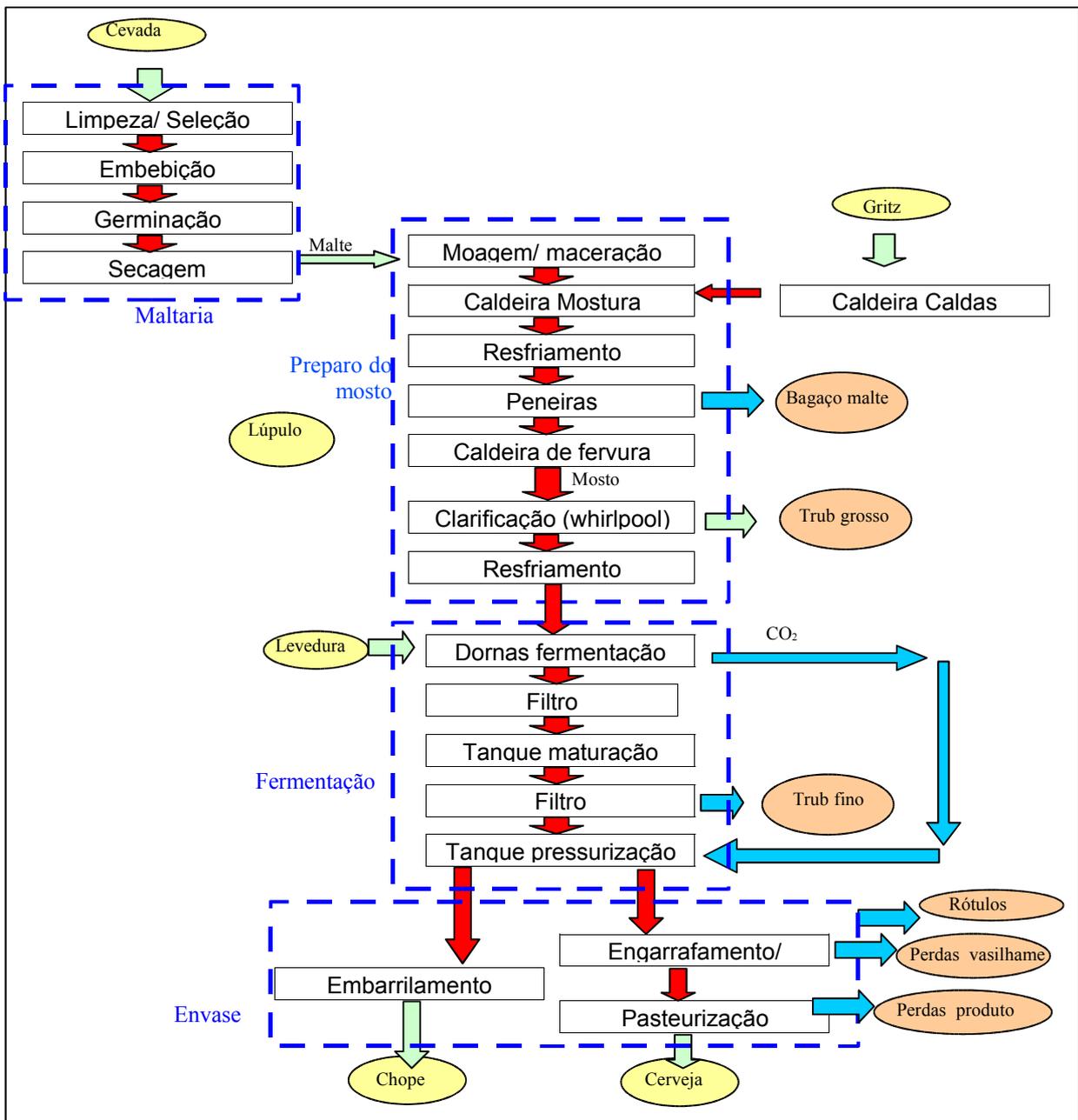


Figura 02: Fluxograma de processo genérico da produção de cerveja.

## 3.2 Produção de refrigerantes

Resumidamente, a produção de refrigerantes pode ser dividida em três partes, como ilustra a Figura 3 a seguir [1].

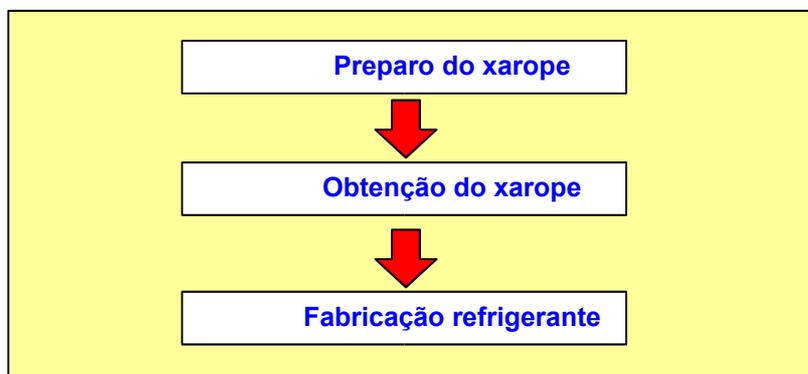


Figura 03: Etapas genéricas da produção de refrigerantes.

A produção de refrigerantes emprega quantidades significativas de água, açúcar cristal, CO<sub>2</sub> para carbonatação, além de diversos aditivos como conservantes (p. e., sorbato de potássio e benzoato de sódio), estabilizantes, acidulantes, corantes, essências (guaraná, cola, limão, laranja, tutti-frutti ), entre outros.

### a. Preparo do xarope simples

O xarope simples, também conhecido como calda base, é uma solução aquosa de açúcar, eventualmente enriquecida com ácidos orgânicos. Sua obtenção se dá pela diluição do açúcar em água quente, seguido de cozimento à temperatura de 85-100 °C [1] [12], de modo a retirar impurezas que possam gerar problemas de odor e sabor no produto final. Esta calda é então tratada e clarificada, usando como elementos de clarificação e purificação carvão ativado em pó, terra diatomácea ou outro produto semelhante. Os refrigerantes dietéticos recebem edulcorantes sintéticos, em substituição ao açúcar, na elaboração do xarope simples [12].

Após a separação da fração sólida do filtrado, o xarope simples é resfriado em trocadores de calor até uma temperatura aproximada de 20°C [12].

### b. Obtenção do xarope composto

Os aditivos incorporados ao xarope simples para obtenção do xarope composto é que distinguem os refrigerantes entre si, conferindo as características de cor, sabor, odor e propriedades químicas adequadas à sua conservação.

Os aditivos incorporados podem ser sucos naturais de frutas, flavorizantes, estabilizantes, conservantes, corantes, antioxidantes, entre outros. Estes compostos são incorporados ao xarope simples em tonel agitado mecanicamente.

Alguns extratos vegetais são adicionados, como nos refrigerantes de guaraná e cola. No caso dos refrigerantes de guaraná, o extrato é obtido de sementes da planta do guaraná, que passa por um processo de torrefação, moagem e depois é tratada com solventes alcoólicos que auxiliam na liberação da essência de guaraná, operação realizada em extratores rotativos. Esta essência, dita primária, passa por uma decantação, filtração e concentração a vácuo.

No caso dos refrigerantes de “cola”, os extratos são obtidos a partir de formulações vegetais secretas, que constituem um dos segredos do setor.

## **c. Fabricação do refrigerante**

### **c.1) Diluição e carbonatação**

Para fabricar o refrigerante propriamente dito, o xarope composto é diluído em água tratada, de acordo com os requisitos necessários de qualidade, e acrescido de CO<sub>2</sub> (carbonatação). Diversas pequenas empresas, ou mesmo algumas plantas de empresas maiores, realizam apenas esta parte do processo, recebendo o xarope composto já pronto para diluição, carbonatação e envase.

O envase de refrigerantes deve ser realizado logo após a carbonatação, de modo a evitar perdas de CO<sub>2</sub>. As latas de alumínio, garrafas de vidro e PET são as embalagens mais utilizadas. Em geral, o que se encontra nas fábricas de refrigerante é uma instalação composta basicamente de dois equipamentos: um que mistura o xarope e a água (proporcionador), e outro que mistura o gás carbônico (conhecido como carbo-cooler). Em seguida, o refrigerante é enviado às máquinas enchedoras, similares à indústria de cerveja.

### **c.2) Lavagem de garrafas**

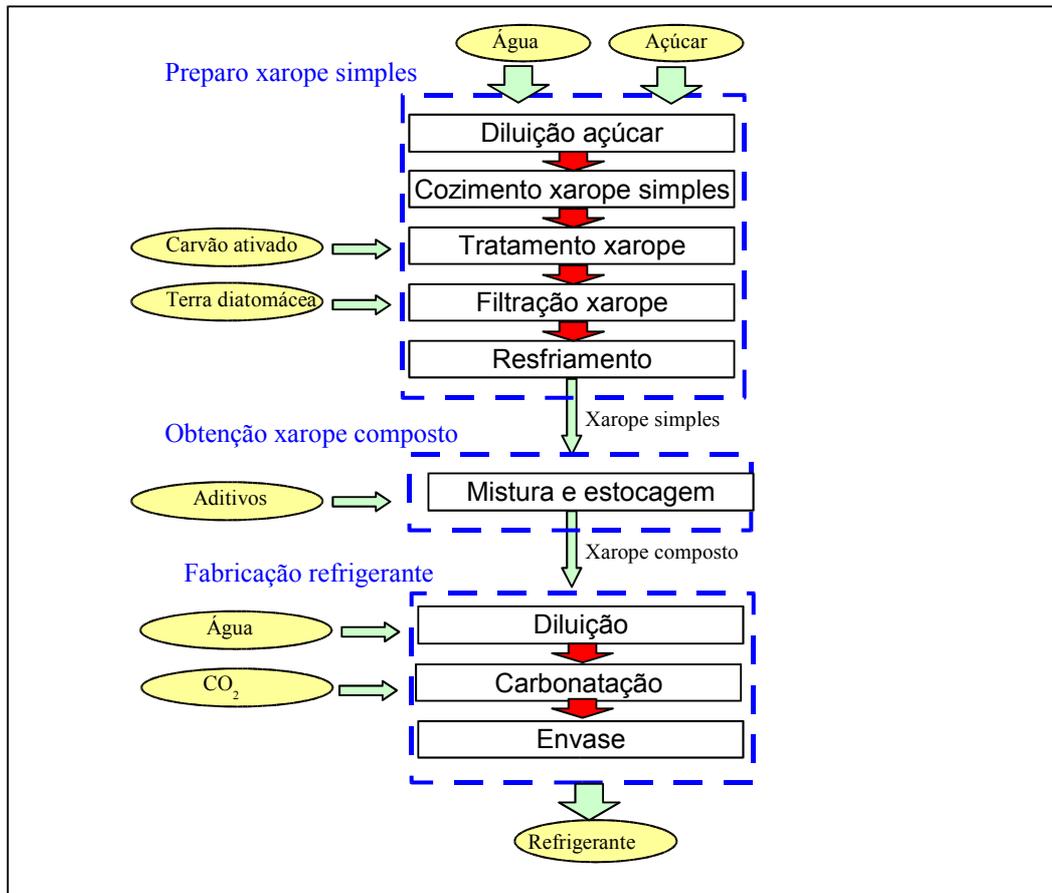
Os vasilhames são cuidadosamente inspecionados e aqueles que estejam fora das especificações para uso (garrafas trincadas, bicadas, lascadas, lixadas, quebradas, sujas) são retirados. Após a seleção, as garrafas são colocadas na esteira de transporte e entram nas lavadoras, onde iniciam o processo por um tanque de pré-lavagem com água.

As garrafas muito sujas são imersas em um tanque com solução alcalina de soda cáustica quente, para retirada da sujidade, impurezas e esterilização. Por último, são enxaguadas em tanque com esguichos de água limpa. Ao final, uma nova inspeção e seleção são realizadas antes de seu envio para a máquina enchedora.

## **d. Operações auxiliares**

A produção de refrigerantes conta com três tipos principais de operações auxiliares: geração de vapor, sistemas de lavagem e tratamento de água, com características de operação semelhantes ao apresentado no item 1.1.6. ilustra as principais etapas, entrada e saídas do processo de produção dos refrigerantes.

**Figura 04: Fluxograma de processo genérico da produção de refrigerantes.**



## **CAPÍTULO 4- PRINCIPAIS ASPECTOS AMBIENTAIS**

### **4.1. Produção de cerveja**

Em relação ao consumo de recursos naturais, o setor cervejeiro caracteriza-se como consumidor de grande quantidade de água, que, em geral, deve ser de excelente qualidade. Além disso, pela natureza de suas operações, centradas na fermentação e repletas de etapas de limpeza, é grande a vazão de efluentes gerados, e com valores moderados ou elevados de carga orgânica e sólidos em suspensão de (1.200 a 3.000 mg/l de DBO, e de 100 a 800 mg/l de sólidos suspensos.).

Desta forma, pode-se dizer que os principais pontos de atenção em relação aos impactos ambientais do setor cervejeiro são oriundos destas características, como a geração de resíduos sólidos de etapas de filtração antes e depois da fermentação, odores da ETE, geração de efluentes dos sistemas de refrigeração, etc.

A Tabela 01 representa, para cada etapa do processo, os principais aspectos ambientais.

**Tabela 01: Principais aspectos ambientais das cervejarias [10]**

<b>Etapa do processo industrial</b>		<b>Obtenção do mosto</b>	<b>Fermentação/ Proc. cerveja</b>	<b>Envase</b>	<b>Utilidades</b>
Alto consumo de água		X	X	X	X
Alto consumo energético		aquecimento	resfriamento	aquecimento	X
Efluentes	Elevada carga orgânica	X	X	X	
	Alcalis/ ácidos da limpeza	X	X	X	
Resíduos sólidos	Geração resíduos		X	X	X
	Resíduos perigosos				X
Emissões gasosas	Particulado	X	X		X
	Gases				X
Ruído				X	X

A seguir, são apresentados os principais aspectos ambientais da indústria de produção de cerveja relativos ao consumo de insumos (água, energia e matérias-primas) e geração de rejeitos.

## a. Insumos utilizados

### a.1) Matérias - primas

Em geral, para a produção de cerveja, consome-se aproximadamente *15 kg de malte e adjunto por hectolitro de cerveja*, sendo que para a maior parte das cervejas o percentual de adjunto não ultrapassa 30% deste total.

Quanto ao lúpulo, a quantidade adicionada varia muito de acordo com cada tipo de cerveja.

### a.2) Água

O consumo de água numa cervejaria varia numa ampla faixa, em função principalmente dos seguintes fatores: tipo de envase utilizado (garrafas retornáveis, garrafas *descartáveis*, latas, etc), tecnologia de pasteurização, idade da planta, nível tecnológico e aspectos operacionais (eficiência das operações de limpeza de equipamentos, pasteurização, envase, etc.). A relação “consumo de água/ produção de cerveja” varia também de modo bastante significativo conforme o porte das instalações, sendo que a tendência geral é que quanto menores as instalações, maior o consumo relativo [4].

As etapas que apresentam o maior consumo de água nas cervejarias são o resfriamento e lavagem [10].

De modo bastante genérico, tem-se que o consumo total de água numa cervejaria varia entre 4 e 10 hl de água/hl de bebida [3]. Estudos mais recentes [11] estabelecem, para plantas européias, valores entre 3,7 e 8,0 hl de água/ hl cerveja. Segundo levantamentos realizados junto às grandes cervejarias do Estado de São Paulo, este índice tem variado *de 4 a 7 hl de água/hl de bebida*.

Um fator que, segundo informações do próprio setor produtivo, influencia em grande parte o consumo de água é o tipo de vasilhame onde se acondiciona a bebida. Por exemplo, determinadas plantas trabalham exclusivamente com latas, que não necessitam ser lavadas, enquanto outras trabalham exclusivamente com garrafas, que demandam grandes quantidades de água para remoção dos rótulos e limpeza, antes do enchimento.

Quanto à distribuição do consumo de água por uso, um estudo realizado em uma cervejaria da Holanda mostra a seguinte distribuição [10]:

- ✓ Operações de limpeza e desinfecção: 44%;
- ✓ Preparo do mosto: 20%;
- ✓ Resfriamento: 11%, e
- ✓ Outros fins (produção de vapor, doméstico, refeitório, etc) e perdas: 25%.

Estes valores demonstram que são grandes as possibilidades de otimização do uso da água, atuando sobre os procedimentos operacionais e equipamentos de limpeza, resfriamento, e eliminação de perdas.

O uso da água em cada uma das etapas do processo sofre grande variação em função das práticas operacionais de cada instalação. As Tabelas 2 e 3 apresentam valores mínimos, máximos e médios (entre

parênteses) obtidos em dois estudos, um deles realizado na Alemanha na década de 80 [3]; e outro estudo relatado no relatório do Banco Mundial, de 1986 [7].

**Tabela 02: Consumo de água em duas cervejarias alemãs [3]**

Etapa do Processo	Cervejaria A- 1980 (hl água/ hl cerveja)	Cervejaria B- 1986 (hl água/ hl cerveja)
Sala de cozimento	1,8- 4,2	1,4- 3,0 (1,75)
Dornas, incluindo filtração	0,8- 1,7	1,0- 1,5 (1,15)
Envase e pasteurização	0,9- 1,9	1,3- 1,8 (1,50)
Utilidades, incluindo refrigeração	1,25- 3,30	0,7- 1,9 (2,25)
<b>TOTAL</b>	<b>4,75- 11,1</b>	<b>4,4- 8,2</b>

**OBS:** Os valores acima correspondem aos valores mínimos e máximos, e no quando entre parênteses, aos valores médios.

**Tabela 03: Consumo de água em cervejarias [7].**

Etapa do processo	Consumo (hl água/hl cerveja)
Produção mosto	1,8- 2,2 (2,0)
Resfriamento mosto	0,0- 2,4 (0,0)
Tratamento levedo	0,5- 0,8 (0,6)
Filtro e adega pressão	0,1- 0,5 (0,3)
Dorna de maturação	0,3- 0,6 (0,5)
Envase (70% em garrafas)	0,9- 2,1 (1,1)
Embarrelamento (30% em barris)	0,1- 0,2 (0,1)
Água reutilizada- limpeza veículos, pisos, etc	0,1- 0,3 (0,2)
Caldeiras (produção vapor)	0,1- 0,3 (0,2)
Compressor ar	0,1- 0,5 (0,3)
<b>TOTAL</b>	<b>4,9- 12,6 (6,6)</b>

**OBS:** idem

A Tabela 4 apresenta os resultados de um estudo europeu [11] mais recente, que compara o consumo de água descrito em literatura com dados medidos em cervejarias alemãs.

**Tabela 04: Dados europeus para consumo de água por etapa do processo [11].**

Etapa do processo	Valores medidos (hl água/ hl cerveja)	Valores de literatura (hl água/ hl cerveja)
Produção mosto	1,30- 2,36	1,74- 2,60
Fermentação	0,32- 0,53	0,40- 0,80
Maturação	0,24- 0,67	0,10- 0,60
Filtração	0,31- 1,09	0,10- 0,76
Envase em garrafa	0,59- 1,63	0,90- 0,98
Envase em barril	0,13- 0,61	0,10- 1,20
Outros usos	2,00- 2,04	0,26- 3,97
<b>TOTAL</b>	<b>4,03- 6,80</b>	<b>4,85- 18,10</b>

**OBS:** ibidem

### a.3) Energia

Na indústria de cerveja, consome-se energia em duas formas basicamente: calor de processo, na forma de vapor, e energia elétrica. Algumas instalações já têm utilizado sistemas de cogeração para atender com uma única fonte primária todas as necessidades de vapor e eletricidade, em geral pela queima de gás natural.

No que diz respeito ao consumo de energia na forma de calor, tem-se que uma cervejaria trabalhando de modo otimizado consome cerca de 150- 200 MJ/ hl *cerveja* [10], sendo que instalações mal operadas, ineficientes ou sem recuperação de calor na caldeira de mosto, podem consumir de duas a três vezes esta quantidade [3]. Dados mais recentes [11] indicam que este número tem sido reduzido de forma sistemática, sendo que para o ano de 2000 o valor médio foi de 118,7 MJ/ hl *cerveja*.

Deve-se lembrar que estes dados são oriundos de levantamentos em países do hemisfério Norte onde, por conta das temperaturas ambientes mais reduzidas, há maior consumo de calor, tanto em processos quanto para condicionamento de ambientes.

As principais etapas em consumo de calor numa cervejaria são [10]:

- ✓ Preparação do mosto;
- ✓ Fervura do mosto (etapa de maior consumo);
- ✓ Limpeza (CIP) e desinfecção;
- ✓ Lavagem de garrafas e barris, e
- ✓ Pasteurização.

A Tabela 05 indica os dados alemães [11] para a distribuição de consumo de energia na forma de vapor numa cervejaria.

**Tabela 05: Consumo de energia na forma de calor [11].**

Etapa do processo	Consumo calor (MJ/ hl <i>cerveja</i> )
Preparo do mosto	87- 121 (92)
Envase em garrafas	58- 94 (86)
Envase em barril	8- 13 (11)
Água de processo	3- 8 (4)
TOTAL	156- 236 (193)

**OBS:** Os valores acima correspondem aos valores mínimos e máximos, e no quando entre parênteses, aos valores médios.

As causas mais comuns de baixa eficiência energética no uso de calor, são [10]:

- ✓ ausência de sistemas de recuperação de energia nos trocadores de calor;
- ✓ controle inadequado de processos;
- ✓ equipamentos de baixa eficiência;
- ✓ perdas nas tubulações;
- ✓ falta de isolamento térmico;
- ✓ projeto inadequado, ou ausência, de retorno de condensados, e
- ✓ baixa eficiência das caldeiras.

Quanto à eletricidade, uma cervejaria otimizada consome cerca de 8 a 12 kWh/ hl cerveja, dependendo do produto e processo utilizados, sendo que o mau uso de energia pode duplicar este valor [3].

Os principais usos de eletricidade numa cervejaria são [10]:

- ✓ envase;
- ✓ instalações de refrigeração;
- ✓ planta de ar comprimido;
- ✓ planta de recuperação de CO<sub>2</sub>;
- ✓ ETE, e
- ✓ equipamentos de ar condicionado.

Em conjunto, outros usos podem se tornar significativos, como bombas, compressores, ventiladores e iluminação [10].

#### **a.4) Outros insumos**

Alguns valores de referência para produtos auxiliares são [3]:

- ✓ terra diatomácea (*kiesselguhr*, pó de osso): 0,1 a 0,3 kg/hl cerveja, dependendo da claridade inicial, levedo utilizado e tipo de cerveja;
- ✓ soda cáustica: 0,5 a 1,0 kg (30% NaOH)/ hl cerveja, dependendo da eficiência das lavagens realizadas;
- ✓ CO<sub>2</sub>: o consumo de CO<sub>2</sub> de uma cervejaria depende do tipo de envase, além de outras possíveis perdas de gás após a carbonatação no processo produtivo, mas em geral este se situa entre 3 e 4 kg/ hl de mosto [10], valor em geral menor do que a produção de CO<sub>2</sub> pela fermentação, e
- ✓ produtos químicos: na produção de cerveja é utilizada uma ampla gama de produtos químicos, principalmente ácidos, soda e detergentes para as etapas de lavagem; hipoclorito ou outros produtos para desinfecção; cola para os rótulos; lubrificantes e óleos hidráulicos para as máquinas; fluidos de trabalho para os sistemas de refrigeração; e aditivos para o produto (antiespumantes, conservantes, etc).

### **b. Principais poluentes gerados**

#### **b.1) Resíduos sólidos**

No processo cervejeiro, os resíduos sólidos são gerados principalmente nas etapas de filtragem, envase e tratamento de água e efluentes líquidos. Os principais resíduos gerados são:

- ✓ “*grãos usados*”: principal tipo de resíduo, em relação à quantidade gerada. São aqueles resíduos oriundos do aproveitamento do conteúdo dos grãos de malte, constituídos de restos de casca e polpa dos grãos, misturados, em suspensão ou dissolvidos no mosto. Embora de origem semelhante, dependendo da etapa onde são retirados do mosto possuem características físicas e composição distinta, e portanto são separados em três tipos:

- ✓ bagaco de malte: resíduo gerado na filtração do mosto após a caldeira de mostura, antes da fervura;
- ✓ trub grosso: resíduo tirado do *whirlpool*, na primeira filtração após o cozimento, composto de gordura vegetal e proteínas coaguladas, e
- ✓ trub fino: resíduo obtido na segunda filtração, composto de gordura vegetal, que sai misturado à terra diatomácea e parcelas de levedo.

Tanto o trub fino como o grosso possuem excelentes características nutricionais, assim como o bagaco de malte, e por esta razão são usados na fabricação de ração animal. Em alguns casos, estes são misturados ao bagaco de malte, e em algumas plantas até se utiliza deste trub no preparo de novas bateladas de mosto [10].

- ✓ excesso de levedura: durante o processo de fermentação as leveduras se reproduzem, obtendo-se ao final do processo mais levedo do que se utilizará na próxima batelada. Como já citado, parte desta levedura é utilizada no preparo de nova batelada, e parte é vendida para a indústria alimentícia;
- ✓ resíduos do envase: durante a etapa de envase existem dois tipos de resíduos gerados:
- ✓ pasta celulósica: composta dos rótulos removida na lavagem das garrafas retornáveis, é vendida a empresas de reciclagem de papel;
- ✓ garrafas quebradas, latas e tampas metálicas amassadas, plástico e papelão originários de embalagens: São segregados e vendidos para as empresas de reciclagem, e
- ✓ terra Diatomácea: usada na clarificação, é retirada, passa por um processo de secagem e posteriormente destinada para aterros como material inerte.
- ✓ lodo: tanto na Estação de Tratamento de Águas (ETA) como na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), geram-se quantidades consideráveis de lodo, que deve ser corretamente gerenciado como resíduo;

Para uma planta de 170.000 hl cerveja/ mês, tem-se as taxas de geração de resíduos sólidos como apresentado na Tabela 06 [3], [10].

**Tabela 06 Principais resíduos sólidos gerados na indústria cervejeira [3] [10]**

<b>Resíduo</b>	<b>[3] Dados Canadá, 1997</b>	<b>[10] Dados UNEP, 1996</b>
Bagaço de malte	20 kg/hl cerveja	14 kg/hl cerveja, 80% água, ou 125- 130 kg /100 kg malte, base seca
Levedura adicional	3 l/hl <i>cerveja</i>	2- 4 kg/hl, 10- 15% massa seca.
Terra diatomácea	0,6 l/hl cerveja	Trub: 0,2 a 0,4% do mosto , 15- 20% massa seca.
Cinzas	1,7 kg/hl cerveja	----
Poeira de malte e griz	0,25 kg/hl cerveja	----
Outros (cartão, cacos vidro, plásticos, etc)	180 t/ mês	----

Para que se tenha uma idéia do que isso representa em termos mássicos, nas Figuras 05 e 06 são apresentados gráficos comparativos das quantidades de resíduos gerados. O gráfico da Figura 05 apresenta valores que não consideram os *grãos usados* [10], enquanto o gráfico da Figura 06 apresenta dados de uma cervejaria européia que produz 1 milhão de hl cerveja/ ano [11].

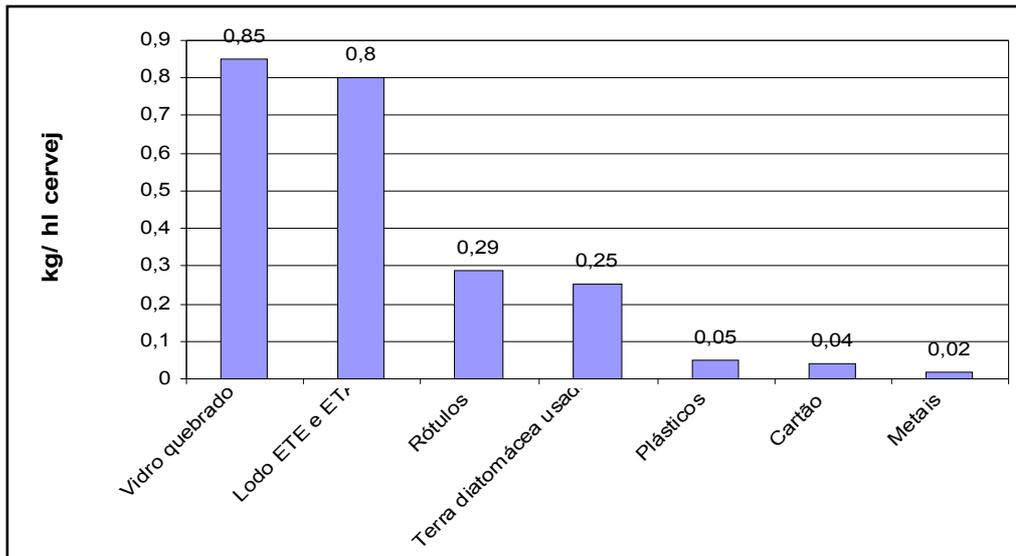


Figura 05: Geração de resíduos sólidos na produção de cerveja [10].

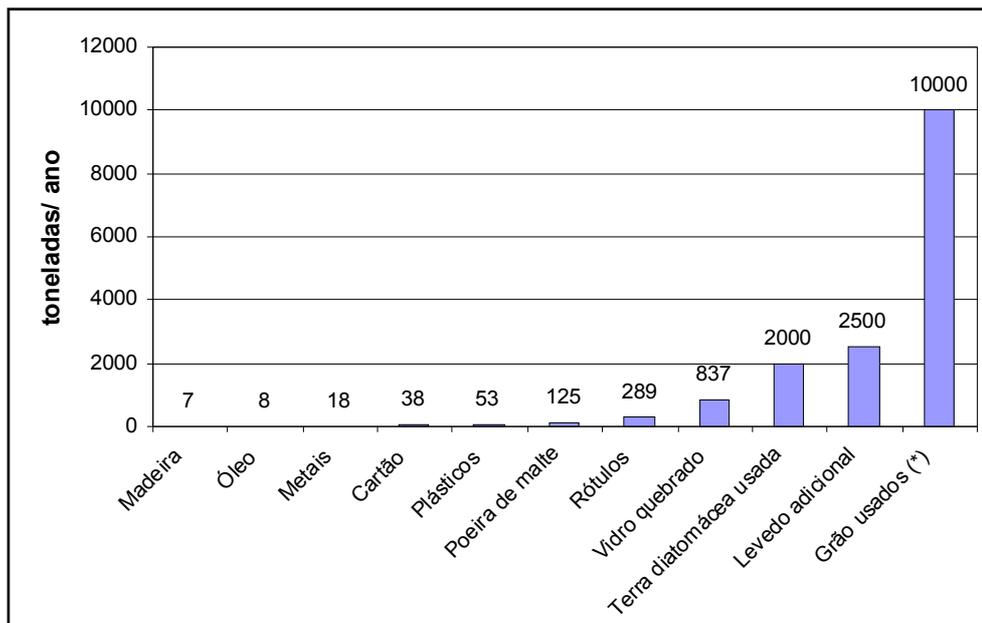


Figura 06: Geração de resíduos numa cervejaria de 10<sup>6</sup> hl cerveja/ ano [11].

## b.2) Efluentes líquidos

Principalmente por conta da necessidade de freqüentes operações de limpeza, seja de equipamentos, pisos ou garrafas, a indústria cervejeira gera quantidades significativas de efluentes.

A composição destes efluentes é fortemente influenciada pelo tipo de cerveja fabricado, tipo de levedura utilizada, qualidade dos processos de filtração, tipo de aditivos eventualmente acrescentados e eficiência dos processos de limpeza de equipamentos.

Por conta destes fatores e da já citada variabilidade de condições operacionais do processo cervejeiro, tanto a composição como a taxa de geração dos rejeitos deste setor produtivo é muito variável.

Desta forma, os valores apresentados a seguir são apenas exemplos, sendo necessário avaliar cada caso separadamente.

Os efluentes líquidos são gerados principalmente nas etapas de lavagem de garrafas, linhas e equipamentos. Os principais pontos de geração são relacionados a seguir:

- Operações de limpeza de:
  - ✓ caldeiras de caldas, mostura e lúpulo;
  - ✓ tubulações;
  - ✓ filtros;
  - ✓ *whirpool*;
  - ✓ trocadores de calor;
  - ✓ tanque leveduras;
  - ✓ garrafas de vidro, barris de aço ou madeira e latas de alumínio;
  - ✓ caixas plásticas, e
  - ✓ pisos.
- Envase: Extravasamento e quebras no envase;
- Domésticos: refeitório, vestiários, sanitários, etc.;

Quanto aos volumes, exceto pela água incorporada, evaporada e presente nos resíduos, que totalizam de 1,3 a 1,8 hl/hl cerveja [11], com média de cerca de 1,5 hl/hl cerveja [10], todo o restante da água utilizada se torna efluente, ou seja, gera-se de 3 a 6 hl efluente/hl cerveja.

A divisão da geração de efluentes em cada etapa do processo varia intensamente em volume e características. Por exemplo, a lavagem de garrafas gera grandes volumes de efluente, mas com reduzida carga orgânica. No entanto, a fermentação e filtragem geram apenas 3% do volume de efluentes, mas são responsáveis por 97% da carga orgânica total [3].

No que diz respeito à composição, os efluentes da indústria cervejeira apresentam, usualmente, alto potencial de poluição pela sua carga orgânica, teor de sólidos em suspensão e presença de fósforo e nitrogênio.

A composição qualitativa do efluente de cada fonte principal, é mostrada na Tabela 07 [1].

**Tabela 07: Composição qualitativa dos principais efluentes de cervejaria [1].**

<b>Etapa processo</b>	<b>Origem</b>	<b>Composição</b>
Maltaria	Impurezas nas matérias-primas	Restos de grãos, sólidos sedimentáveis, proteínas e açúcares
Cozimento do mosto	Resto de mosto e lavagem dos equipamentos	Açúcares, proteínas, taninos e resinas.
Fermentação	Lavagem das dornas	Álcool, ácidos, aldeídos, cetonas, ésteres e levedura.
Maturação	Fundo das cubas	Proteínas e produtos de sua degradação.

Há que se considerar que cerca de 45% da água usada em uma cervejaria se destina ao enxágüe, o que condiciona a quantidade e concentração dos efluentes gerados à eficiência desta operação. Além disso, cerca de 1 a 5% da cerveja é perdida na purga de tubulações, fundo de tanques e na geração de rejeitos no envase (garrafas quebradas, mal preenchidas, etc) [3], o que agrega muitas vezes importantes cargas orgânicas ao efluente. Estes motivos, entre a diversidade de condições operacionais já citadas, provoca grande variabilidade nas características do efluente das cervejarias.

A Tabela 8 apresenta alguns exemplos de características do efluente final de cervejarias, de diversas fontes bibliográficas.

**Tabela 08: Característica de despejos de cervejarias (diversos).**

Parâm.	Unidade	[1] Dados USA, 1971	[1] Dados Estado SP, déc. 80	[2] Dados USA, 1997.	[6] Dados USA, 1993	[6] Dados Brasil, 1993	[7], [11] Dados Banco Mundial, 1997
Vazão	m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup> cerv.	5,5- 8,3 (6,9)		1,3- 2,0 (1,6)			3- 5
DBO	mg/ l	1.611- 1.784 (1.718)	3.045	-	419- 1.200	1.000- 1.800	1.000- 1.500
	kg/m <sup>3</sup> cerv.	9,43- 11,8 (10,4)	17	6- 18 (12)			
DQO	mg/ l		4.448	-			1.800- 3.000
	kg/m <sup>3</sup> cerv.		25	-			
SS	mg/ l			-	244- 650	118- 800	10- 60
	kg/m <sup>3</sup> cerv.			2- 4 (3)			
RNF	mg/ l	723- 957	664				
	kg/ m <sup>3</sup> cerv.	3,83-4,79 (4,18)	4				
N total	mg/ l		78				30- 100
Fósforo	mg/ l		12				10- 30
Temp.	° C	28- 32 (30)					30
pH		6,5- 8,0 (7,4)	2,4- 12,0	-	5,5- 7,4	5- 10	~7

SS = Sólidos em Suspensão.

RNF = Resíduo Não Filtrável

N total = Nitrogênio

Em relação à contribuição de cada uma das etapas do processo ao montante total de carga orgânica e resíduos não filtráveis, a Tabela 09 apresenta um exemplo de divisão de carga poluidora de cada etapa do processo.

**Tabela 09: Carga poluidora potencial de cada etapa do processo cervejeiro (adaptado de [2]).**

Origem	DBO		RNF	
	kg/ m <sup>3</sup> cerv.	%	kg/ m <sup>3</sup> cerv.	%
Levedura excedente	3,71	30	2,55	30
Trub	3,21	26	1,24	14
Lúpulo	0,39	3	0,77	9
Licor dos grãos prensados	0,85	7	0,50	6
Lavagens	2,09	17	0,85	10
Efluente filtros	0,50	4	1,58	19
Envase	1,20	10	0,66	8
Outros	0,42	3	0,35	4
<b>Total</b>	<b>120,4</b>	<b>100</b>	<b>8,50</b>	<b>100</b>

*RNF = resíduo não filtrável.*

A Tabela 10 apresenta uma estimativa de contribuição de cada etapa do processo à carga orgânica, demonstrando a significativa contribuição da lavagem de equipamentos e dos despejos de cerveja na DBO final, frente às demais etapas.

**Tabela 10: Principais efluentes do processo cervejeiro [6]**

Origem	L efluente/ hl cerv.	DBO (mg/l)	DBO (kg/ m <sup>3</sup> cerv.)	% da DBO
Prensagem de grãos	1,41- 2,37	15.000	0,211- 0,355	3,5
Prensagem de lúpulo	0,9	7.340	0,066	1,1
Lavagem filtros malte	5,9	4.930	0,291	4,6
Lavagem fermento	1,2	7.400	0,089	1,20
Cerveja filtrada do fermento	1,2	69.000	0,828	13,3
Lavagem de equipamentos Despejos de cerveja Água de resfriamento Esgotos sanitários	-	-		76,3
<b>TOTAL</b>				<b>100</b>

A Tabela 11 apresenta os percentuais consolidados destas contribuições à carga orgânica e à vazão, como apresentado na Tabela 12 [6].

**Tabela 11: Carga poluidora e volumes dos principais despejos [6]**

Origem	% DBO	% Vazão
Farinha de malte amassado Filtro Caldeiras Lúpulo	28	25
Solução de malte saturado		
Levedo	59	3
Operações de acabamento	1	8
Refrigeração	0	4
Sala fermento Envase Pasteurização	12	60

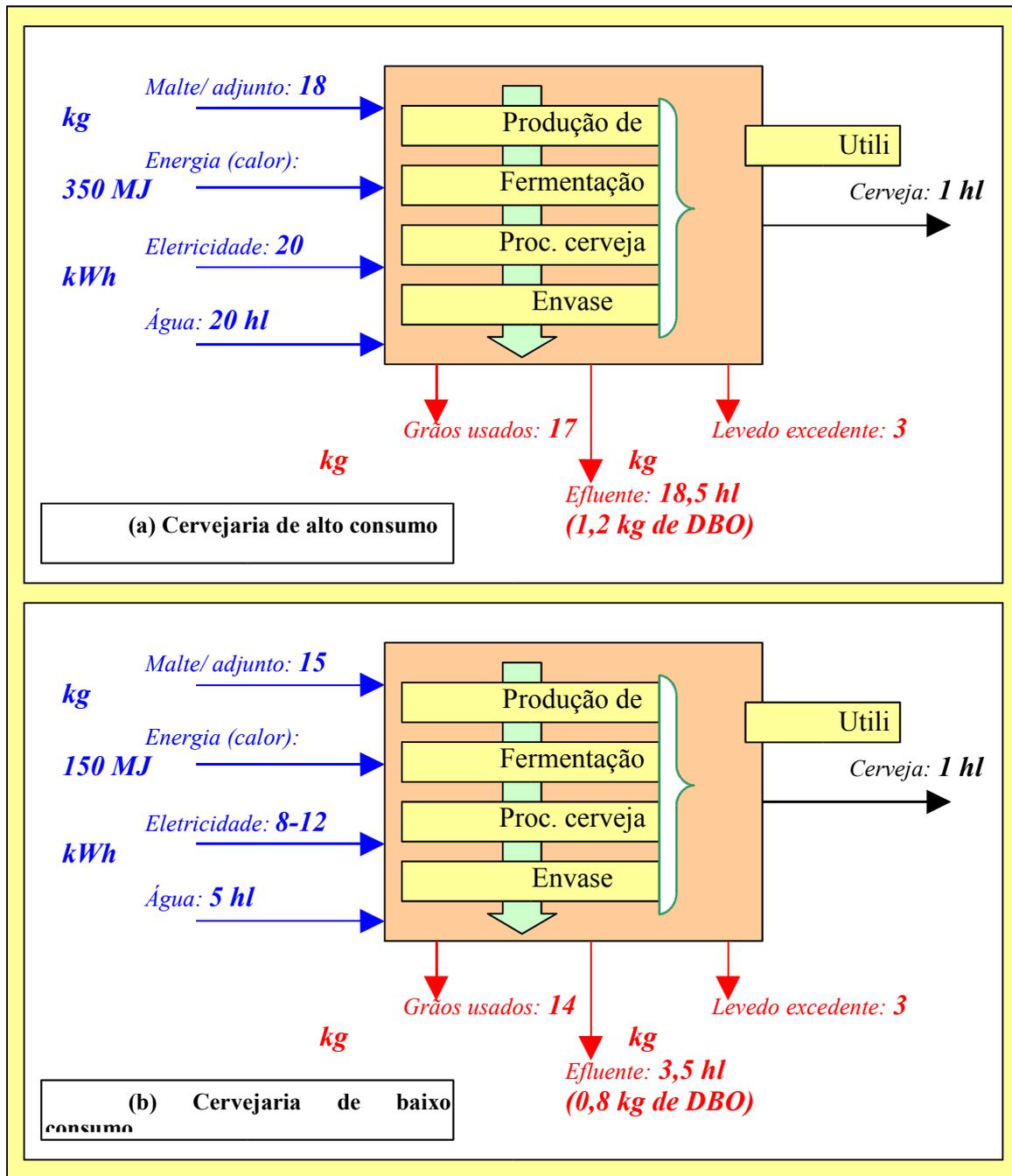
### **b.3) Emissões atmosféricas**

As emissões atmosféricas de uma cervejaria são principalmente dos seguintes tipos:

- ✓ *emissões de gases de combustão*: oriundas da caldeira de produção de vapor, principal fonte de emissões atmosféricas de uma cervejaria, são compostas de gases de combustão (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, hidrocarbonetos, etc), e
- ✓ material particulado. A composição dos gases varia em função do combustível usado (lenha, óleo, gás natural, etc), da tecnologia empregada e do sistema de controle de emissões acoplado aos equipamentos;
- ✓ *emissão de CO<sub>2</sub>*: gerado em grande quantidade durante a fermentação e vendido excedente a outras plantas (de 3 a 4 kg/hl mosto [10]), atualmente o CO<sub>2</sub> é totalmente recuperado, com uso na carbonatação da bebida,;
- ✓ *emissão de poeira*: proveniente do recebimento e transporte de malte, griz, e outras matérias- primas, como a terra diatomácea. A emissão de poeira depende do sistema de ensilagem, transporte e captação de ar da instalação, e
- ✓ *odor*: Na fervura do mosto, entre 6 e 10% do mosto é evaporado [10], emitindo além de vapor d'água diversos compostos orgânicos, fazendo deste processo a principal fonte de odores do processo cervejeiro [11]. Além disso, o tratamento dos efluentes, dependendo da operação, pode ser uma fonte significativa de emissão de odores;

A Figura 07 apresenta dois diagramas simplificados, representando situações típicas de alto e baixo consumo de insumos em cervejarias.

**Figura 07: Balanços genéricos típicos para cervejarias de: (a) alto consumo e (b) baixo consumo, ambas da década de 80 [10]**



## 4.2. Produção de refrigerantes

A disponibilidade de informações específicas sobre o consumo de insumos e a geração de rejeitos pela indústria de refrigerantes é bastante escassa, devido a dois motivos principais:

- ✓ este ramo industrial apresenta um potencial poluidor bastante inferior ao das indústrias cervejeiras, em geral, o que justifica a reduzida quantidade de estudos sobre seus processos e rejeitos;
- ✓ em muitos casos a produção de refrigerantes se dá em plantas conjuntas com as cervejarias e, portanto, a avaliação de seus resíduos e efluentes não é conduzida em separado.

De modo geral, pode-se dizer que os principais impactos ambientais da fabricação de refrigerantes são similares a alguns da indústria cervejeira, como por exemplo: a elevada carga orgânica, a presença de sólidos em suspensão nos efluentes ou a geração de resíduos de rótulos e vasilhames danificados.

### a. Insumos utilizados

Assim como no caso da indústria cervejeira, a produção de refrigerantes consome grande quantidade de água, cuja vazão consumida e distribuição pelas áreas da fábrica depende de diversos fatores, entre eles o tipo de vasilhame utilizado e a tecnologia empregada para limpeza.

Dados britânicos da década de 80 [13] apresentam consumos que variam *de 2,3 a 6,1 m<sup>3</sup> água/ m<sup>3</sup> refrigerante*. Segundo estes dados, em plantas que produzem apenas refrigerantes carbonatados e concentrados, 78% da água é incorporada no produto, enquanto em plantas onde se fabricam refrigerantes carbonatados e sucos de fruta, apenas 23% é incorporado ao produto, sendo 33% da água usada para lavagem de garrafas.

Outra referência européia [11] apresenta uma faixa de variação com valores bastante superiores, entre *6 e 14 m<sup>3</sup> de água/ m<sup>3</sup> refrigerante*

Para citar um exemplo nacional, na preparação do xarope simples são utilizados cerca de 500 kg de açúcar cristal/m<sup>3</sup> de xarope simples, além de 430 litros de água, e pequena quantidade de benzoato de sódio.

### b. Principais poluentes gerados

#### b.1) Resíduos sólidos

Exceto pelas plantas de produção de extratos vegetais, sobre as quais não há informações disponíveis, a produção de refrigerantes gera resíduos sólidos quase que exclusivamente na etapa de envase e acondicionamento. Alguns exemplos destes resíduos são:

- ✓ garrafas de PET, latas de alumínio e garrafas defeituosas;
- ✓ restos de papel e plástico de embalagens, e
- ✓ Não esta faltando dado aqui?
- ✓ borra de rótulos da lavagem de garrafas.

## b.2) Efluentes líquidos

Os efluentes líquidos da produção de refrigerantes são, em geral, oriundos de etapas de lavagem, seja dos vasilhames, equipamentos ou da instalação em si. A estes se pode somar ainda contribuições de carga provenientes de lotes defeituosos e perdas de processo, como por exemplo, derramamentos de produto.

Estes efluentes têm como principais características: o pH alcalino, devido às soluções de limpeza utilizadas, e a elevada carga orgânica, devida ao açúcar do xarope e alguns extratos vegetais empregados na formulação.

A composição destes efluentes parece ser bastante variável, em função da tecnologia empregada tanto no processo produtivo como nas etapas de lavagem. Para exemplificar, a Tabela 12 mostra valores para alguns parâmetros medidos em indústrias do Estado de São Paulo que produzem tanto cerveja como refrigerante, e outros para plantas apenas de refrigerante [1].

**Tabela 12: Caracterização de efluentes de indústria de refrigerantes [1].**

Parâmetro	Unidade	[1] indústria de cerveja e refrigerante, São Paulo, 1985	[1] indústria de refrigerante, São Paulo, 1985
DBO	mg/l	3.045	940-1.335 (1.188)
DQO	mg/l	4.448	1.616-3.434 (2.149)
Resíduo total	mg/l	-	1.704-02.210 (2.003)
Resíduo volátil	mg/l	-	1.292-1.724 (1.532)
Resíduo não filtrável (SST)	mg/l	664	236- 655 (495)
Nitrogênio kjel. Total	mg/l	78	22- 49 (34,6)
Fosfato total	mg/l	22	4-13 (6,7)
Surfactantes	mg/l	-	0,22- 0,80 (0,45)
Óleos e graxas	mg/l	-	69- 115 (87)
pH	-	2,4- 12,0	8-12,3 (10,2)
Temperatura	°C	-	28- 35(32)

Considerando a produção de refrigerantes de 150 m<sup>3</sup> no dia da medição, tem-se uma vazão específica de efluentes de 4,0 m<sup>3</sup> efluente/ m<sup>3</sup> refrigerante, e uma carga específica de 4,8 kg DBO/ m<sup>3</sup> refrigerante [1]. Segundo informações das empresas [1], o uso de equipamentos mais modernos para lavagem de garrafas pode reduzir a geração de efluentes para valores em torno de 2,0 m<sup>3</sup>/ m<sup>3</sup> refrigerante.

## b.3) Resíduos pós-consumo

A expansão do uso de embalagens não retornáveis (especialmente PET), a partir do início da década de 90, tem gerado um grave problema ambiental relativo à geração de resíduos de pós-consumo.

O termo PET provém de Poli Tereftalato de Etileno, que consiste de um tipo de poliéster, polímero termoplástico de alta resistência mecânica e química [16], que além destas características apresenta reduzido peso. Apenas como comparação, uma garrafa de vidro para 2 litros de refrigerante pesa 952 gramas, e pode ser substituída por uma garrafa de PET com 54 gramas, ou seja, um peso cerca de 18 vezes menor para a mesma função [17].

Desenvolvido na década de 40, e aplicado em embalagens a partir dos anos 70, o PET foi introduzido no Brasil em 1988, mas só passou a ser largamente utilizado para embalagens após 1993. Desde então, devido a suas características, o PET tem sido largamente utilizado em diversos tipos de vasilhames, seja para bebidas (refrigerantes, isotônicos, água mineral, sucos, etc), produtos de limpeza, cosméticos, medicamentos, etc [16], [17]. Atualmente consome-se, apenas para a manufatura de embalagens, cerca de 6,7 milhões de toneladas de resina PET no mundo, sendo o Brasil responsável por aproximadamente 4,5% deste total, ou 300.000 toneladas [18].

As embalagens de PET são parte significativa dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. Estima-se que em torno de 10% do peso de todo o resíduo sólido urbano brasileiro seja constituído de plástico, sendo 17% deste peso constituído por PET [18].

O descarte após o uso de grandes volumes de embalagens de PET de modo inadequado consiste atualmente numa questão ambiental de grande relevância, por causar problemas desde a poluição visual de corpos d'água até o entupimento de bueiros e galerias pluviais, incluindo a proliferação de mosquitos vetores de diversas doenças.

A solução para estes problemas passa necessariamente pela melhoria do sistema de coleta, uma vez que o PET é um material 100% reciclável e a resina reciclada possui diversos usos. Dentre estes usos podemos citar a produção de [17]:

- cordas;
- cerdas para vassouras e escovas;
- peças injetadas (automotivas, utensílios domésticos, etc);
- embalagens para fins não alimentícios;
- embalagens multi- camadas para fins alimentícios, e
- fibras de poliéster (enchimento de estofados, pelúcias, tecidos, etc).

Atualmente o maior uso da resina de PET reciclada é a indústria têxtil, cerca de 41% segundo os produtores de cordas [18].

No ano de 2002, o Brasil reciclou cerca de 105 mil toneladas de PET, o que representa 35% do total consumido. Este valor tem aumentado progressivamente, e espera-se que este aumente com o contínuo desenvolvimento de novos usos (telhas, calhas, incorporação em tintas, etc) [18].

No que se refere ao preço da tonelada de PET reciclável, verifica-se uma variação desde R\$500/t (para o PET limpo em Santos) até R\$ 850/t (para o PET prensado em Santo André). À título comparativo, o

papelão limpo tem preço médio de venda igual a R\$ 230/t, papel branco limpo é vendido à R\$ 320/t, vidro incolor limpo por R\$ 60/t e alumínio limpo a R\$ 3.000/t [18].

## **CAPÍTULO 5- MEDIDAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L)**

### **5.1. Uso eficiente de água/ Minimização de efluentes**

As medidas de racionalização de uso de água sempre influenciam a geração de efluentes, na medida em que menores consumos representam menores vazões de efluentes.

De modo geral, uma primeira medida importante em qualquer programa de prevenção à poluição é o monitoramento. No caso do consumo de água e geração de efluentes, isso significa instalar medidores de vazão e totalizadores de fluxo nos equipamentos de maior consumo, permitindo levantar informações e assim implementar medidas de uso racional [11].

Uma ação usualmente de grande eficácia, principalmente em plantas mais antigas, é a realização de um programa detalhado de manutenção, que objetive eliminar ou reduzir vazamentos em dutos, cotovelos, junções, registros e válvulas [15].

Recomenda-se a instalação de restritores, *timers* e válvulas de controle de fluxo automático, para interromper o suprimento de água durante as paradas de produção ou em casos de falta de energia elétrica, evitando a ocorrência de transbordamentos. [11].

O aumento da eficiência de limpeza reduz o uso e, conseqüentemente o descarte, de produtos químicos como soda, ácido ou detergente. Após serem gerados, no entanto, estes efluentes devem ser segregados para a ETE, para acerto do pH do efluente final, de modo a reduzir o consumo de produtos para corrigir este parâmetro.

Além disso, deve-se notar que diversas medidas que serão descritas mais adiante para matérias-primas e resíduos acabam por afetar os efluentes, uma vez que todas as perdas requerem remoção por lavagem, originando efluentes a serem tratados. Assim recomenda-se por exemplo o melhor controle de processo, evitando perdas e principalmente a redução e retorno ao processo destas, como será abordado no item 3.3 deste capítulo.

A seguir, descrevem-se algumas medidas aplicáveis por etapa de processo.

#### **a. Lavagem de garrafas**

O consumo de água nas lavadoras de garrafas depende basicamente da tecnologia empregada no projeto construção do equipamento. As lavadoras de garrafas mais modernas consomem menor quantidade de água, cerca de 0,5 hl água/ hl de volume nas garrafas, isto é, para cada garrafa de 600 ml de capacidade são consumidos 300 ml de água na lavagem. Em máquinas mais antigas, no entanto, este valor está em torno de 3 a 4 hl água/ hl volume nas garrafas, ou seja, para cada garrafa de 600 ml consome-se de 1,8 a 2,4 litros de água [10].

A principal diferença encontra-se tanto no ano de fabricação e modelo das máquinas, como no modo como se distribui a lavagem em seu interior, sendo recomendável o uso de múltiplos estágios na lavagem [11]. Algumas medidas que podem ser adotadas no projeto de máquinas de menor consumo são [10]:

- ✓ instalação de válvulas automáticas que cortem o fluxo de água quando houver paradas;
- ✓ uso de aspersores mais eficientes, de menor consumo de água;
- ✓ controle da pressão da água, para não usar vazões maiores que as necessárias, e
- ✓ circulação da água de lavagem em contra- corrente, ou seja, usar água limpa apenas nas últimas etapas e usar o efluente destas nas etapas anteriores, e assim sucessivamente.

Uma outra medida, verificada em algumas empresas do Estado de São Paulo, é o uso do efluente da lavadora de garrafas numa etapa anterior, de pré- lavagem das garrafas. Esta medida, segundo as próprias empresas, permite uma redução de consumo de água em até 30% neste processo. Este efluente pode ainda ser usado na lavagem de engradados, atividade que em geral é realizada com água limpa [2].

## **b. Pasteurização**

Em muitos casos, a água no pasteurizador é usada em circuito aberto, sendo destinada à ETE após o uso no processo, representando altos valores de consumo de água. Tendo em vista que esta água apresenta-se limpa, estando apenas quente, com exceção no caso de quebra acidental de garrafas no interior do equipamento, sugere-se fechar o circuito utilizando uma torre de resfriamento ou outro tipo de sistema para reduzir a temperatura da água.

Desta forma, a água é resfriada e retorna ao pausterizador, sendo necessário apenas repor as perdas por evaporação e respingos, o que reduz o consumo de água limpa em cerca de 80% neste equipamento [10]. O mesmo tipo de medida pode ainda ser proposta para outros equipamentos, como sistemas de ar condicionado, compressores de ar e compressores de CO<sub>2</sub>.

Apenas como exemplo, uma planta na Ásia que produzia 500.000 hl cerveja/ ano reduziu seu consumo de água em cerca de 50.000 m<sup>3</sup> /ano com esta medida, tendo retorno de um investimento de US\$ 45.000 em menos de um ano [10].

Como observação, cabe ainda dizer que no caso de se adotar um circuito de água fechado no pausterizador deve-se ter o cuidado de adicionar produtos que combatam o crescimento de microrganismos no interior da tubulação, de modo a preservar a qualidade da água [11].

Outra possibilidade adotada por algumas empresas do Estado de São Paulo, é utilizar a água quente de saída do pausterizador em outros locais da planta, onde não seja necessária água de alta qualidade ou pureza, como na limpeza dos pisos, resfriamento de equipamentos, etc a. Neste caso, faz-se necessário a instalação de um tanque para armazenagem da água após a segregação, de onde esta seria destinada ao uso final.

### **c. Limpeza de equipamentos**

A limpeza de equipamentos consome não apenas água, mas também gera grandes quantidades de efluente, além de consumir energia e produtos químicos. As características dos sistemas de limpeza variam bastante, desde sistemas simples, que apenas preparam a solução e as bombeiam para o local de aplicação, até elaborados equipamentos que permitem monitorar e reutilizar as soluções de limpeza.

Uma primeira providência diz respeito à aplicação de um planejamento para a produção, no sentido de minimizar o número de lavagens necessárias [11]. Além disso, recomenda-se realizar limpeza a seco antes do uso de soluções de limpeza, removendo restos de produto por gravidade ou com uso de ar comprimido.

Em geral, verifica-se que muitas empresas realizam o reaproveitamento de soluções de limpeza em ciclos anteriores de limpezas subseqüentes, ou seja, recupera-se por exemplo a água do último enxágüe no preparo da solução para uma etapa preliminar da próxima lavagem de uma dorna. Para assegurar a qualidade do processo, pode se realizar o controle químico das soluções a serem reutilizadas por meio de medidores simples, como indicadores de pH. Algumas empresas têm conseguido índices de reúso de até 30 vezes para algumas soluções de limpeza [15].

Atenção especial deve ser dada ao uso de detergentes fosfatados como agentes de limpeza, uma vez que a presença de fosfato nos corpos d'água provoca sua eutrofização [10].

### **d. Envase**

Para facilitar o enchimento das garrafas, as máquinas enchedoras são dotadas de uma bomba que retira o ar antes da entrada da bebida. Nestas bombas, o vácuo é obtido por colunas barométricas, equipamento que utiliza jatos de água para produzir pressão negativa numa tubulação. Neste tipo de sistema, em geral, perde-se água, uma vez que parte da água sai junto com o ar que é expelido das garrafas.

Para evitar esta perda, estimada em cerca de 50% da vazão de água, deve-se instalar um tanque de recirculação, que retorna a água extraída do equipamento para o topo do mesmo [10].

### **e. Limpeza de pisos**

A limpeza de pisos, em geral, é realizada com uso de mangueiras, e deve utilizar-se o mínimo de água possível. Para tanto, recomenda-se implementar equipamentos de limpeza que funcionem com alta pressão (por exemplo bombas de alta pressão ou bombas de hidrojateamento), [10].

Além das medidas acima, podem ser citadas outras ações mais específicas, realizadas por empresas do Estado de São Paulo, que têm colaborado para a redução do consumo de água limpa. Alguns exemplos são:

- ✓ utilização de parte do efluente tratado na ETE para realizar a lavagem da peneira do desaguador de lodo na própria ETE. Esta medida, aparentemente simples, elimina um consumo desnecessário de água limpa, e
- ✓ reúso do efluente de lavagem do sistema dos filtros de areia da ETA. Após efetuar a limpeza destes filtros, que é realizada por jato pulsante em sistema de retrolavagem, a água é retornada ao início do processo de tratamento da água ao invés de ser descartada como efluente para a ETE.

## **5.2. Uso racional de energia**

### **a. Calor**

Em uma cervejaria há diversas opções de recuperação de calor que podem fazer o consumo energético ser reduzido de valores em torno de 350 MJ/ hl cerveja, para plantas pouco eficientes, para cerca de 150 MJ/hl cerveja em plantas mais modernas e bem operadas [10]. Uma medida bastante importante neste sentido é garantir o bom isolamento térmico de tubulações, dornas, tanques, conexões, etc, não só os aquecidos mas também os refrigerados.

Segundo estimativas genéricas, uma camada de isolante térmico com 89 mm de espessura, aplicado sobre 1 metro de tubulação de vapor saturado, com tempo de uso de 6.000 horas/ ano, proporciona uma economia de 450 kg de óleo combustível por ano, o suficiente para produzir cerca de 120 hl de cerveja [10].

Quando se trata de uso racional de calor, há que se considerar que reduções e consumo de vapor significam não apenas um processo mais eficiente, mas menores necessidades de gerar vapor, ou seja, menos operação das caldeiras, e conseqüentemente economia de combustíveis e redução de emissões atmosféricas.

#### **a.1) Vapor da fervura do mosto**

A fervura do mosto, como já visto, é o processo que mais consome energia numa cervejaria. Neste processo, além das reações promovidas pelo calor, perde-se cerca de 6 a 12% do mosto por evaporação. Este vapor, se emitido à atmosfera, é causa de problemas de emissões e odor. Mas se recuperado, pode reduzir significativamente o consumo de energia [10].

A recuperação do calor do vapor gerado na fervura do mosto pode ser realizada de dois modos [10]:

- ✓ produzir água quente de processo, por meio de um trocador de calor, e
- ✓ usar o próprio vapor para pré- aquecer o mosto antes da fervura, (até cerca de 90°C).

Em qualquer uma destas duas alternativas o vapor pode ser depois usado como condensado, como será exposto mais adiante.

## **a.2) Uso de água quente**

Um outro uso bastante intenso de energia nas cervejarias é a produção de água quente. Este processo, requerido em grandes quantidades na preparação do mosto por exemplo, em muitos casos não aparece como consumo de energia, pois muitas empresas já utilizam fontes residuais de calor para atender a esta demanda energética.

A alternativa mais comum para produzir água quente é utilizar a água que sai do trocador de calor usado no resfriamento do mosto após a etapa de fervura. Neste processo, a temperatura do mosto passa de 100° C até a temperatura de fermentação, em cerca de 10°C. A água utilizada para a troca de calor sai do equipamento entre 60 e 85° C, dependendo de sua eficiência, e é armazenada em tanques termicamente isolados para reuso. Em geral, este reuso ocorre no preparo da próxima batelada de mosto, onde ao invés de se aquecer a água necessária ao processo se emprega a água quente armazenada da batelada anterior [10].

Cabe dizer que na maior parte dos casos [10], este uso não consome toda a água quente produzida. Neste caso, pode-se ainda usar esta água para outros usos, aumentando as alternativas de eficiência energética. Algumas opções de uso desta são os equipamentos de CIP e a lavagem de garrafas.

Apenas como exemplo, uma cervejaria européia de capacidade de 1,0.10<sup>6</sup> hl/ ano substituiu seu trocador de calor do mosto, de um que produzia água quente a 60° C, por outro que produz água a 85 °C, sendo que a água antes descartada passou a ser utilizada para o preparo do mosto, limpeza geral e lavagem de garrafas. Com um investimento de US\$ 120.000, reduziu-se o consumo de água em 40.000 m<sup>3</sup>/ ano e o consumo de óleo combustível em 340 toneladas/ ano [10].

## **a.3) Retorno de condensado**

Após seu emprego no processo, com a conseqüente troca de calor o vapor se condensa, embora em geral ainda apresente temperatura de 60 a 70°C. Despejar este líquido como efluente não apenas representa um perda de água tratada, mas principalmente uma grande perda de energia. No caso de caldeiras à óleo, cada metro cúbico de condensado a 85°C perdido representa um consumo adicional de 8,7 kg de óleo combustível, com as respectivas emissões [10]. Desta forma, a maioria das empresas retorna diretamente este condensado para as caldeiras, em circuito fechado, para a produção de vapor novamente.

Além do condensado oriundo do vapor de caldeira, existem outros condensados gerados em temperaturas de 60 a 70° C na planta, que podem ser usados em diversos processos que demandam água quente, (CIP, lavagem de garrafas, etc) [11].

Uma última medida aplicável sobre o circuito de vapor e condensado é a realização de um programa de manutenção das tubulações. Estimativas mostram que um vazamento de vapor que produza uma nuvem de vapor escapando de uma linha, ou que produza um silvo agudo, pode gerar uma perda que varia de 1 a 5 kg de vapor por hora, o que representa um consumo anual de 700 a 3.500 kg de óleo combustível, que equivale respectivamente à energia necessária para produzir 200 e 1.000 hl de cerveja [10].

## **b. Eletricidade**

A maior parte da eletricidade que entra numa cervejaria é consumida nos motores elétricos utilizados em diversas funções [10].

Desta forma, a principal medida para redução do consumo de eletricidade é a substituição dos motores em uso por outros equivalentes e de melhor desempenho, ou seja, de tecnologia mais recente e dimensionado para operar no ponto ótimo de sua curva de potência.

Além disso, diversas medidas de eficiência energética podem ser propostas em relação à iluminação, dependendo do caso. Alguns exemplos são:

- ✓ substituir as lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes de menor consumo e maior durabilidade;
- ✓ utilizar, sempre que possível, lâmpadas de vapor metálico, que fornecem maior luminosidade (maior número de lux) e maior durabilidade; e menor consumo.
- ✓ instalar interruptores de detecção de presença nos locais onde não há necessidade de iluminação ininterrupta, e
- ✓ instalar, e limpar periodicamente, telhas translúcidas, de modo a aproveitar melhor a luminosidade natural do ambiente durante o período diurno.

Uma medida que tem sido adotada cada vez mais pelas indústrias cervejeiras, e que tem trazido importantes resultados em termos de eficiência energética, é a adoção de sistemas de cogeração. Basicamente a cogeração significa gerar vapor de processo e eletricidade com apenas uma fonte de energia. Na verdade o que se faz é usar no processo o vapor que já passou por uma turbina para gerar eletricidade, mas que ainda está superaquecido ou saturado.

A adoção desta prática tem permitido a algumas empresas utilizar com vantagens ambientais e econômicas o gás natural, em alguns casos inclusive vendendo excedentes de eletricidade à rede distribuidora.

### **5.3.Redução consumo de matérias - primas/ Aproveitamento de resíduos**

#### **a. Grãos de Malte e Bagaço de malte**

Em muitos casos, a obtenção de mosto a partir do malte pode ser prejudicada. Alguns fatores que podem contribuir à baixa eficiência do processo são: a baixa qualidade do malte, processos de moagem e maceração do malte insatisfatórios, e projeto inadequado da caldeira de mostura e operação incorreta do processo [10].

Além destes fatores, que demandam soluções específicas, pode-se trabalhar na redução das perdas de malte em si, ou seja, tomar atitudes de boas práticas que evitem derramamentos ou outras perdas de material.

O bagaço de malte por sua vez é um resíduo de alto valor nutritivo e, em grande parte das indústrias do setor, é enviado a outras empresas para uso em alimentação animal.

## **b. Torta de filtração (*trub* fino e grosso)**

Tanto o *trub* fino como o grosso possuem excelentes características nutricionais, assim como o bagaço de malte, e por esta razão recebem o mesmo destino, sendo usados para ração animal, sendo misturados ao bagaço em alguns casos. Outra possibilidade para estes resíduos, adotada em algumas plantas, é o uso do *trub* no preparo de novas bateladas de mosto [10].

Além do retorno obtido com a venda destes resíduos, no caso de uso como ração animal, esta medida proporciona uma redução da carga orgânica enviada à ETE, uma vez que o *trub* possui elevado teor de carga orgânica, em torno de 110.000 mg DBO/ kg em base seca [10].

## **c. Levedura excedente**

Ao final do processo de fermentação remove-se a levedura do mosto fermentado e prepara-se com estas uma nova inoculação, para a próxima batelada. No entanto, como durante o processo de fermentação ocorre a multiplicação do levedo, gera-se um excedente deste material a cada batelada, que necessita de um destino adequado.

Considerando o alto teor orgânico da levedura (120.000 a 140.000 mg DBO/l) e o valor nutricional desta, em geral as empresas vendem este excedente para a indústria de alimentos, em alguns casos após recuperar a parte residual de cerveja [10]. Deve-se considerar a elevada carga orgânica das leveduras, além da possibilidade de formação de ácidos orgânicos quando se pensar em dispor a levedura para secagem [11]. Neste sentido, cabe salientar a recomendação de sempre que possível remover à seco todo o material de fundo das dornas de fermentação e maturação, onde se encontra a maior parte da levedura depositada. Este cuidado contribui para reduzir a geração de efluentes e a necessidade de secagem da levedura.[10].

## **d. Cerveja residual**

Em diversas partes do processo produtivo ocorrem perdas de cerveja, desde resíduos nas dornas até vazamentos nas linhas e restos de quebra de garrafas no envase. Em muitos casos, a cerveja já pronta ou em estágios intermediários se torna efluente, agregando carga orgânica à ETE.

A primeira providência neste sentido deve ser a realização de um plano de boas práticas, onde se apliquem cuidados de manuseio do produto e manutenção dos equipamentos. Pode-se ainda avaliar a possibilidade de reaproveitamento da cerveja residual, retornando-a à linha produtiva, seja nos estágios finais como a filtragem (em perdas não oxidadas ou contaminadas), ou em etapas anteriores, como o *whirpool*, no caso de cerveja de menor qualidade ou com um grau, ainda que muito reduzido, de contaminação, como no caso das perdas ocorridas no envase. Estas práticas no entanto devem ser avaliadas com muito cuidado, de modo a evitar problemas de qualidade do produto [10].

Outros estudos recomendam a segregação destes fluxos e sua incorporação na mistura de bagaço de malte e trub, que são vendidos para fins de ração animal [2].

## **e. Resíduos de embalagens**

Os resíduos da área de envase e embalagem se constituem em grande parte de restos de vidro, alumínio, papel e plástico, que devem ser segregados e vendidos para a reciclagem, em função de seu elevado valor de mercado. Grande parte das empresas do Estado de São Paulo adota esta medida.

## **5.4. Uso de materiais auxiliares**

### **a. Hidróxidos e ácidos usados para limpeza**

A primeira medida para reduzir o consumo de hidróxido de sódio (soda) e ácidos na indústria de bebidas é aumentar a eficiência do processo de lavagem, o que em geral é realizado nas empresas pela implantação dos sistemas CIP- *clean in place*, já apresentados [11].

Em alguns casos, como na limpeza de dornas, a solução pode ser reutilizada no próprio local, sem necessidade de tratamento na central de CIP, usando apenas um indicador de pH para monitorar sua eficiência e bombas com bicos direcionadores de fluxo.

Um aspecto importante é a própria preparação destas soluções, que deve na medida do possível, ser realizada automaticamente usando condutivímetros, o que evita gastos desnecessários de produtos químicos [11].

O uso de soda na lavagem de garrafas é também significativo, sendo que este pode ser reduzido pelas medidas já citadas de redução de consumo de água neste equipamento. Além disso, muitas empresas procedem ao uso de um tanque de sedimentação no interior da lavadora, que permite o reúso da solução de modo mais amplo. Esta solução no entanto deve ser considerada com cautela, uma vez que sua adoção não deve comprometer a higiene do processo de limpeza [10].

Uma observação sobre o processo de lavagem é que em alguns casos ainda se utiliza o EDTA- Etil Diamina Tetra Acetato, composto químico complexante que oferece riscos ambientais e cujo uso deve ser evitado [11].

## **b. Terra diatomácea**

Para evitar o uso de terra diatomácea, recomenda-se o emprego de filtros de membranas, podendo-se usar também filtros de fluxo transversal, que reduzem perdas de produtos [11].

No caso de empregar-se terra diatomácea, recomenda-se quando possível instalar uma centrífuga antes da filtração, para aumentar a sua vida útil.[10].

## **5.5. Conclusão**

As medidas acima se apresentam como ações isoladas. No entanto, o ideal é que cada empresa conduza um programa completo de avaliação de oportunidades de produção mais limpa em suas instalações.

Um exemplo deste tipo de iniciativa foi realizado nos Estados Unidos [2], numa planta de capacidade produtiva de cerca de 680.000 hl/ ano, que consome gás natural como fonte energética, 34.000 m<sup>3</sup> água/ mês (6,0 hl/ hl cerveja), gerando cerca de 25.000 m<sup>3</sup> efluente/ mês (4,4 hl/ hl cerveja), com 68.400 kg DBO/ mês (2.730 mg DBO/l), 17.100 kg SS/ mês (680 mg SS/l) e trata sua água cervejeira a um custo de US\$ 0,10/ m<sup>3</sup>.

A Tabela 13 apresenta resumidamente um exemplo das principais medidas adotadas, seus benefícios, custo e retorno financeiro [2].

**Tabela 13: Resumo das medidas de prevenção numa indústria cervejeira dos EUA [2].**

<b>Medida</b>	<b>Benefício</b>	<b>Custo</b>	<b>Retorno financeiro</b>
Uso racional da água no preparo do mosto	✓ redução consumo de água em 27.500 m <sup>3</sup> /ano; ✓ redução geração de efluente;	~ US\$ 2.000	US\$ 32.500/ ano
Uso racional de água na lavagem das garrafas	✓ redução consumo de água em 14.700 m <sup>3</sup> /ano; ✓ redução consumo gás natural em 2.240 mscf/ ano; ✓ redução geração de efluente;	Moderado	US\$ 17.400/ano (água); US\$ 3.800/ ano (gás);
Reuso do efluente de lavagem das garrafas na lavagem de engradados	✓ redução consumo água em 6.240 m <sup>3</sup> / ano; ✓ redução consumo gás natural em 353 mscf/ ano; ✓ Redução geração de efluente;	Moderado	US\$ 7.400/ ano (água); US\$ 600/ ano (gás);
Uso do efluente de lavagem de garrafas na pré- lavagem de garrafas	✓ Redução consumo de soda; ✓ Redução do lodo da lavadora de garrafas;	Moderado	não quantificado
Reúso da água de retrolavagem filtros ETA	✓ Redução consumo de água em 9.310 m <sup>3</sup> / ano; ✓ Redução geração de efluente;	~ US\$ 1.000	US\$ 11.000/ ano (água);
Uso racional de água nas unidades CIP	✓ Redução consumo de água em 540 m <sup>3</sup> / ano; ✓ Redução geração de efluente;	Mínimo	US\$ 600/ ano (água);
Uso de mangueiras com gatilho e pressurizador	✓ Redução do consumo de água e geração efluentes;	Mínimo	não quantificado
Segregação do efluente dos filtros e incorporação aos resíduos para venda	✓ Redução de 200.000 kg SS/ ano; ✓ Redução DBO e vazão de efluente;	Moderado a elevado	não quantificado
Segregação e venda da descarga semanal de trub	✓ Redução de 27.300 kg SS/ ano; ✓ Redução de 17.200 kg DBO/ ano;	Moderado	não quantificado
Segregação do efluente de cerveja residual e incorporação aos resíduos para venda	✓ Redução de 10.600 kg DBO/ ano;	Moderado	não quantificado
Eliminação das descargas de trub para venda	✓ Redução de 4.100 kg SS/ ano; ✓ Redução de 2.600 kg DBO/ ano;	Mínimo	não quantificado
Redução do bagaço de malte retido	✓ Redução de 1.900 kg SS/ ano; ✓ Redução de DBO;	Mínimo	não quantificado
Recuperação e reuso de óleo lubrificante das máquinas	✓ Redução custo aquisição em US\$ 8.100/ ano; ✓ Redução DBO/ DQO efluente;	Moderado a alto	US\$ 35.000/ ano (óleo);
Redução do arraste de soda na lavagem das garrafas	✓ Redução da descarga de soda em 9.800 kg/ ano;	Moderado a alto	US\$ 7.500/ ano (soda);
Redução descarga de soluções de limpeza	✓ Redução da descarga de soda em 7.800 kg/ ano;	Moderado	US\$ 6.000/ ano (soda);
Coleta e reúso da sol. soda extraída da massa de rótulos	✓ Redução da descarga de soda em 3.100 kg/ ano;	~ US\$ 100	US\$ 2.400/ ano (soda);
Melhoria da admissão de ar nos compressores	✓ Redução consumo energético em 35.600 kWh/ ano;	Moderado a alto	US\$ 1.700/ ano (gás);
Efeito das medidas na operação da ETE	✓ Redução de vazão e parâmetros do efluente;	-	Mais que US\$ 31.000/ ano (custo operação e taxas).
<b>RETORNO FINANCEIRO TOTAL</b>			<b>US\$ 157.000/ ano (Além dos não quantificados)</b>

## **CAPÍTULO 6- GLOSSÁRIO**

- Adjunto: materiais formados por carboidratos não maltados, com composição e propriedades que complementam de forma benéfica o malte.
- Bagaço de malte ou dreche: Residual de malte já extraída a maltose, os açúcares que são descartados da empresa cervejeira como sub-produtos
- Cerveja: É toda a bebida de baixo teor alcoólico, em geral de 0,5 a 7,0° GL, obtidas por meio da fermentação de mosto de cereais maltados, com ou sem adição de outras matérias primas, como lúpulo, cereais não maltados e aditivos;
- Extrato: essências que são extraídas das plantas que se utiliza, exemplo o guaraná.
- Gritz: grãos de milho ou arroz quebrados, (quireras)
- Kiesselguhr: pó de osso com granulometria específica utilizada para filtração.
- Lúpulo: O lúpulo é a inflorescência feminina da planta *Humulus lupulus*. Em virtude da presença de grande quantidade de resinas amargas e óleos essenciais é o elemento que fornece o sabor amargo e o aroma característico da cerveja. Em grande parte das cervejarias, a qualidade do lúpulo é o grande segredo das formulações. Além destas características, a adição do lúpulo também tem papel fundamental à conservação da cerveja, exercendo função anti-séptica no meio.
- Levedura: São microrganismos responsáveis pela fermentação do malte, convertendo os açúcares do mosto em álcool e CO<sub>2</sub>. Embora cada cervejaria possua cepas distintas, a levedura empregada sempre é da espécie *Saccharomyces cerevisiae*.
- Malte: É o produto obtido pela germinação controlada de cereais, interrompida por aquecimento. Neste processo, são geradas enzimas que favorecem a ruptura da parede celulósica e, conseqüentemente, a hidrólise de determinadas proteínas do grão. No caso da indústria cervejeira o malte é, geralmente, obtido dos grãos de cevada, utilizada como matéria- prima principal do processo de maltaria. No Brasil a produção de cevada é bastante limitada, sendo a maior parte do malte aqui utilizado importado da Argentina, Canadá, Bélgica e Austrália.
- Mosto: infusão de malte que consiste de uma solução de açúcares. É a matéria-prima do processo de fermentação para obtenção da cerveja.
- Xarope simples: solução de água com o açúcar dissolvido para diluição e adição dos outros componentes para formação do refrigerante.
- Xarope composto: mistura do xarope simples com as essências para produzir o refrigerante.
- Whirlpool: sistema de centrifugação de líquidos contendo sólidos, onde a solução entra de forma tangencial a parede com a separação do sólido do líquido por diferença de densidade das duas substâncias.

## **CAPÍTULO 7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] CETESB- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, **Nota técnica sobre tecnologia de controle: Fabricação de cervejas e refrigerantes**, NT- 24, CETESB, São Paulo, 1992.- 27p.
- [2] ESTADOS UNIDOS/ UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT, **Pollution prevention diagnostic assessment- Brewery- Final Report**, USAID, Washigton, 1997.- 42p.
- [3] CANADÁ/ ENVIRONMENT CANADA, **Technical pollution prevention guide for brewery and winery operations in the Lower Frasier Basin**, Environment Canada, Vancouvert, 1997.- 101p.
- [4] REINO UNIDO/ DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY/ DEPARTMENT OF ENVIRONMENT, TRANSPORT AND REGIONS, **Reducing water and effluent costs in breweries**, ENVIROWISE- Environment Technology Best Practice Programme, Londres, 1998.- 47p.
- [5] REINO UNIDO/ ENVIROWISE, **Water minimization in the food and drink industry**, ENVIROWISE, Oxfordshire, 2002.- 44p.
- [6] CAVALCANTI, P.M., BRAILE, J.E.W.A., **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**, CETESB, São Paulo, 1993.
- [7] WORLD BANK, **industrial pollution prevention and abatment- Breweries**, WORLD BANK, Washington, 1997.
- [8] [www.acerveja.com.br](http://www.acerveja.com.br), consultado em 13/02/04.
- [9] CERVESIA, **Site**, disponível em [www.cervesia.com.br](http://www.cervesia.com.br), consultado em 13/02/04;
- [10] UNEP/ IE- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME/ INDUSTRY AND ENVIRONMENT, **Environmental management in the brewing industry**, UNEP Technical Report Series n°33, UNEP, Paris, 1996.
- [11] EUROPEAN COMMISION/ DIRECTORATE GENERAL JRC- JOINT RESEARCH CENTRE/ INSTITUTE FOR PROSPECTIVE STUDIES/ EUROPEAN INTEGRATED POLLUTION PREVENTION AND CONTROL (IPPC) BUREAU, **Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries**, IPPC, Sevilha, 2003.
- [12] AMBEV, **Site corporativo**, disponível em: [www.ambev.com.br](http://www.ambev.com.br), consultado em Abril de 2004;
- [13] REINO UNIDO/ DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY/ DEPARTMENT OF ENVIRONMENT, TRANSPORT AND REGIONS, **Water use in the soft drinks industry**, ENVIROWISE- Environment Technology Best Practice Programme, Londres, 1998.

- [14] BRANCO, S.M., FRANGIACOMO, P., **Dados sobre o potencial poluidor de bebidas alcoólicas e não-alcoólicas**, Revista DAE, ano 36, n.106, 1976.
- [15] CETESB, **Caso de Sucesso nº 24- Redução do consumo de água na indústria de bebidas**, CETESB, São Paulo, 2003.
- [16] ABIPET- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET, **Site corporativo**, disponível em [www.abipet.org.br](http://www.abipet.org.br), consultado em 19/05/04.
- [17] ABEPET- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE EMBALAGENS PET, **Site corporativo**, disponível em [www.abepet.com.br](http://www.abepet.com.br), consultado em 19/05/04.
- [18] CEMPRE- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM, **Ficha Técnica- PET**, disponível em [www.cempre.org.br/2004](http://www.cempre.org.br/2004), consultado em 19/05/04.



SECRETARIA DO  
MEIO AMBIENTE



GOVERNO DO ESTADO DE  
**SÃO PAULO**  
RESPEITO POR VOCE