

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO



MINIMIZAÇÃO E REUSO DE ÁGUAS EM INDÚSTRIAS  
SUCROALCOOLEIRAS: ESTUDO DE CASO

SÔNIA MARIA KESSERLINGH

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 10.12.2002

Ass.: 

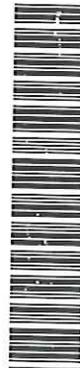
Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Hidráulica e Saneamento.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Antonio Daniel

São Carlos  
2002



DEDALUS - Acervo - EESC

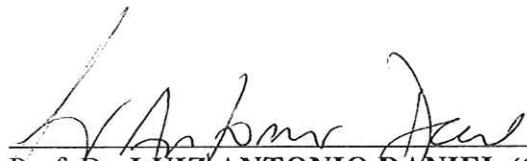


31100037140

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **SÔNIA MARIA KESSERLINGH**

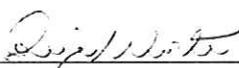
Dissertação defendida e julgada em 11-10-2002 perante a Comissão Julgadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. **LUIZ ANTONIO DANIEL** (Orientador)  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. **VALDIR SCHALCH**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. **REJANE HELENA RIBEIRO DA COSTA**  
(Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC)

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Associada **MARIA DO CARMO CALJURI**  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia (Hidráulica e Saneamento) e  
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Ao meu esposo José Carlos  
e minha filha Sofia

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Luiz Antonio Daniel, que nunca me deixou desistir desse trabalho e me confiou a importância dele.

A minha família que me apoiou nos momentos que precisei me dedicar ao desenvolvimento desta dissertação.

Aos amigos Paulo Eduardo Mantelatto e Roberto Viana Nonnato, pelo incentivo.

Aos amigos Nazareno A. S. Durão e Adriano de Oliveira, os agradecimentos pelo auxílio na conclusão desse trabalho.

Ao meu amigo Elvio Donizete Máximo, pelo apoio na coleta de informações, para o desenvolvimento dessa dissertação.

Aos funcionários do Departamento de Hidráulica e Saneamento, em especial as secretárias Pavi e Sá, sempre muito prestativas e atenciosas, em todas as vezes que precisei dos seus serviços.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	iv
RESUMO.....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
3.1 GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	5
3.2 POLÍTICA NACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	7
3.3 ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS.....	9
3.4 COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA.....	12
3.5 REUSO, RECICLO E MINIMIZAÇÃO.....	14
3.5.1 REUSO E RECICLO.....	14
3.5.2 MINIMIZAÇÃO.....	16
3.6 GESTÃO AMBIENTAL.....	17

3.7 BENEFÍCIOS DE UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL.....	19
3.8 GESTÃO AMBIENTAL EM INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS.....	21
3.9 CONCEITO DE EFLUENTE ZERO NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA – EXPERIÊNCIA DA ÁFRICA DO SUL.....	25
3.9.1 INTRODUÇÃO AO PROJETO EFLUENTE ZERO.....	25
3.9.2 A MUDANÇA DE PARADGIMA: DO TRATAMENTO DE EFLUENTE PARA A PREVENÇÃO.....	27
3.9.3 IMPLANTAÇÃO DO PROJETO EFLUENTE ZERO.....	28
3.9.3.1 A PRIMEIRA REDE DO PROJETO EFLUENTE ZERO.....	30
3.9.3.2 A SEGUNDA REDE DO PROJETO EFLUENTE ZERO.....	31
3.9.4 EFICIÊNCIA DO PROJETO EFLUENTE ZERO.....	34
3.9.5 IMPACTO DO PROJETO EFLUENTE ZERO NA RECUPERAÇÃO DE SACAROSE.....	36
3.10 GERAÇÃO DE EFLUENTES EM INDÚSTRIAS AÇUCAREIRAS – PESQUISA INTERNACIONAL.....	37
3.10.1 PRINCIPAIS CONTAMINANTES DOS EFLUENTES DE INDÚSTRIAS AÇUCAREIRAS.....	37
3.10.2 QUANTIDADE DE EFLUENTES.....	42
3.10.3 CONCENTRAÇÕES DOS EFLUENTES GERADOS.....	42
3.10.4 TRATAMENTO OU DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES UTILIZADOS..	43
3.11 TIPOS DE EFLUENTES GERADOS EM INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS.....	44
3.12 TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES.....	47
3.13 SISTEMAS DE RESFRIAMENTO DE ÁGUA.....	49

3.13.1 LAGOAS DE RESFRIAMENTO.....	49
3.13.2 LAGOAS DE NEBULIZAÇÃO.....	50
3.13.3 TORRES DE RESFRIAMENTO DE CIRCULAÇÃO NATURAL.....	50
3.13.4 TORRES DE RESFRIAMENTO DE TIRAGEM MECÂNICA.....	52
4. MÉTODOS.....	55
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE INDUSTRIAL DO ESTUDO DE CASO.....	55
4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL.....	56
4.3 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AÇÚCAR PRODUZIDO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....	57
4.4 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DO ÁLCOOL PRODUZIDO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....	57
4.5 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE LEVEDURA SECA PRODUZIDA – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....	57
4.6 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DO MANANCIAL QUE ABASTECE A INDÚSTRIA.....	58
4.7 LEVANTAMENTO DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA E SEUS RESPECTIVOS USOS NAS OPERAÇÕES INDUSTRIAIS.....	59
4.8 LEVANTAMENTO DOS PONTOS DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES E VAZÕES DE LANÇAMENTO.....	60
4.9 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES GERADOS.....	61
4.10 LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS REUTILIZADAS OU RECICLADAS NO PROCESSO INDUSTRIAL.....	62
4.11 ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAR A CAPTAÇÃO DE ÁGUA, REUTILIZAR OU RECICLAR ÁGUAS.....	64
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE INDUSTRIAL.....	65

5.1.1 CARACTERIZAÇÃO DE PRODUÇÃO.....	65
5.1.2 SISTEMA DE QUALIDADE DA UNIDADE INDUSTRIAL.....	66
5.1.2.1 <i>HOUSEKEEPING</i> .....	67
5.1.2.2 BPF – BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO (BPF) E ANÁLISE DE RISCOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE (ARPCC).....	67
5.1.2.3 IMPLANTAÇÃO DE PPR – PLANO DE PARTICIPAÇÃO EM RESULTADOS.....	67
5.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL.....	69
5.2.1 RECEPÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA (CANA-DE-AÇÚCAR).....	69
5.2.2 PROCESSO DE OBTENÇÃO DE SACAROSE – EXTRAÇÃO DO CALDO.....	70
5.2.3 PRODUÇÃO DE AÇÚCAR.....	71
5.2.4 PRODUÇÃO DE ÁLCOOL.....	75
5.2.5 UTILIDADES.....	77
5.3 FLUXOGRAMAS DO PROCESSO INDUSTRIAL.....	79
5.4 CARACTERIZAÇÃO DE QUALIDADE DO AÇÚCAR PRODUZIDO NA INDÚSTRIA.....	87
5.5 CARACTERIZAÇÃO DE QUALIDADE DO ÁLCOOL PRODUZIDO NA INDÚSTRIA.....	88
5.6 CARACTERIZAÇÃO DE QUALIDADE DA LEVEDURA PRODUZIDA NA INDÚSTRIA.....	89
5.7 CARACTERIZAÇÃO DO CORPO DE ÁGUA DE CAPTAÇÃO.....	89
5.8 PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NA UNIDADE INDUSTRIAL E CÁLCULO DA TAXA DE CAPTAÇÃO ATUAL.....	90
5.9 LANÇAMENTO DE EFLUENTES.....	92

5.9.1 LANÇAMENTO DE EFLUENTE 01.....	93
5.9.2 LANÇAMENTO DE EFLUENTE 02.....	94
5.9.3 LANÇAMENTO DE EFLUENTE 03.....	95
5.10 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS UTILIZADAS E EFLUENTES GERADOS.....	95
5.11 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE REUSOS E RECICLOS PRATICADOS NA INDÚSTRIA.....	98
5.12 DISCUSSÕES.....	99
5.12.1 MINIMIZAÇÃO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA.....	99
5.12.1.1 ÁGUA DE LAVAGEM DE CANA.....	99
5.12.1.2 ÁGUA PARA FORMAÇÃO DE VÁCUO POR RESFRIAMENTO POR MUTIJATOS, NAS ÁREAS DE CONCENTRAÇÃO DE CALDO E COZIMENTO PARA PRODUÇÃO DE AÇÚCAR.....	100
5.12.1.3 ÁGUA DE RESFRIAMENTO DE DORNAS E CONDENSAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL.....	101
5.12.1.4 ÁGUA DE RESFRIAMENTO DO TURBOGERADOR.....	101
5.12.2 GERENCIAMENTO INDUSTRIAL.....	102
6. PROPOSTAS PARA MINIMIZAÇÃO, REUSO OU RECICLO DE ÁGUA.....	105
6.1 APROVEITAMENTO DO CONDENSADO.....	105
6.2 ÁGUAS DE RESFRIAMENTO DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL.....	105
6.3 TAXAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA, ANTES E APÓS A IMPLANTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MINIMIZAÇÃO, REUSO E RECICLO.....	108
7. CONCLUSÕES.....	110

ANEXOS.....	111
ANEXO A: FIGURA 15 – TORRE DE REFRIGERAÇÃO DE FLUXO CRUZADO, DE ENTRADA DUPLA.....	111
ANEXO B: ORÇAMENTO DE TORRE DE RESFRIAMENTO PARA FECHAMENTO DO CIRCUITO DE ÁGUA DE RESFRIAMENTO DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL.....	112
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	125

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01	Sistema de gerenciamento de águas em Maidstone, antes da implantação do projeto efluente zero.....	32
FIGURA 02	Sistema de gerenciamento de águas em Maidstone, após a implantação do projeto efluente zero.....	33
FIGURA 03	Torre de resfriamento atmosférica, alimentada por nebulização (circulação natural).....	51
FIGURA 04	Torre de resfriamento atmosférica, alimentada por nebulização, (circulação com enchimento).....	51
FIGURA 05	Torre de tiragem mecânica, com tiragem forçada.....	52
FIGURA 06	Torre de refrigeração de tiragem mecânica induzida, em contracorrente.....	53
FIGURA 07	Torre de refrigeração de tiragem mecânica induzida, em fluxo cruzado.....	54
FIGURA 08	Fluxograma da área de recebimento e processamento de matéria-prima (cana-de-açúcar).....	80
FIGURA 09	Fluxograma da área de produção de açúcar – parte 01.....	81
FIGURA 10	Fluxograma da área de produção de açúcar – parte 02.....	82
FIGURA 11	Fluxograma da área de produção de açúcar – parte 03.....	83
FIGURA 12	Fluxograma da área de produção de álcool – parte 01.....	84
FIGURA 13	Fluxograma da área de produção de álcool – parte 02.....	85
FIGURA 14	Fluxograma da área de utilidades.....	86
FIGURA 15	Torre de refrigeração de fluxo cruzado, de entrada dupla.....	111

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01	Usos da água no setor sucroalcooleiro.....	02
TABELA 02	Produção média de efluentes e utilização de água bruta na indústria Maidstone.....	35
TABELA 03	Padrões requeridos por diferentes países para efluentes lançados em corpos de água públicos.....	41
TABELA 04	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e temperatura dos efluentes líquidos de indústrias, conforme estudo realizado pela COPERSUCAR em 1985.....	46
TABELA 05	Composição da vinhaça – principal efluente líquido da produção de álcool.....	47
TABELA 06	Captação de água e forma de determinação da vazão.....	60
TABELA 07	Principais requisitos de qualidade para o açúcar produzido na Unidade Industrial, para mercado interno.....	87
TABELA 08	Especificações para produção de álcool.....	88
TABELA 09	Especificações para a produção de levedura seca.....	89
TABELA 10	Pontos de captação de água da unidade industrial sucroalcooleira em estudo.....	90
TABELA 11	Caracterização físico-química das águas utilizadas na indústria, água superficial captada, água dos circuitos fechados, efluentes gerados e água do corpo receptor após todos os lançamentos da indústria.....	97
TABELA 12	Resultados da pesquisa das atividades de reuso e reciclo na unidade sucroalcooleira em estudo.....	98

TABELA 13	Situação atual de captação de água, com circuito de água de resfriamento para a produção de álcool aberto.....	108
TABELA 14	Situação futura de captação de água, com circuito de água de resfriamento para a produção de álcool fechado.....	109

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAR – Atividade ambientalmente relevante

ANA – Agência Nacional de Águas

ARPCC – Análise de riscos e pontos críticos de controle

BPF – Boas práticas de fabricação

CBH-PCJ – Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

CEEIJAPI – Comitê Executivo de Estudos Integrados das Bacias dos Rios Jaguari e Piracicaba

CEF01 – Circuito fechado 01

CEF 02 – Circuito fechado 02

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPERSUCAR – Cooperativa dos produtores de açúcar e álcool do estado de São Paulo

CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz

DAEE – Departamento de águas e energia elétrica

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DPA – Departamento de Proteção Ambiental

DQO – Demanda Química de Oxigênio

E.T.A. – Estação de Tratamento de Água

E.U.A. – Estados Unidos da América

ISO – International Standards Organization

LPCTS - Laboratório de Pagamento de Cana por Teor de Sacarose

N - Nitrogênio

O.D. – Oxigênio dissolvido

ONGs – Organizações não governamentais

PPR – Plano de participação em resultados

SFT – Sólidos Fixos Totais

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

SIGRH – Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

SMA – SP – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

SS – Sólidos Suspensos

Ssed – Sólidos Sedimentáveis

SSF – Sólidos Suspensos Fixos

SST – Sólidos Suspensos Totais

SSV – Sólidos Suspensos Voláteis

ST – Sólidos totais

STF – Sólidos Totais Fixos

STV – Sólidos Totais Voláteis

Temp. - Temperatura

USEPA – United States Environmental Protection Agency

## RESUMO

Kesserlingh, S.M. *Minimização e reuso de água em indústrias sucroalcooleiras: estudo de caso. São Carlos, 2002, 125 p.* Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Em consequência da constatação do consumo elevado de água nas indústrias sucroalcooleiras, gerando efluentes líquidos que impactam o meio ambiente, considerando os avanços na implantação da cobrança pelo uso da água, este trabalho aborda várias alternativas de minimização e reuso de águas nas indústrias sucroalcooleiras, objetivando a redução da poluição na fonte e minimização da captação de água superficial, reutilizando os efluentes dentro do processo produtivo. Também são apresentados os resultados de um estudo de caso realizado em uma indústria, na qual foi realizada uma pesquisa do processo industrial, para determinar o consumo de água e a quantidade de efluentes e propor alternativas para minimização da captação de água e geração de efluentes.

Palavras chaves: Sucroalcooleira, minimização e reuso de água, efluentes líquidos, efluente zero.

***ABSTRACT***

Kessleringh, S.M. “Minimization and reuse of water in Sugar and Ethanol industries: a case study”. São Carlos, 2002, 125 p. Dissertation (M.Sc.) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

It is a fact that the Sugar and Ethanol industry in Brazil has a high level of water consumption and consequent production of effluents, with a negative impact to the environment. Also, the environmental legislation indicates a continuous raise in the charge for the usage of water from natural sources. As a consequence of the present situation, this work brings up several alternatives for the minimization and reuse of water at Sugar and Ethanol industries, aiming the reduction of pollutants at their source and the minimization of water uptake from the available supplies, by reusing the effluents inside the production process itself. It is also presented the results from a case study carried out in an industry where the production process was analyzed in the point-of-view of water usage and effluent generation. Alternatives for water uptake and effluent generation minimization are therefore proposed.

Key-words: Sugar and Ethanol industry; minimization and reuse of water, liquid effluents, zero effluent.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo HSIEH (1995), a água contida na cana-de-açúcar é mais que suficiente para o processamento industrial da mesma, sendo que por reciclagem e reuso, o consumo de água externa pode ser minimizado.

LIMA et al (2001) informam que uma tonelada de cana-de-açúcar moída produz em média 850 litros de caldo, do qual entre 78-86% é água, de 10 à 20% é sacarose, de 0,1 à 2% é açúcares redutores, 0,3 à 0,5 % é cinzas e entre 0,5 e 1,0% são compostos nitrogenados.

SAPKAL et al (2001) relata que para a produção de açúcar a água é utilizada para resfriamento de equipamentos, limpezas diárias e mensais, uso doméstico e reposição para o processo. A quantidade de água captada e efluentes gerados, segundo SAPKAL et al (2001), podem ser consideravelmente reduzidos se águas de resfriamento de equipamentos forem recirculadas, água proveniente de vapor condensado for reutilizada e se boas práticas de fabricação foram adotadas no gerenciamento da indústria.

Segundo a COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO - COPERSUCAR (SEMINÁRIO INDUSTRIAL, 1.996), o setor sucroalcooleiro é responsável pela captação de aproximadamente 13 % do total de água superficial captada no Estado de São Paulo.

De acordo com a COPERSUCAR (1996), o setor sucroalcooleiro representa 42% da demanda de água superficial para utilização industrial no Estado de São Paulo, apesar de representarem somente 4% das indústrias.

Ainda segundo a COPERSUCAR (1996), a utilização média de água no setor sucroalcooleiro no Brasil, para processamento de cana-de-açúcar, da qual 50% é destinada a produção de açúcar e 50 % é destinada a produção de álcool, é de 21 m<sup>3</sup> de água/tonelada de cana (valor teórico), sendo que 87,2 % da utilização da água na indústria sucroalcooleira está concentrada em poucos circuitos, conforme apresentado na Tabela 01.

Tabela 01 – Usos da água no setor sucroalcooleiro

Utilização da água	%
Lavagem de cana	25,4
Multijatos – evaporação e vácuos	28,4
Resfriamento de dornas – fermentação alcoólica	14,3
Condensadores de álcool – destilação de álcool (resfriamento para condensação)	19,0
Total	87,2

FONTE: Seminário Industrial Copersucar (1.996).

Conforme MUSETTI (2001), com o advento da Lei nº 9433, de 08/01/97, a cobrança pela utilização dos recursos hídricos, foi efetivamente imposta, visando, originariamente, o reconhecimento da água como um bem econômico(...). Somente após a implantação da Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos, a cobrança pela utilização dos recursos hídricos foi definida como um instrumento da política de gestão dos recursos hídricos, sendo criadas condições efetivas para sua implementação.

De acordo com a COPERSUCAR (1996), objetivando a redução dos impactos com a cobrança pelo uso da água no custo de produção, o setor sucroalcooleiro com relação ao consumo de água em suas Unidades Industriais, tem estabelecido como metas:

- diminuição da água captada;
- reaproveitamento máximo de efluentes;
- controle preventivo da poluição;
- efluente zero;
- automonitoramento da qualidade e quantidade da água captada, utilizada no processo e lançadas aos corpos de água.

## **2. OBJETIVO**

Realizar um estudo de caso em uma indústria sucroalcooleira, caracterizando o processo industrial, de forma a possibilitar o estudo de alternativas para redução do consumo de água superficial e a geração de efluentes, minimizando ou eliminando impactos ambientais.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR BACIAS HIDROGRÁFICAS

Segundo o COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ (CBH-PCJ, 1996), no Brasil, a gestão dos recursos hídricos historicamente foi marcada pela hegemonia da produção de energia elétrica, sobre os demais usos da água, acompanhando a demanda imposta pelo desenvolvimento industrial desde o início do século. Os recursos, num âmbito geral, eram suficientemente disponíveis, em termos de qualidade e quantidade, não sendo associados a qualquer valor econômico, como se constata hoje.

Ainda segundo o CBH-PCJ (1996), a Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, a RIO-92, dedicou capítulo especial à questão da água, sendo que a Agenda 21, assinada durante a RIO-92, preconizou o gerenciamento sustentável dos Recursos Hídricos, orientando todas as nações para a necessidade de garantir e recuperar a qualidade das águas.

De acordo com o CBH-PCJ (1996), a idéia de se trabalhar a questão dos Recursos Hídricos por bacias hidrográficas começou a ser desenvolvida na década de 70, sendo as primeiras experiências das quais se tem notícia no Estado de São Paulo, na região do Alto Tietê em 1976, com o Comitê do Acordo Ministério das Minas e Energia – Governo do Estado de São Paulo. Técnicos ligados ao assunto, passaram a desenvolver estudos por bacias hidrográficas, que possibilitam

visão mais ampla dos Recursos Hídricos e da relação de causa e efeito, bem como a melhor identificação e participação dos agentes envolvidos.

Baseada numa portaria interministerial do Governo Federal que possibilitava a Criação de Comitês de Bacias Hidrográficas de Rios Federais foi criado em 1982, sob a presidência do DAEE, o Comitê Executivo de Estudos Integrados das Bacias dos Rios Jaguari e Piracicaba (CEEIJAPI) composto por órgãos federais e estaduais. Funcionando em estado precário, o Comitê, além de outras deficiências, não tinha mecanismos financeiros de suporte e acabou sendo desativado em 1988 (CBH-PCJ, 1996).

A Lei Estadual 7663, de 30 de dezembro de 1991, instituiu a Política Estadual dos Recursos Hídricos e o SIGRH – Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, sendo um dos princípios estabelecidos pela Política Estadual a adoção da bacia hidrográfica como unidade física territorial de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, 1995).

A Política Nacional dos Recursos Hídricos, instituída através da Lei 9433, de 08 de janeiro de 1997, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, elegendo efetivamente a bacia hidrográfica, como unidade de gerenciamento dos recursos hídricos.

### 3.2 POLÍTICA NACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

#### LEI 9.433/97

*Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Regulamenta o Inciso XIX do Artigo 21 da Constituição Federal e altera o artigo 1º da Lei 8.001 de 13/03/90.*

Segundo a SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (1997), o Código de Águas, que data de 1.934, até o dia 8 de Janeiro de 1.997, era o único instrumento legal abrangente e específico sobre recursos hídricos no país. Apesar de suas posturas na disciplina do uso das águas, na formulação dos princípios para o uso múltiplo e nas preocupações com a saúde pública e a preservação da qualidade dos recursos hídricos, institucionalmente não conseguiu sobrepujar a setorização existente na administração pública brasileira.

Assim, de acordo com a SMA-SP (1997), era necessário um novo aparato legal, com mais força que o decreto que instituiu o Código de Águas, visando corrigir e ordenar o então quadro político-institucional, difuso, competitivo, setorizado e gerador de conflitos.

Conforme MUSETTI (2001), desde o início dos anos 80, entidades públicas e privadas relacionadas aos recursos hídricos, começaram a exigir respostas eficientes sobre a gestão da água, principalmente quanto ao domínio e a competência legislativa.

Segundo a SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (1997), a Constituição Federal de 1988, previu lei complementar

para regulamentar o Inciso XIX, do Artigo 21, que confere à União a competência para instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e definir os critérios de outorga de direitos de seu uso.

Conforme a SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (SMA-SP, 1997), as associações ligadas aos recursos hídricos se arregimentaram e conseguiram sensibilizar o Congresso Nacional para suas proposições descentralizadoras que, conceitualmente, prevalecem no Projeto de Lei 2.249, de 1.991, aprovado nas sessões da Câmara e do Senado respectivamente nos dias 21 de outubro e 12 de dezembro de 1.996. Assim, o projeto de Lei 2.249 de 1.991 tramitou durante seis anos no Congresso Nacional e teve como base a Lei 7.663, do Estado de São Paulo.

Informa a SMA-SP (1997), que a nova lei preconiza a institucionalização de uma política e de um sistema de gerenciamento integrado, descentralizado e participativo, um dos mais importantes passos no sentido de reverter o atual cenário, onde os diversos agentes governamentais, ligados ao uso das águas, atuam de forma setORIZADA e com objetivos, critérios, metas, percepção e legislação com frequência conflitantes, muitas vezes divergentes e até antagônicos.

Segundo a SMA-SP (1997), em linhas gerais, ao se comparar a Lei 9.433 com sua similar do Estado de São Paulo (Lei 7.663, de 30/12/1.991), verifica-se grande compatibilidade entre elas, o que se deve aos conceitos e princípios fundamentais que a nortearam. Assim, a tão esperada Lei Federal, veio respaldar a lei estadual paulista, evitando futuras e inconvenientes ações judiciais, principalmente no que diz respeito à cobrança pelos recursos hídricos, sendo pontos comuns nas duas leis: a utilização racional das águas e sua prioridade para o abastecimento das

populações, o aproveitamento múltiplo, a preservação e a proteção contra ações que possam comprometer seu uso atual e futuro, a gestão descentralizada (bacias hidrográficas), participativa (União, Estados, Municípios e Sociedade Civil organizada) e integrada com os demais recursos naturais.

De acordo com a SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (1997), da mesma forma que a Lei 7.663, a lei nacional institui o gerenciamento por bacia hidrográfica, através de Comitês, com a participação da União, dos Estados, dos Municípios e da Sociedade Civil.

A Lei 9.433/97 instituiu também as Agências de Água, sendo conferida a elas a análise e emissão de pareceres sobre projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança dos recursos hídricos e encaminhá-los a instituição financeira responsável pela administração destes recursos; celebrar convênios e contratar financiamentos e serviços para execução de suas competências (art.44) (MUSETTI, 2001).

### **3.3 ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS**

Conforme MACHADO (2000), a Lei n.º 9.984 de 17 de julho de 2000, dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A ANA é autarquia, com autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente. A existência de mandato de seus diretores, concede a essa autarquia,

uma autonomia mais ampla. A agência é dirigida por uma diretoria colegiada, composta por cinco membros e nomeada pelo Presidente da República.

A autonomia dos diretores da agência está indicada no art.10 da Lei 9.984. Transcorridos quatro meses da nomeação de cada diretor, estes só perderão o mandato em decorrência de renúncia, de condenação judicial transitada em julgado, ou de decisão definitiva em processo administrativo disciplinar. Também serão causa de perda de mandato a punição de atos de improbidade administrativa no serviço público e a inobservância dos deveres e proibições inerentes ao cargo ocupado (MACHADO, 2000).

De acordo com MACHADO (2000), o mandato em matéria de recursos hídricos será importante para impedir a subserviência a ordens ou pressões não fundadas no interesse público e ambiental.

As atribuições da Agência Nacional de Águas podem ser divididas em competências concernentes à Política Nacional dos Recursos Hídricos e atribuições referentes às águas de domínio da União, conforme informa MACHADO (2000).

No campo das atribuições referentes à Política Nacional dos Recursos Hídricos estão: “supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos”; a de disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos; o planejamento e a promoção de ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios; promoção e coordenação das

atividades desenvolvidas no âmbito da rede hidrometeorológica nacional; organização, implantação e gestão do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos; fomentar a pesquisa e a capacitação de recursos humanos para a gestão dos recursos hídricos; prestação de apoio aos Estados na criação de órgãos gestores dos recursos hídricos (MACHADO, 2000).

No âmbito Federal, segundo MACHADO (2000), a ANA, passa a ter a missão de supervisão e de controle do cumprimento da legislação federal de águas. A Agência tem como atribuição: cuidar das águas da União, das quais fazem parte os rios e quaisquer correntes de água que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, como manda a Constituição Federal (art. 20, III).

Entre as principais competências, quanto às águas federais, pode-se ressaltar: outorgar o direito de uso desses recursos; arrecadar, distribuir ou aplicar as receitas auferidas por intermédio da cobrança pelo uso dos recursos hídricos e fiscalizar o uso desses recursos (MACHADO, 2000).

A outorga dependerá de pelo menos três votos da diretoria da ANA, para que sejam autorizados a captação, a derivação e o lançamento de efluentes nas águas federais, conforme MACHADO 2000, sendo que o pedido de outorga deverá ser publicado na imprensa oficial e em pelo menos um jornal de grande circulação na respectiva região (art. 8º da Lei 9.984/2000).

Esta foi uma grande conquista da sociedade civil, informa MACHADO (2000), pois através de seminário promovido na Câmara dos Deputados, consolidou-se o direito à informação, antes e depois da efetivação da outorga das águas.

Quanto à cobrança, MACHADO (2000) informa que o poder da ANA para arrecadar as receitas oriundas da cobrança pelo uso das águas (art. 4<sup>a</sup>, IX) é uma inovação que deixa dúvidas no cumprimento da política de descentralização da gestão dos recursos hídricos. Para evitar obstáculos à necessária distribuição das receitas hídricas, consta da lei que a aplicação das receitas será realizada por meio de agências de água e somente na ausência destas é que esses recursos poderão ir para outras entidades (art. 4<sup>o</sup>, § 6). A Agência Nacional de Águas manterá registros que permitam correlacionar as receitas com as bacias hidrográficas em que forem geradas (art. 21, § 1<sup>o</sup>).

MACHADO (2000) conclui que há um grande desafio para a agência: que a mesma não permita o desvio de sua finalidade e, portanto, que o dinheiro arrecadado seja usado prioritariamente na bacia em que foi gerado (art. 22 da Lei 9.433/97). Ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos e aos Comitês de Bacia Hidrográfica caberá articular-se para que esse artigo da lei seja cumprido.

### **3.4 COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA**

A Política Nacional dos Recursos Hídricos fundamenta que “a água é um bem de domínio público, recurso natural limitado e dotado de valor econômico” e apresenta os instrumentos necessários a sua proteção e racionalização do uso, entre eles “a cobrança pelo uso dos recursos hídricos”.

Segundo a SMA-SP (1997), a cobrança pela água, prevista no Código de Águas de 1.934, na Lei Federal 6.938/81, na Constituição do Estado de

São Paulo de 1.989 e na Lei Estadual 7.663/91, é consolidada na Política Nacional dos Recursos Hídricos.

De acordo com a SMA-SP (1997), em países desenvolvidos a cobrança pelo uso da água já é utilizada, não tendo registros de oposições sistemáticas das grandes indústrias a sua adoção no país.

Ainda, segundo a SMA-SP (1997), no Brasil, as prefeituras, de maneira geral vêm na cobrança uma fonte de recursos financeiros para solucionar os problemas de saneamento básico locais e as Organizações Não Governamentais (ONGs) vislumbram-na como um poderoso instrumento de planejamento ambiental. As maiores oposições são vistas nos municípios com economia direcionada à agricultura e entre empresários do setor agrícola.

Dessa forma, esclarece a SMA-SP (1997), que a cobrança é um incentivo à racionalização do uso, à recuperação e à preservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos, promovendo também a ocupação mais adequada do solo nas bacias hidrográficas, não devendo ser entendida como mais uma fonte de arrecadação financeira, pois desta forma não atingirá seus objetivos.

Informa a SMA-SP (1997), que o incentivo à racionalização e uso da água origina-se principalmente do fato que na determinação do preço da água serão considerados fatores como a natureza do manancial, (superficial ou subterrâneo), a classe de uso do corpo d'água, a disponibilidade hídrica, o grau de regularização, o volume captado e consumido, a finalidade a que se destinam, as características físico-químicas e biológicas da água, a localização dos usuários na bacia e as peculiaridades locais.

Além disso, os Comitês de Bacia Hidrográfica poderão a seu critério, incentivar ou restringir o uso da água, considerando os diferentes usuários da bacia hidrográfica de seu domínio ou em parte dela (SMA-SP, 1997).

Assim, usuários de água passarão a calcular criteriosamente seus custos de captação e lançamento de efluentes e concluirão que em médio ou até curto prazo, os investimentos até então procrastinados em fechamentos de circuitos abertos de captação de água e tratamento de efluentes, serão generosamente recompensados pela redução do consumo deste recurso natural e do lançamento de efluentes.

### **3.5 REUSO, RECICLO E MINIMIZAÇÃO**

#### **3.5.1 REUSO E RECICLO**

Segundo THOMAS (1995), no reuso de um resíduo, este é retornado ao mesmo processo ou unidade de produção, sem a necessidade de tratamento prévio.

De acordo com THOMAS (1995), o reciclo pode ser caracterizado como qualquer método, técnica ou processo que altere fisicamente, quimicamente ou biologicamente a característica do resíduo, para neutralizá-lo, torná-lo menos perigoso, menos tóxico ou mesmo seguro para gerenciamento ou reuso.

Quando se fala em reuso de águas residuárias, esta alternativa parece ser a mais viável economicamente e havendo possibilidade, esta tem sido a opção mais adotada.

O reciclo não tem sido muito usado, uma vez que as águas necessitam de condicionamento prévio (tratamento), encarecendo o processo de produção.

RIBEIRO<sup>1</sup> (1995) relata que o reciclo e o reuso da água no processo produtivo podem ser economicamente viáveis a partir do momento em que a implantação desses processos direcione a empresa no sentido de:

- redução de custo com tratamento de efluentes e disposição de lodos;
- redução de custo com água captada (em caso de cobrança);
- diminuição no nível e frequências de monitoração de efluentes;
- gestão ambiental adequada dos recursos hídricos e efluentes evitando autuações por organismos de fiscalização.

Conforme RIBEIRO<sup>1</sup>, a implantação dos processos de reuso e reciclo da água, basicamente seguem etapas como:

- auditoria global da unidade produtiva, levantando dados e sistematizando o balanço hídrico;
- identificação das correntes de maior e menor impacto, principalmente no que tange a vazões e potencial poluidor;
- seleção de processos alternativos de tratamento para os casos em que o reuso não for aplicável e que seja necessário o condicionamento prévio para reutilização no processo;
- identificação de reaplicação da água, caracterizando reuso ou reciclo;
- realização de testes em planta e simulação para avaliar a viabilidade técnica da implantação da alternativa;

---

<sup>1</sup> RIBEIRO, W. M. S. (1995). 3º Seminário da empresa Dearborn para o setor sucroalcooleiro, realizado em setembro de 1995, Ribeirão Preto - SP.

- avaliação de testes, simulação e implantação.

### 3.5.2 MINIMIZAÇÃO

De acordo com a definição da EPA (THOMAS, 1995) a minimização de resíduos é aplicada estritamente à redução no ponto de geração e não no ponto de descarga.

Conforme OLIVEIRA (1998), a minimização de resíduos exerce papel importante e apresenta-se como alternativa interessante, porquê ao se reduzir o volume do resíduo gerado pela indústria, diminui-se a carga contaminante descarregada no meio ambiente e otimiza-se o processo produtivo, o qual se traduz como benefício econômico para quem decida utilizar esta estratégia.

O impacto ambiental causado pela emissão de resíduos industriais no estado líquido, gasoso ou sólido, faz imperiosa a necessidade de contar com medidas alternativas para solucionar os efeitos da atividade industrial ao seu redor.

THOMAS (1995) destaca três atividades importantes na minimização de resíduos:

- redução do efluente: atividades que reduzem ou eliminam a geração de resíduos dentro do processo produtivo, como a melhoria de métodos ou novas tecnologias;
- reciclagem e reuso: uso dos resíduos com valor econômico diretamente (reuso) ou depois de um tratamento (reciclagem);
- tratamento: qualquer atividade que reduza o volume ou a carga de contaminante, antes de sua disposição final;

### 3.6 GESTÃO AMBIENTAL

Segundo DONAIRE (1999), as normas ISO 14001 e ISO 14004 têm por objetivo prover as organizações ou elementos de um Sistema de Gestão Ambiental eficaz, passível de integração com os demais objetivos da organização.

LEITE<sup>2</sup> et al (1999) informam que a norma ISO 14.001 (item A.3.1) recomenda para as organizações que não possuam sistema de gestão ambiental, a determinação de sua posição atual em relação ao meio ambiente, realizando uma avaliação inicial, abrangendo quatro áreas fundamentais:

- requisitos legais e regulamentares;
- identificação dos aspectos ambientais significativos;
- exame de todas as práticas e procedimentos de gestão ambiental existentes;
- avaliação das informações provenientes de investigações de incidentes anteriores.

Segundo LEITE<sup>2</sup> et al (1999), a implementação de Sistemas de Gestão Ambiental é parte de um sistema de gestão global que inclui estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental.

De acordo com ANDERSON et al (1996), o primeiro estágio no desenvolvimento de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é a condução de uma pesquisa inicial, estabelecendo a posição da organização em relação aos elementos de um SGA, como:

- exigências legislativas e reguladoras;

---

<sup>2</sup> LEITE, H.T.de C.; NETO, A.E.; DUCCI, L.C. e NAKAODO, T. – Relatório de Avaliação Ambiental em Indústria Sucroalcooleira, Piracicaba, 1999. *Comunicação pessoal.*

- identificação dos aspectos ambientais das atividades, produtos e serviços para determinação daqueles que tenham impactos ambientais significativos;
- avaliação do desempenho ambiental;
- práticas ambientais existentes, procedimentos de trabalho, políticas e mecanismos de ações existentes;
- gerenciamento de incidentes ambientais;
- planejamento ambiental;
- controle de responsabilidades;
- redução ambiental;
- relações comunitárias;
- planejamento emergencial;
- recursos para conservação;
- controle de documentação.

De acordo com ANDERSON et al (1996), a política ambiental deve ser o foco de um Sistema de Gestão Ambiental, sendo a força motora para estabelecer conformidade com as metas ambientais.

PHOTINOS & PATTEMORE (1995)<sup>3</sup> apud ANDERSON et al (1996), informam que mudanças culturais significativas e de paradigma são necessárias para incorporar critérios ambientais nas decisões de uma organização e mudanças desta magnitude sempre encontrarão resistência, por melhores que sejam as intenções.

De acordo com ANDERSON et al (1996), a chave para o sucesso de um sistema de qualidade é a aceitação da equipe e para que um Sistema de Gestão

---

<sup>3</sup> PHOTINOS, G. AND PATTEMORE, M. (1995). ESD from EMS. Proc. Environment Inst. Australia Nat. Conf., Brisbane, October 1995.

Ambiental, seja aceito, a equipe precisará ter um entendimento do sistema e suas filosofias básicas.

HUNT & AUSTER (1991)<sup>4</sup> apud ANDERSON et al (1996), informam que o suporte oferecido pela alta administração da empresa tem sido um componente chave no sucesso da gestão ambiental nas empresas, nos Estados Unidos da América.

DONAIRE (1999) conclui que o aspecto mais importante e fundamental a ser considerado, para o sucesso de um Programa de Gestão Ambiental, é a disposição política da Alta Administração em transformar a causa ecológica em um princípio básico da empresa, superando o temor natural das organizações de enfrentar e equacionar de forma transparente seu comprometimento com a questão ambiental.

### **3.7 BENEFÍCIOS DE UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL**

De acordo com ANDERSON et al (1996), um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), é um sistema gerencial com um foco ambiental. Assim como em um sistema de qualidade, uma estrutura deve ser fornecida, definindo-se como controlar riscos ambientais através da estrutura organizacional, das responsabilidades, dos procedimentos, dos processos e alocação de recursos.

Conforme ANDERSON ET AL (1996), um Sistema de Gestão Ambiental deve conter elementos básicos como: política corporativa, envolvimento de funcionários, revisões gerenciais, ações corretivas, exigências legais, controle de

---

<sup>4</sup>HUNT, C.B. AND AUSTER, E.R. (1991), *Environmental Management: Avoiding the toxic trap. The mining review*, March (1991), 29-36

documentos e outros. A implementação destes elementos básicos auxiliará a organização com o gerenciamento das atividades gerais do dia-a-dia.

De acordo com ANDERSON et al (1996), um Sistema de Gestão Ambiental pode demonstrar que uma organização implantou medidas razoáveis, para assegurar a conformidade aos padrões ambientais, para que riscos sejam minimizados e que ações contingenciais sejam devidamente localizadas para evitar impactos ambientais e conseqüentes reclamações de danos ambientais.

SALTER<sup>5</sup> (1994) apud ANDERSON et al (1996), informa que algumas vantagens de ter um Sistema de Gestão Ambiental efetivo é que através deste pode-se desenvolver uma relação de confiança com os clientes, investidores e órgãos regulamentadores, de forma que se diminuem os problemas com ações legais ou criminais e com reclamações por efeitos ambientais adversos.

Conforme ANDERSON et al (1996), o Sistema de Gestão Ambiental, poderá também proporcionar ferramentas para gerenciamento ambiental, de forma que o desempenho e as melhorias ambientais são demonstradas, através de relatórios anuais apresentados pelos gerentes corporativos para demonstração do atendimento às legislações ou renovações de licenças.

Outro benefício, conforme ANDERSON et al (1996), são as melhorias nos relacionamentos que o SGA proporciona, com a vizinhança, autoridades locais e o público, a qual deve ser uma meta fundamental de qualquer sistema de gerenciamento. O processo de comunicação estabelecido em um Sistema de Gestão Ambiental deve permitir diálogos e acalmar os anseios.

---

<sup>5</sup>SALTER, J. (1994) *Legal aspects of Environmental Management and Liabilities, In: Implementing Environmental Management. L.Chem.E., London*

A vantagem da diferenciação mercadológica é um benefício relatado por ANDERSON et al (1996), que se consegue através de um Sistema de Gestão Ambiental, pois o uso de uma marca de certificação reconhecível, como a marca dos padrões de “cinco tíquetes” verdes dos Serviços de Garantia de Qualidade tem sido relatado por ANDERSON (1995) como uma ferramenta poderosa de marketing.

Melhorias contínuas no gerenciamento ambiental corporativo, satisfação dos funcionários, produção mais limpa, minimização de resíduos, prevenção da poluição, programas de segurança, são relatados por ANDERSON et al (1996), como conseqüências de um bom gerenciamento ambiental, que podem melhorar a produtividade e melhorar a relação entre as diversas hierarquias da empresa, impulsionando a implantação efetiva do programa.

### **3.8 GESTÃO AMBIENTAL EM INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS**

A indústria açucareira estabelecida com tecnologias e infraestrutura de longa data, constitui-se de várias atividades relevantes do ponto de vista ambiental, conforme definidas na Legislação de Proteção Ambiental Australiana de 1995 (ANDERSON et al, 1996).

Um dos argumentos, segundo ANDERSON et al (1996) é que a responsabilidade da indústria açucareira inicia-se com o cultivo da cana-de-açúcar, pois a escolha da terra e os métodos de plantio são etapas críticas na função de assegurar que a produção seja sustentável.

ANDERSON et al (1996), relatam que a queima de cana, é uma atividade preocupante, especialmente com a movimentação da população para áreas de cultivo de cana-de-açúcar.

Nas indústrias de açúcar, uma das maiores preocupações ambientais no passado, era a emissão de gases das caldeiras, conforme informa ANDERSON et al (1996). No entanto, pesquisas em tecnologia mais efetiva e investimento de capital em equipamentos para remoção de materiais particulados, reduziram as emissões, assim como novos acordos entre agências de fornecimento de energia elétrica e indústrias sucroalcooleiras encorajaram o máximo aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar e viabilizaram os investimentos no tratamento dos gases.

O uso de água e a geração de efluentes, de acordo com ANDERSON et al (1996), também são uma fonte de preocupações, uma vez que algumas indústrias sucroalcooleiras tem balanço hídrico positivo, descartando mais água do que entra no processo, sendo um grande problema, pois necessitam atender exigências de lançamento de efluentes, especialmente nos cursos de água mais sensíveis.

De acordo com ANDERSON et al (1996), águas de resfriamento, efluentes e lagoas de contenção de cinzas com transbordos, são preocupantes, principalmente se houverem contaminações de processo por perdas de produto (açúcar).

ANDERSON et al (1996), relatam que na Austrália, as opiniões públicas e governamentais, estão forçando várias indústrias, inclusive a açucareira, a rever suas “atividades ambientais relevantes (AAR)”, termo estabelecido em um

novo decreto de proteção ambiental (DPA) de Queensland, de 1994. Esse novo decreto de proteção ambiental, enfatiza a auto-regulamentação e exige que qualquer indústria com atividade ambientalmente relevante (AAR), obtenha uma licença ou aprovação para operação.

ANDERSON et al (1996), informam que como parte das condições de licença, pode ser exigido o desenvolvimento de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), como meio para gerenciar as múltiplas atividades ambientalmente relevantes.

De acordo com ANDERSON et al (1996), no novo cenário ambiental australiano, o desenvolvimento e introdução de um Sistema de Gestão Ambiental nas indústrias está tornando-se rapidamente uma necessidade, pois um SGA eficiente será capaz de demonstrar às autoridades regulamentadoras, ao mercado, à comunidade local e aos funcionários, seu compromisso com as políticas ambientais que regem o meio ambiente e o uso de recursos naturais.

ANDERSON et al (1996), relatam que os custos associados com a melhoria do desempenho ambiental da indústria açucareira são mínimos, se consideradas as responsabilidades ambientais atualmente impostas na Austrália e os custos com multas por descumprimento a legislação, além da possibilidade de prisão dos executivos.

De acordo com ANDERSON et al (1996), um Sistema de Gestão Ambiental em uma indústria açucareira pode direcionar a organização à uma visão sistemática e holística de todo o processo produtivo, proporcionando uma nova abordagem para examinar cada unidade operacional da produção de açúcar, cada sistema, cada ponto de controle, cada local onde exista perdas de produto, prevendo acidente e outros eventos que possam ocorrer.

Como parte do Sistema de Gestão Ambiental, de acordo com ANDERSON et al (1996), a organização industrial necessita considerar a identificação de fatores ambientais, através da ferramenta de auditoria, que pode identificar:

- erosão do solo;
- arraste de fertilizantes;
- degradação ribeirinha;
- perdas e atrasos durante a fase de colheita até a chegada na unidade industrial para moagem;
- materiais estranhos e excesso de terra na matéria-prima;
- perda de produto no bagaço e no lodo da produção de açúcar;
- perdas de melaço, gerando contaminação dos efluentes e conseqüentemente de águas subterrâneas e superficiais;
- opções de uso energético, incluindo novos mercados.

Identificando-se fatores ambientais preocupantes, podem ser geradas alternativas para minimizar o risco ambiental, fornecendo oportunidades para benefícios econômicos. Algumas alternativas são:

- colchão de palha de cana verde para minimizar a erosão e reduzir a perda de nutrientes;
- melhoramento da tecnologia de colheita, realizando treinamentos com os operadores, visando minimizar as perdas de colheita, material estranho e excesso de sujeira na cana-de-açúcar, pois no processo de moagem, o excesso de fibra e impurezas resultam em aumento nas perdas de produto (açúcar) e resíduos que necessitam ser gerenciados;

- eliminação de fontes poluidoras, através da melhoria de processo e correta armazenagem de produtos químicos;
- geração de produtos com valor agregado.

Concluem ANDERSON et al (1996), que a auditoria do processo de minimização de resíduos destacará as discrepâncias entre as operações observadas e a melhor prática, sendo que modificações simples, discutida entre os operadores, pode melhorar a produtividade e reduzir significativamente os impactos ambientais.

### **3.9 CONCEITO DE EFLUENTE ZERO NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA – EXPERIÊNCIA DA ÁFRICA DO SUL**

#### **3.9.1 INTRODUÇÃO AO PROJETO EFLUENTE ZERO**

Conforme JENSEN & SCHUMAN (2001), durante os anos de 1990, a indústria açucareira Maidstone esteve sob crescente pressão do Departamento de Assuntos das Águas e Florestas, com relação ao seu impacto negativo ao meio ambiente, principalmente pelos problemas causados por efluentes. A crise chegou ao máximo em setembro de 1996, quando a indústria sofreu ameaças de fechamento, se medidas adequadas não fossem tomadas para solucionar o problema.

De acordo com os autores, em 1998 a indústria decidiu buscar uma abordagem de efluente zero ao invés de seguir a rota de tratamento convencional de efluente, pois acreditava que uma indústria sem efluentes era possível,

principalmente devido à filosofia de efluente zero implementada em projetos pilotos, em diversas unidades industriais.

Logo, conforme JENSEN & SCHUMAN (2001), no final de 1998, foram aprovados investimentos para implantar a tecnologia de efluente zero na Indústria Maidstone, na África do Sul, sendo que para minimizar os riscos associados com esta tecnologia, o projeto de implantação foi dividido em duas fases.

A fase 1 do projeto efluente zero, foi implementada durante o ano de 1999 e o custo de implantação foi de aproximadamente US\$ 550.000, envolvendo a contenção e reciclo de vazamentos, a minimização de água externa fornecida para a indústria e o reprocessamento dos efluentes industriais. O primeiro alvo da fase 1 consistia em alcançar uma situação onde todo o excedente de água, deixasse a indústria na forma de condensado resfriado. Na fase 2, o projeto de efluente zero consistia na remoção física da Demanda Química de Oxigênio (DQO) do condensado resfriado para adequá-lo aos padrões legais de lançamento, sendo esse condensado destinado à irrigação (JENSEN & SCHUMAN, 2001).

### 3.9.2 A MUDANÇA DE PARADGIMA: DO TRATAMENTO DE EFLUENTE PARA A PREVENÇÃO

Segundo JENSEN & SCHUMAN (2001), frequentemente, os conceitos de produção limpa, prevenção de desperdícios e eliminação de efluentes são prioritários na agenda de órgãos ambientais.

Hsieh<sup>6</sup> et al (1995) apud JENSEN & SCHUMAN (2001), relataram sobre o conceito de uma indústria açucareira com efluente zero, propondo um sistema reutilizando efluentes tratados, através da utilização de um sistema de tratamento aeróbio facultativo nos circuitos de água da indústria, para minimizar a necessidade de fornecimento externo de água.

WRIGHT & MILLER<sup>7</sup> (1999) apud JENSEN & SCHUMAN (2001), discutiram estratégias para o gerenciamento de água e minimização de efluentes em indústrias açucareiras. Eles sugeriram que uma auditoria da água de processo deveria ser realizada em indústrias, para determinar a qualidade e quantidade de água disponível, assim como os requisitos de qualidade da água para circuitos de resfriamento e outros usos. A intenção da auditoria seria o reaproveitamento da água apropriada no circuito apropriado.

Conforme JENSEN & SCHUMAN (2001), uma indústria açucareira com efluente zero, seria aquela onde todo o excedente de água que deixa a produção, atende aos padrões legais de lançamento, sem necessitar de tratamento

---

<sup>6</sup> HSIEH, W.D; SHEEN, H.K AND CHEN, C.H. (1995). *An approach to zero effluent in cane sugar factories*. Proceeding of the Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. p. 226-231

<sup>7</sup> WRIGHT P.G. and MILLER, K.F.(1999). *Minimising the effluent flow from a cane sugar factory*. Proceeding of the Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. P.52-

convencional de efluente. No entanto, isso não significa que a indústria não possua lançamentos de água, uma vez que o balanço hídrico de qualquer indústria açucareira, resulta em um excedente de água, devido ao alto conteúdo de água na cana-de-açúcar.

### 3.9.3 IMPLANTAÇÃO DO PROJETO EFLUENTE ZERO

Segundo JENSEN & SCHUMAN (2001), um dos principais usos de água numa indústria açucareira é para embebição na moagem da cana-de-açúcar, sendo numa indústria tradicional, a melhor água utilizada para embebição.

De acordo com JENSEN & SCHUMAN (2001), no projeto efluente zero a estratégia é retornar os efluentes para embebição nas moendas, reduzindo a necessidade de condensado em igual proporção para esse fim, resultando em condensado excedente que pode, então ter materiais voláteis removidos e ser resfriado para conformidade com os padrões legais de lançamento.

Esta abordagem representa uma mudança de paradigma para a indústria açucareira, pois a melhor água é poupada para lançamento e a pior é reciclada no processo. Esta mudança fundamental significa que operações ruins na indústria, produzindo grandes quantidades de efluente terão impacto na própria produção ao invés do meio ambiente. Desta forma, na filosofia de efluente zero, o incentivo para minimizar o efluente não é mais a legislação ambiental, mas a eficiência da indústria (JENSEN & SCHUMAN, 2001).

De acordo com JENSEN & SCHUMAN (2001), reciclando os efluentes da indústria no próprio processo, as impurezas presentes no efluente são tratadas da mesma forma que as impurezas presentes na cana:

- material insolúvel não-combustível: terá como destino às cinzas da caldeira ou no excedente de bagaço;
- impurezas solúveis: ficam contidas no melaço;
- Impurezas voláteis: são eliminadas por evaporação.

Desta forma, os equipamentos convencionais de produção são usados para separar as impurezas do efluente líquido. O resultado é uma corrente de condensado que depois de ter os componentes voláteis removidos é descartado.

Em Maidstone, conforme JENSEN & SCHUMAN (2001), o sistema de efluente zero foi dividido em três níveis chamados de redes. A primeira rede para contenção e reciclo; a segunda rede para minimização e reutilização e a terceira rede para recuperação externa e tratamento de condensado.

A primeira rede é altamente integrada com as operações da indústria e tem uma capacidade de estoque desprezível. Esta é intencionalmente visível para todo o pessoal da produção, de modo que problemas são rapidamente identificados e corrigidos. A segunda rede tem suficiente capacidade de estocagem para receber todos os efluentes comumente produzidos em paradas na produção, mas não tem capacidade de estoque para todas as eventualidades.

A segunda rede, embora integrada com as operações da indústria, é totalmente automatizada e invisível ao pessoal da indústria. Finalmente, a terceira rede com equipamentos convencionais de tratamento de efluentes, independe das operações da indústria. A fase 1 do efluente zero inclui as duas primeiras redes

enquanto que a instalação da terceira rede cai na fase 2, a qual não é objeto de estudo nesse artigo.

### **3.9.3.1. A PRIMEIRA REDE DO PROJETO EFLUENTE ZERO**

JENSEN & SCHUMAN (2001), relatam que o objetivo da primeira rede é eliminar a maior parte da Demanda Química de Oxigênio (DQO) presente no efluente normal da indústria em sua fonte. Consiste de drenos, tanques e bombas para contenção e reciclo de eventuais vazamentos, para retorno ao processo, de modo que o açúcar é recuperado. Uma boa operação da primeira rede é fundamental para minimizar os impactos negativos dos reciclos de efluente da segunda rede nas operações da indústria.

De acordo com JENSEN & SCHUMAN (2001), os elementos chave da primeira rede são:

- todas as áreas da indústria possuem sistemas de drenos ligados a tanques de reciclo. Para minimizar os impactos negativos do reciclo, os drenos são separados de acordo com a natureza ou probabilidade de vazamentos ou lavagens;
- dependendo da natureza do vazamento ele é reciclado para um ponto diferente no processo;
- tanques de dreno são geralmente pequenos e pintados com epóxi, o que minimiza a degradação bacteriológica e garante que os vazamentos sejam reciclados rapidamente ao processo;

- a indústria de Maidstone tem um complexo sistema de drenos subterrâneos que se comunicam com drenos de águas pluviais. Uma parte importante da instalação da primeira rede foi isolar os drenos da instalação industrial dos drenos pluviais.

JENSEN & SCHUMAN (2001), informam que os impactos negativos da primeira rede são o reciclo de produtos resultantes da degradação do açúcar, no processo e a diluição das correntes da produção, que aumentam a carga dos evaporadores. No entanto, a primeira rede tem a vantagem de recuperar o açúcar que seria perdido no efluente.

### **3.9.3.2. A SEGUNDA REDE DO PROJETO EFLUENTE ZERO**

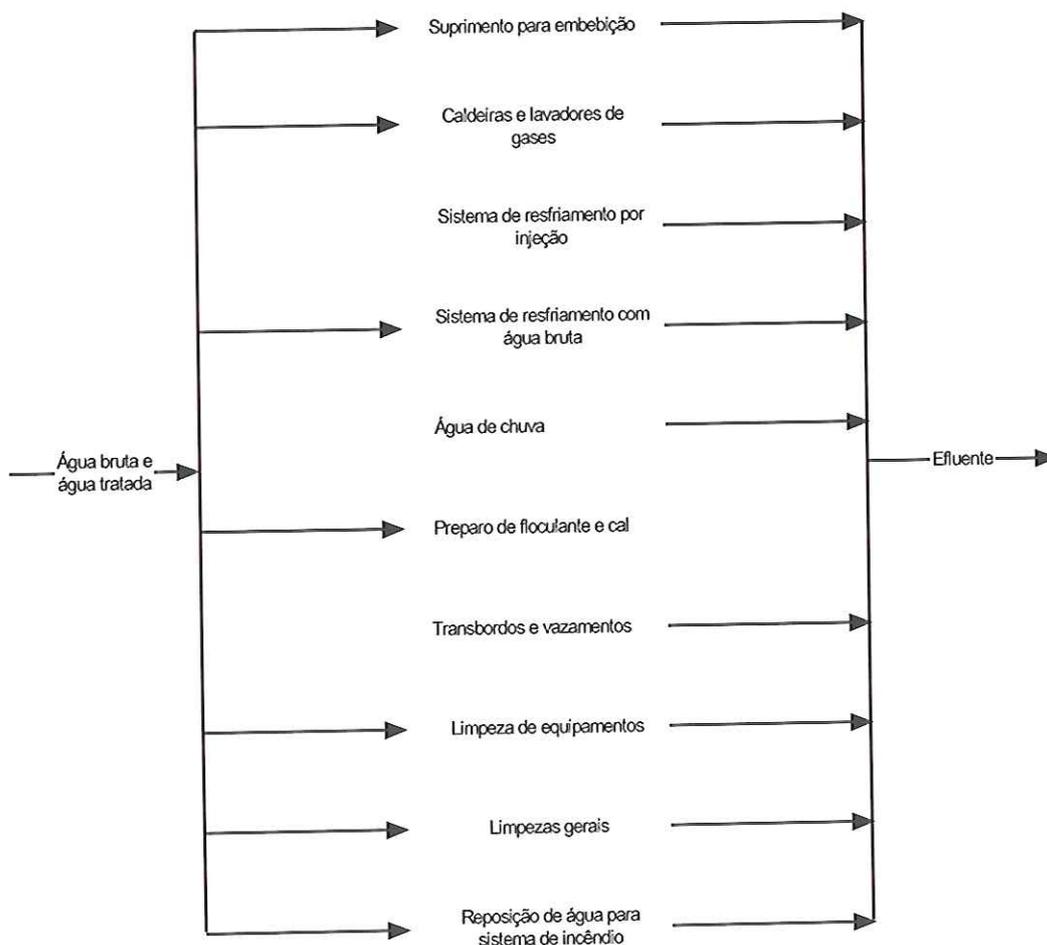
JENSEN & SCHUMAN (2001), informam que a segunda rede é projetada para conter qualquer água que escape da primeira rede para posteriormente ser retornada ao processo, conforme este tenha capacidade.

As águas da segunda rede incluem: qualquer transbordo da primeira rede, excedentes da água de injeção, transbordos da torre de resfriamento, introdução de águas pluviais. Assim, a água que entra na segunda rede deve conter muito pouco açúcar.

Alguns dos principais pontos do programa de gerenciamento de água são: eliminar o uso de água onde possível, minimizar o uso de água externa, minimizar as perdas de água nos circuitos de resfriamento, substituir água externa por água de processo com a qualidade mínima requerida, substituir condensado por água com qualidade inferior onde apropriado, monitorar o uso e disponibilidade de

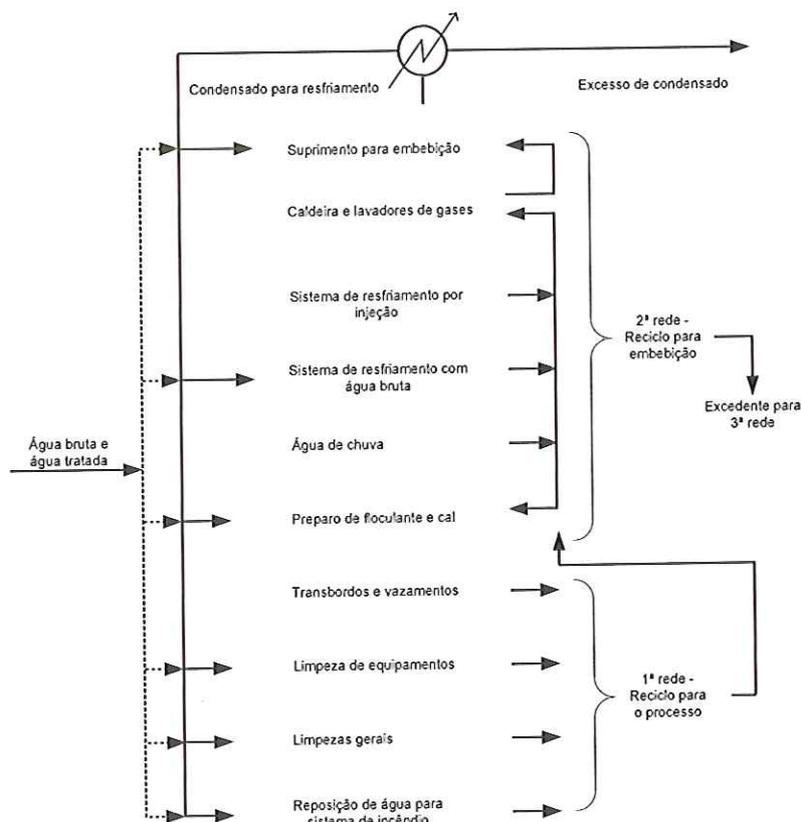
água de processo por toda a indústria, assegurando que os usuários tenham um fornecimento adequado

JENSEN & SCHUMAN (2001), ilustram nas figuras 1 e 2 os usos principais de água externa e potenciais fontes de produção de efluentes na indústria de Maidstone. Uma comparação das figuras 1 e 2 permite verificar as mudanças no gerenciamento de água como resultado do sistema efluente zero.



FONTE: JENSEN, C.R.C and G.T.SCHUMANN (2001). *Implementing a zero effluent philosophy at a cane sugar factory*. Proceeding of the Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists – September 2001, Brisbane, Australia.

Figura 01: Sistema de gerenciamento de águas em Maidstone antes da implantação do projeto efluente zero



FONTE: JENSEN, C.R.C and G.T.SCHUMANN (2001). *Implementing a zero effluent philosophy at a cane sugar factory*. Proceeding of the Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists – September 2001, Brisbane, Australia.

Figura 02: Sistema de gerenciamento de águas em Maidstone após implantação do projeto efluente zero

Considerações dos autores sobre as figuras 01 e 02:

Suprimento de água para embebição: embora a indústria normalmente tenha um excesso de água para embebição, às vezes passa por deficiências requerendo reposição.

As caldeiras e lavadores de gases têm normalmente fornecimento adequado de condensado, porém, às vezes é necessário realizar reposição de água abrandada para o tanque da caldeira. As caldeiras produzem, ainda, uma pequena quantidade de efluente como água de purga. Por outro lado, os lavadores de gases requerem água de reposição continuamente.

Águas pluviais são incluídas como uma fonte de efluente.

As misturas flocculantes e calagem requerem água mas não produzem efluente.

Transbordos e vazamentos, lavagens de tanques e limpezas em geral resultam na produção de efluentes.

A reposição de água para o sistema de combate ao incêndio refere-se somente à quantidade de água para manter a pressão do sistema e não a água que seria usada em um eventual incêndio.

#### **3.9.4 EFICIÊNCIA DO PROJETO EFLUENTE ZERO**

Apresenta-se na tabela 02, a redução na produção de efluentes e uso de água externa na indústria de Maidstone, desde o ano de 1997.

Tabela 02 - Produção média de efluentes e utilização de água bruta na indústria Maidstone

Ano	Efluente (tonelada/dia)	DQO (tonelada/dia)	Água externa (tonelada/dia)		
			Bruta	tratada	total
1997	2268	4,6	2040		2040
1998	1213	3,6	1365		1365
1999	1365	1,6	729	387	1116
2000	625	1,0	356	304	662
Nov. e Dez.2000	561	0,8	178	272	450

FONTE: JENSEN, C.R.C and G.T.SCHUMANN (2001). Implementing a zero effluent philosophy at a cane sugar factory. Proceeding of the Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists – September 2001, Brisbane, Australia.

Segundo JENSEN & SCHUMAN (2001), durante o ano de 1998, uma parte da primeira rede foi instalada sendo os trabalhos terminados durante a safra seguinte. Seu impacto é evidente a partir da grande redução da DQO comparando-se os anos de 1998 até 2000. A razão para o aumento da vazão de efluente entre 1998 e 1999 foi que durante a instalação do sistema de efluente zero, uma série de fugas foram descobertas e eliminadas.

Em novembro e dezembro de 2000, os efluentes da indústria Maidstone foram quase exclusivamente águas pluviais contaminadas. Na fase 1 do efluente zero os efluentes da indústria referem-se a água que transborda da segunda rede. Embora os drenos da primeira rede tenham sido separados dos drenos pluviais, não foi possível isolar a segunda rede do sistema pluvial. Desta forma, a chuva tem o efeito de sobrecarregar a segunda rede, produzindo efluentes.

### 3.9.5 IMPACTO DO PROJETO EFLUENTE ZERO NA RECUPERAÇÃO DE SACAROSE

Conforme JENSEN & SCHUMAN (2001), o principal impacto negativo do sistema de efluente zero é o reciclo das cinzas contidas na água do lavador de gases das caldeiras, reutilizada na embebição das moendas. A média de cinzas totais da água do lavador de gases foi quantificada em 1600 ppm (1600 partes por milhão) e o reciclo diário foi 1000 toneladas/dia. Isso corresponde a 1,6 toneladas/dia de cinzas.

Segundo JENSEN & SCHUMAN (2001), utilizando a equação de pureza proposta por REIN<sup>8</sup> & SMITH (1981), é estimado que o reciclo de cinzas, no ano de 2000 resultou em 0,13% de perdas na recuperação total, como resultado de um aumento de 0,15% nas impurezas do melaço final e do aumento da carga não sacarose. No entanto, apesar destas perdas os valores de eficiência na indústria de Maidstone foram os melhores da indústria sul-africana para a safra de 2000.

Com relação aos impactos do reciclo do lavador de gases, no processo produtivo, segundo os autores, esses devem ser vistos sob a luz dos benefícios do efluente zero, os quais são:

- perdas reduzidas de açúcar para efluentes, como resultado da primeira rede;
- eliminação de custo de instalação e operação da estação de tratamento de efluentes;
- mau cheiro e outros problemas associados com lagoas de efluentes são eliminados;

---

<sup>8</sup> Rein, P.W. and Smith, I.A. (1981). *Molasses exhaustibility studies based on sugar analysis by gas liquid chromatography*. Proceeding of de Sul African Sugar Technologists Association. p.85-91.

- demanda grandemente reduzida de água de serviço;
- garantia de alcançar os mais restritivos regulamentos ambientais.

Além do mais, com a melhoria nas operações da indústria, deve ser possível eliminar os impactos negativos do efluente zero na recuperação da sacarose.

### **3.10 GERAÇÃO DE EFLUENTES EM INDÚSTRIAS AÇUCAREIRAS – PESQUISA INTERNACIONAL**

#### **3.10.1 PRINCIPAIS CONTAMINANTES DOS EFLUENTES DE INDÚSTRIAS AÇUCAREIRAS**

Conforme PURCHASE (1995), um dos desenvolvimentos recentes na indústria de cana-de-açúcar é a adoção de procedimentos de controle da poluição da água.

Segundo o autor, que realizou uma pesquisa em 11 países sobre efluentes líquidos de indústrias de açúcar, há 20 anos era uma prática comum lançar efluentes diretamente nos corpos de água, sem tratamento, o que atualmente é estritamente proibido em muitos países.

PURCHASE (1995) relata que o tratamento de efluentes tem se tornado parte integrante das indústrias de açúcar e muitas instalações modernas produzem água limpa adequada para lançamento ou reuso.

PURCHASE (1995) estudou os principais contaminantes dos efluentes de indústrias açucareiras no mundo, sendo os principais resultados relatados a seguir:

Matéria orgânica: para monitorar os efluentes, a DQO – Demanda Química de Oxigênio é mais utilizada que a DBO, porquê é rapidamente medida em horas, enquanto que a DBO requer cinco dias.

Materiais facilmente digeridos como o açúcar, tem DQO similar à DBO. O bagaço tem DBO substancialmente menor que a DQO, porquê é relativamente resistente a decomposição biológica, mas não é resistente a oxigenação química do método analítico da DQO.

Geralmente, efluentes frescos de indústria de açúcar têm quantidade de DQO e DBO, numa proporção de duas partes de DQO para uma parte de DBO.

Na pesquisa internacional, PURCHASE (1995) detectou que poucos países, como à Tailândia, utilizam DBO como padrão para tratamento de efluentes. A maioria dos países utiliza somente a DQO ou ambos.

Chumbo: o subacetato de chumbo utilizado para clarificar soluções de açúcar para análises pode ser uma fonte de chumbo nos efluentes. Nos casos em que são realizadas muitas análises, como na África do Sul, é necessário coletar os precipitados ricos em chumbo para disposição especial, ou por outro lado, o nível admissível de chumbo no efluente é excedido.

Sódio: limpeza química de evaporação com hidróxido de sódio tem sido substituída por limpezas mecânicas em muitos países. A quantidade de sódio admissível nos efluentes varia largamente entre os países, mas é evidente que o hidróxido de sódio deve ser utilizado criteriosamente para assegurar níveis adequados para lançamento.

Óleos: a conversão de engenhos a vapor para turbinas a vapor conduziu a redução no total de óleos introduzidos nos efluentes. Indústrias que promoveram a conversão do sistema de moendas para difusores não têm problemas com o limite de óleo de 5 mg/l, enquanto que indústrias velhas podem necessitar de sistemas de separação de óleo para prevenir a poluição.

Sólidos suspensos: o controle da poluição do ar por meio de lavadores tem produzido desafios adicionais ao tratamento dos efluentes, por causa da alta carga de sólidos suspensos no circuito dos lavadores de gases. Cuidados na remoção e disposição desses sólidos são necessários para prevenir sua transferência para o sistema de tratamento de efluentes, pois por serem inertes não são digeridos biologicamente no sistema.

Fósforo: Em muitos países o fósforo não é um problema nos efluentes da indústria. Em áreas como Maurício e partes da África do Sul, a concentração de ortofosfato solúvel admissível é 1 mg/l<sup>9</sup>.

Temperatura: duas indústrias (da Austrália e Ilhas Reunidas), mencionaram temperatura elevada como um problema significativo na disposição dos efluentes. Os padrões australianos são particularmente restritivos, admitindo somente 1 °C acima da temperatura do corpo de água que irá receber o efluente.

Muitos países tropicais admitem descarga acima de 40 °C. A África do Sul, tem padrões diferentes (25 °C ou 35 °C) para diferentes áreas, dependendo da sensibilidade do corpo receptor, sendo que as áreas sensíveis geralmente não estão nas áreas de desenvolvimento de cana-de-açúcar.

---

<sup>9</sup> No Brasil, conforme Resolução Conama nº 20, de junho de 1986, artigo 21, o limite para lançamento de compostos organofosforados e carbamatos totais é de 1 mg/l em Paration

Bactérias coliformes fecais e microorganismos patógenos: Originam-se do fato de esgoto sanitário ser incorporado aos efluentes da indústria.

Odor: fortes objeções públicas são forças recentes que influenciaram no tratamento dos efluentes. Austrália e África do Sul identificam o odor como um problema que necessita ser prioritariamente resolvido com melhores projetos de lagoas de tratamento de efluentes ou adoção de diferentes tecnologias.

Resíduos de limpeza de evaporadores (açúcar): PURCHASE (1995) sugere que os pontos de drenagens dos evaporadores sejam cuidadosamente posicionados a fim de minimizar a quantidade de resíduos ricos em açúcar que é retirado dos evaporadores, durante as limpezas.

Com relação a legislação e fiscalização, PURCHASE (1995) verificou que os 11 países pesquisados tem legislação para controlar a disposição de efluentes, de tal forma que foram instituídas principalmente entre 1970 e 1980 (05 países), antes de 1970 (02 países), entre 1980 e 1990 (03 países) e após 1990 (01 país). Muitos países têm revisado suas legislações e firmadas muitas exigências nos últimos anos. Em oito dos países pesquisados existe pelo menos uma visita anual às indústrias de açúcar pelas autoridades legais. A tabela 3 apresenta os padrões de lançamento identificados nos países da pesquisa.

Tabela 03 – Padrões requeridos por diferentes países para efluentes lançados em corpos de água públicos

País	Padrões de lançamento								
	DQO mg/l	DBO mg/l	pH	Temp. °C	Na mg/l	P mg/l	Pb mg/l	Óleos mg/l	SS mg/l
Australia		20	6,5-8,0	+1	?	?	?	?	30
Colombia		%	6,0-9,0	40			0,03	%	
Índia	250	100	6,5-8,0	30	60	5	0,1	15	100
Indonésia	200	30	6,5-8,5			2	10	1	175
Jamaica	100	50	6,0-9,0	45		5	0,1	10	50
Mauricius	30	20	5,0-9,0	40	230	0,7	0,05	0,2	30
Filipinas	100	50	6,5-9,0	+3				5	70
Ilhas Reunidas	125	30	5,5-8,5	30		10	0,5	10	35
África do Sul	75		5,5-9,5	35	90*	1	0,1	5	25
Tailândia		60	5,0-9,0	40			0,2	5	30

FONTE: Adaptado de PURCHASE, B.S. (1995). *Disposal of liquid effluents from cane sugar factories*. Proceeding of International Society of Sugar Cane Technologists.

+ = temperatura máxima acima da temperatura do corpo de água

% = 80% de redução requerida para lançamento

\* = concentração máxima permitida acima da concentração local

? = está sendo decidido

### 3.10.2 QUANTIDADE DE EFLUENTES

O volume de efluentes, segundo PURCHASE (1995), nos países pesquisados, varia de 0 – 11 m<sup>3</sup>/tonelada de cana moída, sendo função de água de lavagem de cana e água de resfriamento serem ou não incorporadas aos efluentes. A pesquisa demonstra que indústrias que não utilizam lavagem de cana têm geralmente volume de efluente de 0,2 – 0,3 m<sup>3</sup>/tonelada de cana moída, excluindo-se as águas de resfriamento.

### 3.10.3 CONCENTRAÇÕES DOS EFLUENTES GERADOS

PURCHASE (1995) por meio da pesquisa verificou que indústrias que produzem 0,2 – 0,3 m<sup>3</sup>/tonelada de cana de efluente, apresentaram DQO nos efluentes em 1500 – 2500 mg/l e essas concentrações aumentam consideravelmente durante as limpezas da indústria e podem ser influenciadas pelo gerenciamento industrial.

Segundo o autor, o impacto potencial do gerenciamento industrial foi detalhado por PURCHASE ET AL (1984)<sup>10</sup>. Nesse trabalho, a carga de DQO foi reduzida de originalmente 21 toneladas/semana para 4 toneladas/semana, removendo linhas que eram utilizadas para transportar derramamentos, sendo colocadas tanques de recuperação e bacias de contenção como alternativas.

---

<sup>10</sup> PURCHASE, B.S.;BLUNT, R.L.&CHASTEAI DE BALLYON, J.C. (1984).*Investigation of undetermined loss at Pongola*. Proceeding of the Sul African Sugar Technology Association, n° 58, p. 78-85

### 3.10.4 TRATAMENTO OU DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES UTILIZADAS

PURCHASE (1995), identificou em sua pesquisa, algumas formas de tratamento de efluentes ou disposição, que são utilizadas pelos países apresentados na tabela 03. A seguir, o autor comenta as formas utilizadas e alguns fatores positivos e negativos do método.

**Irrigação:** A disposição não poluente é simples, mas requer cuidados para evitar o odor. Qualquer estocagem antes da irrigação leva o efluente a condições anaeróbias, e ao conseqüente acúmulo de ácidos orgânicos voláteis, de odor desagradável, que são dispersos durante a irrigação.

**Tratamento anaeróbio:** digestores anaeróbios fechados podem remover aproximadamente 25 kg de DQO/m<sup>3</sup>.dia, mas não são econômicos em indústrias bem gerenciadas, devido a baixa DQO presente no efluente das mesmas. Segundo o autor, o tratamento anaeróbio é adequado ao tratamento de vinhaça, efluente que possui altíssimas quantidades de DQO (valores próximos a 30.000 mg/l).

**Tratamento aeróbio:** conforme PURCHASE (1995), somente o tratamento anaeróbio, raramente reduz a DQO para os níveis requeridos para lançamento dos efluentes, de modo que ele deve ser seguido de um tratamento aeróbio.

Muitas indústrias de açúcar possuem lagoas, sendo a maioria, lagoas simples, superficiais, algumas com agitadores mecânicos. Um número crescente de sistemas de aeração mais sofisticados estão sendo instalados em casos onde o espaço é limitado.

### 3.11 TIPOS DE EFLUENTES GERADOS EM INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS

Conforme COPERSUCAR (1985) em um levantamento realizado nas indústrias cooperadas, os efluentes líquidos gerados em uma unidade industrial sucroalcooleira são:

#### Águas de colunas barométricas:

O aumento da DBO nessas águas geralmente ocorre por perdas de açúcar na última unidade (caixa) do sistema de evaporação, devido ao arraste de gotículas de caldo que podem ocorrer por problemas de projeto ou operacionais, tais como: altura insuficiente na unidade evaporativa, velocidade do vapor elevada, taxa de evaporação elevada, nível de caldo elevado, distribuição de caldo inadequada nas unidades evaporativas ou vácuo elevado na última unidade da evaporação.

Alguns dos fatores operacionais acima podem ser corrigidos através de práticas operacionais ou modificações de projeto, enquanto outros precisam de implantação de tecnologias, como separadores de arraste, que estão sendo instalados por algumas indústrias.

#### Águas de lavagem de cana:

A redução das perdas de açúcar nas águas de lavagem de cana não é uma tarefa fácil, uma vez que o contato íntimo da água com a cana dissolve parte do açúcar nas superfícies de pontas, pedaços esmagados e principalmente da exsudação devido a queima da cana, promovendo quantidades consideráveis de DBO na água. Tecnologias novas em alimentação de cana, como mesa 45°, que devido ao

ângulo possibilita a lavagem de cana com volumes inferiores de água, têm sido introduzidas nas indústrias.

Conforme COPERSUCAR (1985), algumas indústrias praticavam lavagem de cana nas esteiras que vão para os picadores, que antecedem a moagem, promovendo valores de DBO em torno de 1000 mg/l nessa água. Nesse caso foi recomendada somente à lavagem da cana apenas nas mesas alimentadoras ou esteirões, antes dos picadores, visando reduzir o nível de DBO na água e conseqüentes perdas de açúcar, que refletem na eficiência da indústria.

#### Águas condensadas ou amoniacais:

Essas águas são resultantes da concentração do caldo nas unidades de evaporação de múltiplo efeito, conforme COPERSUCAR (1985). Essas águas possuem pH de 4 a 9, dependendo das particularidades da indústria. A DBO presente é devido ao arraste de partículas de caldo, conforme descrito no item das águas de colunas barométricas. Algumas indústrias têm instalado separadores de arraste instalados na última unidade evaporativa para solucionar esse problema.

#### Águas de lavagem de piso e equipamentos:

Constituem-se de águas contaminadas, geralmente por açúcar, proveniente da lavagem de equipamentos (evaporadores, vácuos, etc) e de pisos que podem conter eventuais derramamentos de açúcar e também resíduos de bagaço.

#### Águas de resfriamento de dornas e condensadores:

São águas com quantidade de DBO e DQO, basicamente iguais à da captação, em circuitos abertos, pois são utilizadas somente para resfriamento. Eventuais aumentos na DBO ou DQO podem prover de contaminações por águas de

lavagem de pisos (mesma rede de lançamento) ou vazamento de fermentados pelas serpentinas das dornas, ou mesmo perda de álcool nos condensadores.

Da pesquisa realizada pela COPERSUCAR (1985), nas indústrias cooperadas, as quantidades de DBO e temperatura dos efluentes são relatadas na tabela 04.

Tabela 04: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e temperatura dos efluentes líquidos de indústrias, conforme estudo realizado pela COPERSUCAR em 1985.

Efluente	DBO (mg/l)	Temperatura (°C)
Águas de colunas barométricas (circuito fechado)	50 – 1000	40 – 45
Águas de lavagem de cana (circuito aberto)	120 – 300	25 – 35
Águas de lavagem de cana (circuito fechado)	2000 – 4000	
Águas condensadas ou amoniacais	100 – 500	70 – 80
Águas de lavagem de piso e equipamentos	800 – 1500	25 – 50
Águas de resfriamento de dornas e condensadores	-	35 - 45
Vinhaça	20.000	85 – 90

FONTE: COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO – COPERSUCAR (1985). *Combate a poluição: Avaliação do programa Copersucar*. Piracicaba. SP.

#### Vinhaça:

A vinhaça é o principal efluente da produção de álcool e também é o resíduo de maior potencial poluidor de uma unidade sucroalcooleira. Constituí-se de um produto de alta DQO e DBO, rico em sais minerais, que atualmente após resfriamento, tem sido complementado com nutrientes por muitas indústrias e utilizados como fertilizante na lavoura.

Na tabela 05, é informada a composição da vinhaça, conforme relata LIMA et al (2001), em estudo realizado nesse resíduo para tratamento através de biodigestor anaeróbio.

Tabela 05: Composição da vinhaça – principal efluente líquido da produção de álcool.

Característica	Valor
pH	3,73
Sólidos totais (g/l)	25,2
Sólidos voláteis (g/l)	19,3
Sólidos voláteis (% ST)	76,6
DQO (mg/l)	31.350
DBO (mg/l)	17.070
Nitrogênio (mg/l)	412
Fósforo (mg/l)	109
Sulfato (mg/l)	897
Potássio (mg/l)	1473

FONTE: LIMA, U. DE A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. E SCHMIDELL, W. et al (2001). *Biotechnologia Industrial, Processos Fermentativos e Enzimáticos*. Volume 3. Brasil. Editora Edgard Blucher Ltda.

### 3.12 TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES

Conforme relata LIMA et al (2001), o objetivo de um processamento industrial é a transformação de matérias-primas em produtos, gerando além da produção intencional, resíduos industriais, que são transportados pela água, formando os chamados efluentes industriais.

O tratamento de efluentes industriais, de acordo com OLIVEIRA (1998), é uma medida que aliada ao conceito de prevenção a poluição, apresenta importância significativa na redução da carga poluidora, devendo ser utilizada somente após a inviabilização da redução da poluição na fonte, sendo necessária a adequação dos efluentes para reciclo ou disposição final.

LIMA et al (2001) informam que a escolha do tratamento de efluentes para uma indústria, deve ser baseada em fatores econômicos e de eficiência, avaliando-se as características do resíduo (quantidade e carga poluidora),

exigências legislativas e possíveis corpos de água ou redes de esgoto disponíveis para a descarga dos resíduos líquidos.

Os processos biológicos relatam LIMA et al (2001) são mais adequados ao tratamento dos efluentes líquidos industriais, quando a matéria orgânica é o principal poluente, devido principalmente à sua relativa simplicidade, elevada eficiência e custo global mais baixo que os processos físico-químicos.

Os processos biológicos de tratamento de águas residuárias são classificados em aeróbios e anaeróbios, sendo os processos aeróbios constituídos de microorganismos que degradam a matéria orgânica utilizando oxigênio livre como receptor de hidrogênio e os processos anaeróbios, constituídos de microorganismos que utilizam o oxigênio ligado a compostos químicos, como receptor final de hidrogênio, conforme informa LIMA et al (2001).

LIMA et al (2001) informa que os principais processos aeróbios aplicados aos tratamento de efluentes industriais são os lodos ativados, os filtros biológicos e as lagoas aeróbias. Os digestores anaeróbios, que recentemente têm tido sua aplicação ampliada, devido a otimização (redução) nos tempos de retenção hidráulica são os reatores de fluxo ascendente com leito de lodo, filtro anaeróbio, filtro anaeróbio de contato e leito fluidizado.

KARL e IMHOFF (1985) relatam tratamentos biológicos, utilizados para efluentes originados de diversas indústrias.

Alguns exemplos dos tratamentos biológicos empregados citados são:

Destilarias e fábricas de fermento: Sugere IMHOFF (1985), que sejam tomadas medidas para reduzir a carga poluidora na fonte. Na hipótese de

mistura com esgotos domésticos, devem ser utilizados filtros biológicos ou lodos ativados aeróbios. Na ausência de esgotos domésticos, recomenda-se utilizar tratamentos anaeróbios, seguidos de filtros biológicos de alta capacidade com recirculação.

Indústrias de açúcar de beterraba: IMHOFF (1985), informa que as águas residuárias são tratadas em um tanque séptico de dois compartimentos, sendo que no primeiro compartimento ocorre a fermentação ácida, que é interrompida pela neutralização com cal para a passagem para o segundo compartimento, em processo de digestão alcalina. Podem ser empregadas grandes lagoas que armazenam o efluente durante um espaço de tempo, no qual a carga poluidora é removida.

### **3.13 SISTEMAS DE RESFRIAMENTO DE ÁGUA**

Em indústrias sucroalcooleiras, os sistemas de resfriamento têm sido utilizados para o fechamento de circuitos de água que são utilizadas para resfriamento de equipamentos. A literatura a seguir, apresenta alguns sistemas utilizados.

#### **3.13.1 LAGOAS DE RESFRIAMENTO**

Conforme CAPELLINE et al (1979), constitui um dos métodos mais antigos de resfriamento de água. Basicamente é constituído da introdução da água quente na lagoa, a qual é resfriada gradativamente por evaporação natural, radiação e convecção, até uma temperatura adequada para reutilização. O grande

inconveniente é a área necessária, pois o resfriamento é conseguido muito lentamente, requerendo o represamento de grandes volumes de água.

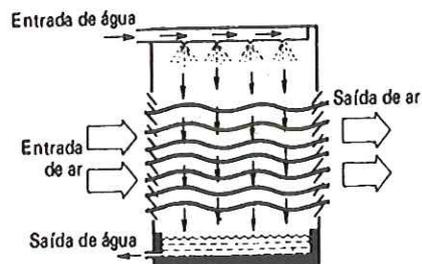
### **3.13.2 LAGOAS DE NEBULIZAÇÃO**

CAPELLINE et al (1979), informa que essas lagoas são providas de tubulações e bicos, ou módulos de nebulização, que permitem a nebulização da água no ar circundante, o que aumenta a velocidade de evaporação e garante resfriamento mais rápido, requerendo áreas bem menores, em relação às lagoas de resfriamento convencionais (resfriamento natural).

Conforme CAPPELINE et al (1979), esse método é sempre mais eficiente, quando a lagoa estiver localizada numa área onde venta muito. No entanto as perdas de água por causa do vento são altas, oscilando entre 1 e 5% da vazão.

### **3.13.3 TORRES DE RESFRIAMENTO DE CIRCULAÇÃO NATURAL**

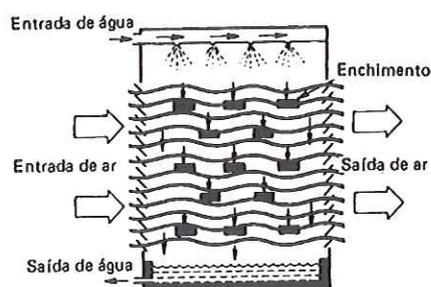
São as torres mais antigas (figura 03), conforme CAPELLINE et al (1979), a água era bombeada até o alto da torre e nebulizada por bicos, aumentando a área de contato da água, exposta ao ar, sendo a quantidade de ar que entrava na torre, controlada por venezianas nas paredes laterais. À medida que caía ao longo da torre, a água entrava em contato com o ar e evaporava, sendo que a água resfriada acumulava na bandeja e então retornava a fábrica.



FONTE: CAPPELINE, G.A.; CARROL, J.G.; CURTIS S.D.; H. E. DURHAM; GELOSA. L.R.; McCARTHY J.W. ; PHELAN, J.V.; TANIS, J.N.; THORBOG C.H. AND TOWNSED J.R. (1979). *Princípios de tratamento de águas industriais*. Drew Produtos Químicos. Ed. Edgard Blucher. São Paulo – SP.

Figura 03: Torre de resfriamento atmosférica, alimentada por nebulização (circulação natural).

Conforme CAPPELINE et al (1979), inicialmente as torres eram construídas muito altas e situadas em ângulo reto em relação ao vento dominante, para se conseguir resfriamento. Mais tarde foram introduzidos enchimentos nas torres, para romper mais facilmente as gotículas de água e aumentar a eficiência de refrigeração (Figura 04).

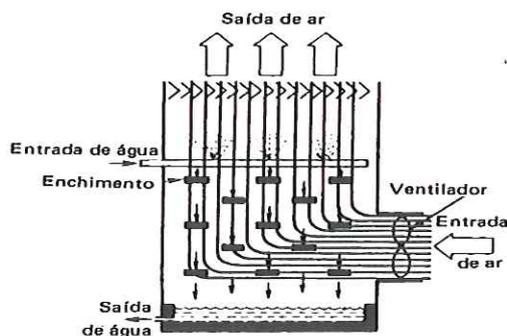


FONTE: CAPPELINE, G.A.; CARROL, J.G.; CURTIS S.D.; H. E. DURHAM; GELOSA. L.R.; McCARTHY J.W. ; PHELAN, J.V.; TANIS, J.N.; THORBOG C.H. AND TOWNSED J.R. (1979). *Princípios de tratamento de águas industriais*. Drew Produtos Químicos. Ed. Edgard Blucher. São Paulo – SP.

Figura 04: Torre de resfriamento atmosférica, alimentada por nebulização (circulação com enchimento)

### 3.13.4 TORRES DE RESFRIAMENTO DE TIRAGEM MECÂNICA

Nesse tipo de torre, conforme CAPPELINE et al (1979), o ar é introduzido com tiragem forçada ou induzida. As torres de tiragem forçada (figura 05), utilizam um ventilador situado na base ou lados da torre, para forçar o ar entrar horizontalmente e depois subir para encontrar as gotículas de água, sendo que eliminadores de gotículas no alto da torre minimizam a quantidade de água arrastada com a corrente de ar que sai.



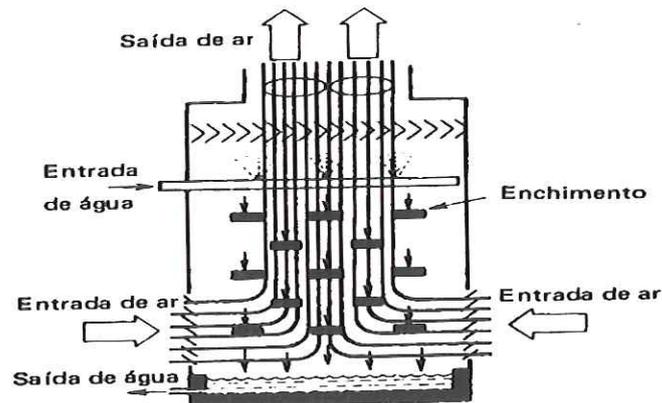
FONTE: CAPPELINE, G.A.; CARROL, J.G.; CURTIS S.D.; H. E. DURHAM; GELOSA. L.R.; McCARTHY J.W. ; PHELAN, J.V.; TANIS, J.N.; THORBOG C.H. AND TOWNSED J.R. (1979). *Princípios de tratamento de águas industriais*. Drew Produtos Químicos. Ed. Edgard Blucher. São Paulo – SP.

Figura 05: Torre de tiragem mecânica, com tiragem forçada

As torres de tiragem induzida, conforme CAPPELINE et al (1979), puxam o ar para dentro da torre, por meio de um exaustor localizado no seu topo. Essas torres são divididas em dois tipos: torres em contracorrente e torres de fluxo cruzado.

Conforme CAPPELINE et al (1979), as torres de contracorrente, funcionam com o ar sendo dirigido para cima, contra as gotículas

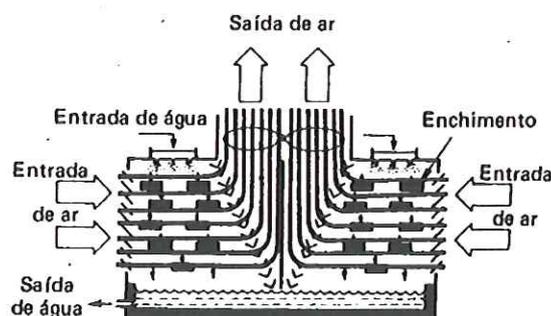
de ar que caem sobre o enchimento. A água mais quente contata o ar mais úmido e a água mais fria contata o ar mais seco, sendo a recirculação de ar quente minimizada, pois o exaustor afasta bem o ar que sai (figura 06).



FONTE: CAPPELINE, G.A.; CARROL, J.G.; CURTIS S.D.; H. E. DURHAM; GELOSA. L.R.; McCARTHY J.W. ; PHELAN, J.V.; TANIS, J.N.; THORBOG C.H. AND TOWNSED J.R. (1979). *Princípios de tratamento de águas industriais*. Drew Produtos Químicos. Ed. Edgard Blucher. São Paulo – SP.

Figura 06: Torre de refrigeração de tiragem mecânica induzida, em contracorrente.

No projeto das torres de tiragem mecânica induzida, em fluxo cruzado, as venezianas são colocadas ao longo das paredes da torre, abrangendo toda a sua altura, conforme CAPELLINE et al (1979), pois dessa forma o ar é introduzido perpendicularmente à água que cai. No centro da torre são localizados os eliminadores de gotículas, para evitar perdas de água (figura 07).



FONTE: CAPPELINE, G.A.; CARROL, J.G.; CURTIS S.D.; H. E. DURHAM; GELOSA. L.R.; McCARTHY J.W. ; PHELAN, J.V.; TANIS, J.N.; THORBOG C.H. AND TOWNSED J.R. (1979). *Princípios de tratamento de águas industriais*. Drew Produtos Químicos. Ed. Edgard Blucher. São Paulo – SP.

Figura 07: Torre de refrigeração de tiragem mecânica induzida, em fluxo cruzado.

As torres de tiragem mecânica são projetadas de modo a minimizar a perda de água pelo vento e arraste, sendo mantida em torno de 0,005 e 0,3 % da vazão de recirculação, sendo que projetos industriais típicos tem capacidade de refrigeração de 5 à 22 °C (diferença de temperatura entre a água quente da entrada e a água refrigerada - saída), conforme informa CAPPELINE et al (1979).

As perdas de água por evaporação, conforme CAPPELINE et al (1979), pode ser avaliada aplicando-se um fator de 0,85 à 1 % da recirculação para cada 5,55 °C de queda de temperatura ao longo da torre, sendo o fator 1% suficiente para aproximações generalizadas. Dessa forma, uma torre de refrigeração com vazão de recirculação de 400 m<sup>3</sup>/minuto e uma queda de temperatura de 14 °C, perderia por evaporação, aproximadamente 2,5 % ou 10 m<sup>3</sup>/minuto.

## **4. MÉTODOS**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE INDUSTRIAL DO ESTUDO DE CASO**

A unidade industrial do estudo de caso está localizada na região de Ribeirão Preto no Estado de São Paulo. Por uma restrição imposta pela administração industrial, a indústria não será identificada.

A caracterização foi realizada por meio de levantamento de dados de produção registrados nos boletins industriais da empresa, referente à safra 2001/2002 (ano de 2001).

Os dados técnicos apresentados são os considerados mais importantes, para as conclusões desse trabalho, tais como quantidade de cana moída, dados de eficiência industrial, energia gerada, caracterização da matéria-prima e qualidade do produto.

As especificações dos produtos fabricados pela indústria são apresentadas nesse trabalho, não só para algum suporte nas conclusões, mas também para suprir as necessidades ou curiosidades daqueles que venham utilizar essa dissertação.

Foi realizada também uma breve pesquisa dos programas voltados para a qualidade na área industrial, assim como dos planos de remuneração variável e a influência desses programas no gerenciamento industrial e na geração de efluentes contaminados com altos índices de matéria-orgânica (açúcar).

## 4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL

Para descrição do processo industrial, foi realizada uma pesquisa de campo, entrevistando operadores e responsáveis pelas áreas.

Basicamente a descrição do processo produtivo envolveu as seguintes etapas:

- recebimento da matéria-prima (cana-de-açúcar), onde foi descrita a forma de controle da quantidade e qualidade da mesma, para processamento industrial;
- descrição do processo de extração de sacarose da cana-de-açúcar, caracterizando-se o método utilizado, sua eficiência de recuperação e a geração de resíduos, tal como o bagaço de cana, subproduto aproveitado para fins energéticos;
- descrição do processo de produção de açúcar, envolvendo princípios básicos, operações unitárias utilizadas, produto final obtido, efluentes gerados e usos da água dentro do processo;
- descrição do processo da produção de álcool, envolvendo princípios básicos, operações unitárias utilizadas, produto final obtido, efluentes gerados e usos da água dentro do processo;
- Descrição das utilidades da indústria: tratamento de água para geração de vapor e uso do vapor para geração de energia elétrica;

Foram elaborados fluxogramas dos processos industriais que foram pesquisados, constando atividades e as principais correntes líquidas geradas.

#### **4.3 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AÇÚCAR PRODUZIDO – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

A caracterização de qualidade para açúcar foi realizada através da especificação Copersucar, a qual é baseada em normas internacionais como a Codex Alimentarius e também nas exigências dos clientes.

Segundo POEL et al (1998), o Codex Alimentarius é uma junção da comissão da Organização para a Agricultura e Alimentação e da Organização Mundial para a Saúde das Nações Unidas, o qual recomenda padrões internacionais para açúcares.

#### **4.4 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DO ÁLCOOL PRODUZIDO – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

As especificações para álcool seguem as normas do Departamento Nacional de Combustível (DNC) e da Agência Nacional de Petróleo (ANP).

#### **4.5 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA LEVEDURA SECA PRODUZIDA – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

O excesso de leveduras produzidas durante a fermentação alcoólica para produção de álcool é retirado do processo e secado para venda para produtores de ração animal. As especificações técnicas utilizadas pela indústria são as exigidas pelo Ministério da Agricultura.

#### 4.6 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DO MANANCIAL QUE ABASTECE A INDÚSTRIA

Uma vez que não há monitoramento sistemático do corpo d'água em questão, conforme consulta realizada na CETESB, foi coletada uma amostra de água do corpo de água, anterior as instalações de captação da indústria (montante), para caracterizar a qualidade da água antes da instalação industrial em estudo.

Para avaliar o impacto de lançamentos de efluentes no corpo d'água, após a instalação industrial (jusante), foi coletada uma amostra de água para caracterização da qualidade da água.

As amostragens foram realizadas pontualmente.

Alguns dados do corpo d'água (rio) que abastece a indústria, foram fornecidos através de contato telefônico ao DAEE.

A coleta, preservação, bem como a análise das amostras, foram realizadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1992), pelo Laboratório de Saneamento do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade de São Paulo – Campus de São Carlos.

As variáveis analisadas, para caracterização dos efluentes foram as seguintes:

- temperatura (no momento da coleta), através de termômetro de vidro;
- pH, através de potenciômetro;
- DQO – Demanda Química de Oxigênio, por refluxo, com dicromato;
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, pelo método de incubação por 05 dias;

- Sólidos totais fixos e voláteis (STF e STV) pelo método gravimétrico;
- Sólidos suspensos fixos e voláteis (SSF e SSV), pelo método gravimétrico;
- Sólidos sedimentáveis, pelo método gravimétrico;
- Nitrogênio total pelo método Kjeldhal;
- Óleos e graxas, pelo método da extração de Soxleth;
- Oxigênio dissolvido pelo método Winkler.

#### **4.7 LEVANTAMENTO DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA E SEUS RESPECTIVOS USOS NAS OPERAÇÕES INDUSTRIAIS**

Os pontos de captação de água superficial foram determinados na pesquisa de campo, junto ao pessoal de operação, verificando-se a localização das instalações de captação.

As vazões de água das captações do rio foram determinadas através do levantamento dos usos realizados dessas águas dentro da indústria, verificando-se a derivação das tubulações.

Nos menores usos foram realizadas medições volumétricas, sendo realizadas medições de volume e tempo, na saída da tubulação para uso, em três dias distintos. Em cada dia, foram realizadas três medições, visando reduzir o erro relacionado às mesmas.

Nos maiores usos, foram consideradas as vazões de projeto dos equipamentos que constam nos arquivos da indústria.

Alguns usos específicos como a água para alimentação das caldeiras e resfriamento do turbogerador de energia elétrica, possuem medidores de vazão. Nesse caso foi utilizada a vazão horária média da safra.

Dessa forma, os métodos de medição da vazão para os vários usos foram os seguintes:

Tabela 06 : Captação de água e forma de determinação da vazão

Água captada	Forma de determinação da vazão
Lavagem de cana na esteira	Volumétrica
Lavagem de gases – caldeira 02	Volumétrica
Formação de vácuos por resfriamento – concentração de caldo por sistema de evaporação – produção de açúcar	Valor de projeto para resfriamento e formação do vácuo
Resfriamento de dornas e condensadores de álcool – produção de álcool	Valor de projeto para resfriamento de dornas e condensação de álcool
Captação de água para geração de vapor – caldeiras	Média acumulada safra do medidor de vazão de água tratada para caldeiras
Resfriamento da turbina do turbogerador de energia elétrica	Média acumulada safra do medidor de vazão para o turbogerador

#### 4.8 LEVANTAMENTO DOS PONTOS DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES E VAZÕES DE LANÇAMENTO

Os pontos de lançamento de efluentes foram verificados através da pesquisa industrial. Verificou-se que os efluentes são lançados em canaletas

subterrâneas, que não permitem a medição volumétrica ou instalação de dispositivos que permitam uma medição precisa. Dessa forma, a emissão de efluentes, foi estimada com base na captação de água, uso e verificação dos descartes dos efluentes.

Efluentes de baixa vazão, como água de lavagens de pisos, água de limpeza de equipamentos e água de limpeza de peças na oficina mecânica, não foram quantificados, pois além de lançados em canaletas subterrâneas, são bastante variáveis, dependendo do número de limpezas realizadas.

#### **4.9 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES GERADOS**

A caracterização dos efluentes foi realizada mediante coleta pontual de amostras nos pontos de lançamento.

A qualidade destes efluentes, no que se refere às características físico-químicas, foi comparada com a qualidade da água coletada antes da captação (água do rio), sem receber nenhum efluente e após o lançamento de todos os efluentes da unidade industrial.

A coleta, preservação, bem como a análise das amostras, foram realizadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1992), pelo Laboratório de Saneamento do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade de São Paulo – Campus de São Carlos.

As variáveis analisadas, para caracterização dos efluentes foram as seguintes:

- temperatura (no momento da coleta), através de termômetro de vidro;

- pH, através de potenciômetro;
- DQO – Demanda Química de Oxigênio, por refluxo, com dicromato;
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, pelo método de incubação por 05 dias;
- Sólidos totais fixos e voláteis (STF e STV) pelo método gravimétrico;
- Sólidos suspensos fixos e voláteis (SSF e SSV), pelo método gravimétrico;
- Sólidos sedimentáveis, pelo método gravimétrico;
- Nitrogênio total pelo método Kjeldhal;
- Óleos e graxas, pelo método da extração de Soxleth.

Foi analisado também, o parâmetro fosfato total, através da metodologia do ácido ascórbico, L5.128 da CETESB.

A análise de óleos e graxas foi realizada somente no efluente da Oficina Mecânica, única ponto onde poderia haver contaminação por esses resíduos.

#### **4.10 LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS REUTILIZADAS OU RECICLADAS NO PROCESSO INDUSTRIAL**

Visando a verificação das quantidades de águas reutilizadas e recicladas no processo industrial, foi realizado um levantamento dessas águas dentro do processo industrial, por área.

As vazões dessas águas foram determinadas através dos medidores de vazão existentes no processo, sendo utilizadas as médias horárias da safra, obtidas através dos registros nos boletins industriais.

A caracterização das águas reutilizadas e recicladas foi realizada mediante coleta pontual de amostras na entrada de água para o circuito fechado.

As características físico-químicas dessas águas foram comparadas com a qualidade da água superficial captada (rio), para verificar perdas no processamento industrial para o circuito.

A coleta, preservação, bem como a análise das amostras, foram realizadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1992), pelo Laboratório de Saneamento do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade de São Paulo – Campus de São Carlos.

As variáveis analisadas para caracterização das águas reusadas e recicladas foram:

- temperatura (no momento da coleta), através de termômetro de vidro;
- pH, através de potenciômetro;
- DQO – Demanda Química de Oxigênio, por refluxo, com dicromato;
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, pelo método de incubação por 05 dias;
- Sólidos totais fixos e voláteis (STF e STV) pelo método gravimétrico;
- Sólidos suspensos fixos e voláteis (SSF e SSV), pelo método gravimétrico;
- Sólidos sedimentáveis, pelo método gravimétrico;
- Nitrogênio total pelo método Kjeldhal;

Foi analisado também, o parâmetro fosfato total, através da metodologia do ácido ascórbico, L5.128 da CETESB.

#### **4.11 ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAR A CAPTAÇÃO DE ÁGUA, REUTILIZAR OU RECICLAR ÁGUAS.**

Com base nas caracterizações quantitativas e qualitativas e no processo produtivo da unidade industrial foi realizada uma avaliação dos efluentes gerados e as possibilidades de reuso e reciclo dentro da indústria.

Foram avaliadas as possibilidades de minimização do consumo de água, tanto para as atividades industriais, como para outras atividades, como limpezas em geral.

Para as atividades industriais, avaliou-se a possibilidade de minimizar o consumo, verificando a possibilidade de fechamento de circuitos de água e a necessidade de implantar tratamento convencional para retornar o efluente ao processo industrial.

Para as outras atividades, como limpezas em geral, foram estudadas formas de minimizá-las através da implantação de programas de Boas Práticas de Fabricação - BPF, Análises de Riscos e Pontos Críticos de Controle – ARPCC e Programa de *Housekeeping*, e qual seria o impacto desses programas na minimização dos efluentes gerados nas lavagens de equipamentos e pisos da indústria.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE INDUSTRIAL**

#### **5.1.1 CARACTERIZAÇÃO DE PRODUÇÃO**

Com o levantamento das informações da safra 2001/2002, na unidade industrial pesquisada, foram obtidos os seguintes dados:

- Quantidade de cana moída : 1.107.669,7 toneladas;
- Moagem média horária: 282,35 toneladas de cana/hora
- Eficiência Industrial: 83,78 %;
- Eficiência industrial relativa: 91,99%;
- Quantidade de açúcar produzido: 66.850 toneladas;
- Quantidade de álcool hidratado produzido: 48.100 m<sup>3</sup>;
- Quantidade de levedura seca produzida: 645,92 toneladas;
- Energia elétrica consumida: 11,216 kW/tonelada de cana;
- Energia elétrica consumida total: 12.423.575,38 kWh;
- Energia elétrica gerada total: 13.723.395,70 kWh;
- Energia elétrica excedente: 1.305.792,00 kWh;
- Vapor produzido: 141,94 toneladas/hora;
- Produção total de vapor: 622.895,14 toneladas;
- Impurezas minerais na matéria-prima (cana-de-açúcar): 5,76 kg/tonelada de cana;
- sacarose na cana (polarização): 14,0968 %;
- Fibra presente na cana: 13,78 %;

- Caldo produzido no processo de extração (moendas): 1.025,22 litros/tonelada de cana;
- Perda de álcool na vinhaça: 0,021 %
- Perdas indeterminadas de açúcar: 13,91 kg de ART/tonelada de cana;
- K<sub>2</sub>O na vinhaça: 3,63 kg/m<sup>3</sup>;
- Litros de vinhaça produzidos/litro de álcool: 12,03 litro/litro;

### 5.1.2 SISTEMA DE QUALIDADE DA UNIDADE INDUSTRIAL

A unidade industrial em estudo iniciou em 1995, a implantação de um Programa de Qualidade, com o objetivo de melhorar as práticas operacionais, melhorando o desempenho industrial e a motivação dos funcionários.

Desde então foram implantados vários programas voltados para melhorar a qualidade na produção, tais como *Housekeeping*, BPF – Boas Práticas de Fabricação, ARPCC – Análise de Riscos e Pontos Críticos de Controle, PPR – Plano de Participação em Resultados e Certificação pelas Normas da Série ISO 9000, especificamente a norma ISO 9001.

Esses planos têm trazido vários benefícios à unidade industrial não só na melhoria e padronização das práticas operacionais e conseqüentemente na qualidade dos produtos, mas também a redução e prevenção da poluição na fonte, através do Programa de Participação em Resultados, como apresentado a seguir.

### **5.1.2.1 HOUSEKEEPING**

Objetiva melhorar a organização e limpeza na indústria, reduzindo riscos de contaminação de produtos, melhorando o ambiente de trabalho, a disposição de resíduos, além de proporcionar benefícios com relação ao uso de materiais (redução de perdas e retrabalhos).

### **5.1.2.2 BPF – BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO (BPF) E ANÁLISE DE RISCOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE (ARPC).**

Esses programas visam melhorar a qualidade dos produtos, diminuir os riscos de contaminação, melhorar a eficiência da manutenção industrial, reduzindo o número de reclamações de clientes, por eventuais contaminações (químicas, físicas ou biológicas).

### **5.1.2.3 IMPLANTAÇÃO DE PPR – PLANO DE PARTICIPAÇÃO EM RESULTADOS**

O PPR, aliado aos demais programas da unidade, mostrou-se uma ferramenta eficaz na melhoria da eficiência industrial, refletindo em todos os outros programas.

Esse plano é constituído de metas, que alcançadas, remuneram variavelmente os colaboradores em função do aumento da eficiência industrial (maior recuperação da sacarose e redução de perdas), níveis de manutenção de

limpeza (Housekeeping), níveis baixos de absenteísmo e manutenção da padronização e procedimentos operacionais (manutenção da certificação industrial ISO 9000).

O PPR influencia positivamente a redução da poluição ambiental, pois a remuneração variável baseada principalmente na eficiência industrial constitui um incentivo aos colaboradores envolvidos de tal forma que aumentam as preocupações em evitar perdas de matéria-prima e produtos, tais como açúcar e álcool, que seriam a fonte principal de DBO e DQO nos efluentes da Usina.

As metas de manutenção de níveis adequados de Housekeeping e da manutenção da certificação industrial, garantem que as boas práticas de limpeza e a padronização dos procedimentos será mantida, pois muito dos procedimentos operacionais, que especificam pressões de trabalho, temperatura, volumes de operações e outras especificidades, se não forem seguidos podem provocar o transbordamento de tanques ou a perdas de açúcar por arraste em equipamentos como nas unidades de evaporação, para concentração de caldo, para produção de açúcar.

Assim, qualquer forma potencial de perda tende a ser identificada, controlada e conseqüentemente evitada, poupando também o meio ambiente.

## 5.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL

### 5.2.1 RECEPÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA (CANA-DE-AÇÚCAR)

Conforme apresentado na figura 08, a cana-de-açúcar é transportada por caminhões até a Unidade Industrial, onde é pesada em balanças rodoviárias, automáticas, para mensurar a cana entregue para processamento. Estatisticamente, em sistemas informatizados apropriados, alguns caminhões são sorteados para análise e obrigatoriamente passam por amostragem, através de sondas, no laboratório de pagamento de cana por teor de sacarose (LPCTS), para análise do teor de açúcar e fibra da cana.

O descarregamento da cana-de-açúcar é realizado de duas formas:

1 – diretamente nas mesas alimentadores das moendas, através de descarregadores (também chamados hilos), seguindo para processamento direto;

2 – em pátio de armazenamento, para suprimento das moendas, no caso de falha ou deficiências eventuais de transporte.

A matéria-prima recebida é entregue à Usina basicamente em duas situações:

1 – cana-de-açúcar inteira queimada

2 – cana-de-açúcar picada crua (colheita mecanizada).

No primeiro caso, essa pode ser estocada e seu potencial de degradação, embora existente, é ainda tolerado, se mantido o ritmo de produção na indústria.

No segundo caso, a matéria-prima é imediatamente descarregada nas mesas alimentadoras e de nenhuma forma pode ser armazenada, uma vez que o seu potencial de degradação é grande.

A indústria possui duas mesas alimentadoras de cana, uma com 45° de inclinação e outra com 60° de inclinação. Nas mesas alimentadoras a cana não é lavada para retirada de impurezas.

Na unidade em estudo, a prática da lavagem de cana nas mesas alimentadoras, foi eliminada, visando reduzir a geração de efluentes e também as perdas de açúcar. Isso foi possível graças à evolução do sistema de colheita mecanizada e aumento da área de decantação e filtração da indústria, para absorver as impurezas.

A única lavagem realizada atualmente na indústria é uma pequena lavagem da matéria-prima na esteira transportadora, que consome quantidade relativamente pequena de água, que opera em circuito fechado (CF01), cuja vazão é 7 m<sup>3</sup>/h.

### **5.2.2 PROCESSO DE OBTENÇÃO DA SACAROSE – EXTRAÇÃO DO CALDO**

Das mesas alimentadoras, a cana-de-açúcar é conduzida em esteira transportadora a um conjunto de facas rotativas (também chamado “picador”), e em seguida a outro equipamento para rompimento das fibras (ou “desfibrador”), para finalmente conduzir-se à extração da sacarose nas moendas (figura 08).

A extração do caldo é realizada por um conjunto de moendas. O processo ocorre com a passagem da matéria-prima desfibrada por um conjunto de moendas, resultando no caldo propriamente dito e no bagaço que é utilizado como combustível na alimentação de caldeiras, para produção de vapor utilizado para movimentação de máquinas e turbinas e também geração de energia elétrica.

As moendas são constituídas por seis ternos de rolos (tipos de engenhos), que sucessivamente extraem a sacarose presente na cana. Para facilitar a extração, é realizado um processo de embebição nos ternos, que do 1º ao 5º terno é realizada com o próprio caldo da cana, do terno posterior. No entanto, como no último terno não há caldo para embebição, é utilizada água condensada (reuso), proveniente de vapor condensado da área de evaporação. A vazão de água condensada para embebição é de 25 m<sup>3</sup>/h.

Parte do caldo extraído, principalmente o retirado no primeiro estágio da moagem, por ser mais puro em sacarose, é enviado para a fabricação de açúcar. A outra parte, oriunda dos outros estágios de extração é enviada para a fabricação de álcool.

### **5.2.3 PRODUÇÃO DE AÇÚCAR**

As figuras 09, 10 e 11 apresentam o fluxograma da produção de açúcar, elaborado para a compreensão da descrição do processo, detalhada a seguir.

O caldo destinado à produção de açúcar recebe pré-aquecimento em trocador de calor, paralelamente ao caldo clarificado para a fabricação de álcool. Em seguida, entra em uma coluna para sulfitação, para remoção basicamente de

componentes que formam cor, iniciando a primeira etapa do tratamento químico. O caldo então segue para um processo de correção do pH, com leite de cal, sendo aquecidos em trocadores de calor até temperatura próxima de 105 °C, sendo então enviado aos decantadores (ou clarificadores), onde receberão auxiliar de decantação (polímero), para remoção das impurezas presentes no mesmo, inclusive terra, completando a etapa do tratamento químico.

O lodo proveniente do fundo do decantador é enviado para filtros tipo prensa e rotativos à vácuo, para recuperação da sacarose residual presente no mesmo, obtendo-se nesse processo uma parte líquida (caldo filtrado), o qual retorna ao processo de fabricação de açúcar e outra parte sólida, a chamada “torta de filtro” que é um dos resíduos sólidos da usina. Esta é totalmente aproveitada como fertilizante, nas lavouras de cana-de-açúcar.

Para aproveitamento total da sacarose presente no lodo dos decantadores, durante a filtração é realizada a lavagem da torta com águas condensadas, provenientes da fabricação de açúcar (reuso), cuja vazão é de 15 m<sup>3</sup>/h.

O caldo proveniente dos decantadores passa por um processo de peneiramento, seguindo então para concentração em evaporadores de múltiplo estágio. O sistema de evaporação utilizado é de quintúplo efeito, composto de três pré-evaporadores e mais quatro corpos de evaporação.

Na área de evaporação, os pré-evaporadores utilizam para operação vapor tipo escape (vapor da caldeira, após utilização em outros equipamentos), das turbinas de acionamento das moendas.

Em consequência da concentração do caldo de cana nesses equipamentos, evaporando água, os pré-evaporadores geram vapor denominado

“vapor vegetal” (por ser oriundo da concentração do caldo), o qual é utilizado para a operação da primeira unidade de evaporação (ou caixa de evaporação, como os operadores popularmente denominam).

Conseqüentemente, o primeiro evaporador gera “vapor vegetal” que irá alimentar o segundo evaporador (segundo efeito), seguindo esse processo até o quinto evaporador da concentração do caldo, sendo que o vapor gerado no último evaporador será utilizado nos cozedores de açúcar à vácuo e nos aquecedores de caldo.

Dessa forma, observa-se que o setor de fabricação de açúcar utiliza a própria água presente na cana-de-açúcar para sustentar sua necessidade de vapor.

Os condensados gerados pelos vapores condensados nas calandras dos evaporadores são todos direcionados para uma caixa de água quente. Essa caixa recebe os condensados, os quais são analisados para verificar se há contaminação ou não com açúcar.

Caso haja contaminação com açúcar, esse condensado é descartado para o Circuito Fechado (CF02). Caso não haja contaminação com açúcar nessa água, o condensado é direcionado para a caixa de água quente para as caldeiras, onde o retorno de condensado, segundo as medições de vazões presentes na indústria, são de 50 m<sup>3</sup>/h.

Parte do condensado também é utilizada para lavagem da torta de filtro, que de acordo com medidores de vazão do processo, é de 15 m<sup>3</sup>/h e para embebição no 6º terno da moenda, que de acordo com medidores de vazão do processo é de 25 m<sup>3</sup>/h, conforme já relatado no recebimento e processamento da matéria-prima;

A formação de vácuo nos evaporadores é constituída da utilização de multijatos, equipamento que utiliza quantidade apreciável de água para essa função. Essa água atualmente, na indústria, opera em circuito totalmente fechado (CF02).

Após a evaporação, o caldo agora denominado xarope, é enviado para o flutador de xarope para tratamento do mesmo (remoção de cor, cinzas, etc), visando melhor qualidade do açúcar e após, segue direto para os cozedores, onde é realizada a cristalização da sacarose, pelo princípio da supersaturação. Esses equipamentos, igualmente aos evaporadores, operam com vácuo, sendo dotados também de multijatos, demandando grande consumo de água, as quais operam em circuito fechado (CF02).

Nos cozedores (ou panelas de vácuo), a sacarose é cristalizada, formando a denominada massa cozida, que é enviada para as centrífugas, para separação da parte sólida (cristais de açúcar) da parte líquida (mel). O açúcar é enviado para secadores rotativos com ar quente, sendo em seguida armazenado e o mel residual é reservado para utilização no processo de fabricação do álcool.

Os cozedores são limpos periodicamente, gerando alguns efluentes ricos em açúcar, que não são descartados nos circuitos de água, pois além de contaminarem as águas, geram perdas consideráveis de açúcar.

Dessa forma, as águas das primeiras lavagens são retornadas no processo de distribuição do caldo nas moendas, sendo lançadas somente águas pobres em açúcar, do enxágüe final do cozedor, nos circuitos fechados – CF01 (recebe água da limpeza dos cozedores 1, 2 e 3) e CF02 (recebe água da limpeza dos cozedores 4, 5 e 6).

#### 5.2.4 PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

As figuras 12 e 13 apresentam o fluxograma da produção de álcool, elaborado para a compreensão da descrição do processo, detalhada a seguir.

O caldo destinado à produção de álcool passa por tratamento similar ao da produção de açúcar, recebendo adição de polímero e decantação. Esse caldo não passa pelos processos de sulfitação, caleação e flotação.

A fabricação do álcool inicia-se com o preparo do mosto, no qual utiliza-se o caldo e também o mel, diluídos ou não com água potável, proporcionando um meio com concentração adequada de sacarose para a fermentação alcoólica.

O mosto é enviado para as dornas juntamente com uma cultura de leveduras, que trabalham em um sistema de circuito fechado na fermentação, sendo recuperadas em centrífugas, tratadas com ácido sulfúrico e retornadas ao início do processo de fermentação.

A unidade industrial opera com uma fermentação semi-contínua, com uma dorna grande, denominada dorna “con-bat”, onde ocorre aproximadamente 80% do processo fermentativo, seguido de uma série de pequenas dornas, denominadas dornas bateladas, onde o conteúdo da dorna grande é distribuído, sendo nessas pequenas dornas, encerrada a fermentação.

O processo fermentativo produz álcool e gás carbônico. Esse gás é lavado e a água é reciclada para a dorna volante (dorna que recebe somente a parte alcoólica do fermentado, após separação nas centrífugas).

O processo fermentativo é anaeróbio e libera calor. Portanto, para a manutenção de uma temperatura adequada da fermentação, as dornas são dotadas de sistemas de resfriamento, tipo serpentinas. A água utilizada nessas serpentinas, atualmente é lançada diretamente no rio, que abastece a indústria.

Ao final da fermentação obtém-se o vinho, que é mistura de álcool, leveduras e pequena porção de açúcares residuais. Este é centrifugado para recuperação e separação das leveduras, que retornam ao processo, sendo a parte alcoólica enviada a um sistema de armazenagem, denominado dorna volante, a qual alimenta as colunas de destilação.

A destilação consiste na separação das substâncias componentes do vinho por meio dos diferentes pontos de ebulição dos componentes do mesmo, que são basicamente água e álcool etílico (em maior proporção).

Por meio de várias destilações específicas separam-se os componentes que formarão ao final o álcool etílico, a vinhaça e o óleo fúsel.

A separação dos vapores alcoólicos nas colunas de destilação requer sua posterior condensação, em condensadores munidos de sistemas de resfriamento. Tal como na fermentação, é utilizada água para resfriamento nesses equipamentos, que é posteriormente, lançada diretamente no rio, juntamente com a água de resfriamento das dornas.

Alguns vapores alcoólicos podem não ser totalmente condensados, por isso são levados a torre de lavagem dos gases destilados, para recuperação do álcool presente, antes do lançamento a atmosfera.

A vinhaça representa o principal efluente líquido da fabricação de álcool, a qual é resfriada por torre e armazenada, para ser posteriormente aplicada como fertilizante nas lavouras de cana-de-açúcar.

No circuito de armazenagem da vinhaça são também lançados os efluentes de lavagem dos pisos das destilarias, contendo fermentado ou pequenas quantidades de açúcar.

O óleo fúsel gerado é armazenado e vendido para empresas que destilam o mesmo para produção de álcool isoamílico.

### **5.2.5 UTILIDADES**

A figura 14 apresenta o fluxograma da área de utilidades, elaborado para a compreensão da descrição do processo, detalhada a seguir.

A indústria possui uma Estação de Tratamento de Água (E.T.A.), que capta 170 m<sup>3</sup>/h de água superficial, na vazão máxima para geração de vapor e resfriamento da turbina de geração de energia elétrica.

Essa unidade de tratamento efetua o tratamento químico da água, utilizando sulfato de alumínio como floculante e polímero como coagulante, seguida de filtração em filtro de carvão e abrandamento para retirada da dureza presente (cálcio e magnésio principalmente).

A indústria possui duas caldeiras, que produzem, conforme média horária do ano de 2001, 141 toneladas/hora de vapor (média da produção da safra 2001/2002), consumindo para tal 150 m<sup>3</sup>/h de água, sendo 100 m<sup>3</sup>/h proveniente da Estação de Tratamento de Água e 50 m<sup>3</sup>/h de condensado da fabricação de açúcar.

Freqüentemente verifica-se uma reposição para as caldeiras de  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ , em função da contaminação do condensado com açúcar, o qual não pode ser utilizado nas caldeiras.

A capacidade individual das caldeiras é de 100 toneladas de vapor/hora (caldeira 02) e 50 toneladas de vapor/hora (caldeira 01). A caldeira de maior capacidade possui um lavador de gases, para reduzir a emissão de materiais particulados. A água resultante desse processo de lavagem opera também em circuito fechado (CF01), sendo agregada a essa água, outras águas como a lavagem de cana da esteira na moenda e águas de lavagem de pisos e equipamentos, havendo excedente de água, que é lançado para fora do circuito fechado.

Para a produção de vapor, a indústria realiza a queima do bagaço (resíduo sólido da moagem da cana), para acionamento de máquinas e turbinas e para geração de energia elétrica.

A quantidade de energia elétrica gerada é suficiente para suprir todas as necessidades da indústria durante a safra, gerando ainda nesse período um excedente que é vendido para a CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz.

Para refrigeração da turbina do turbogerador é utilizada uma vazão de água tratada abrandada, proveniente da E.T.A., de  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Como efluente, as caldeiras geram uma pequena quantidade de água de purga ( $1 \text{ m}^3/\text{h}$ ), que é lançada no circuito fechado (CF02).

### **5.3 FLUXOGRAMAS DO PROCESSO INDUSTRIAL**

As figuras 08 até 14, apresentam os fluxogramas do processo industrial.

Figura 08: Fluxograma da área de recebimento e processamento de matéria-prima (cana-de-açúcar).

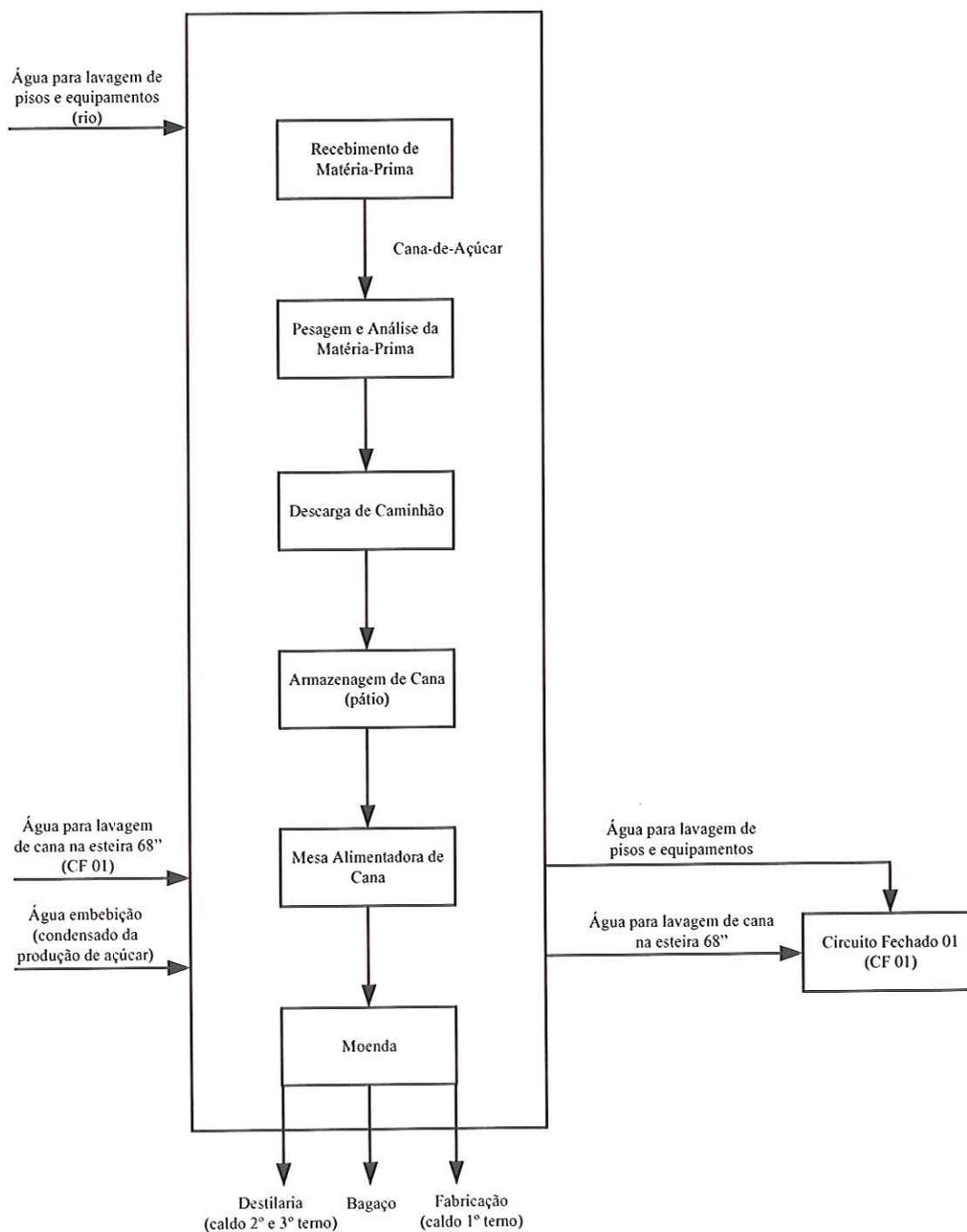


Figura 09: Fluxograma da área de produção de açúcar - parte 1.

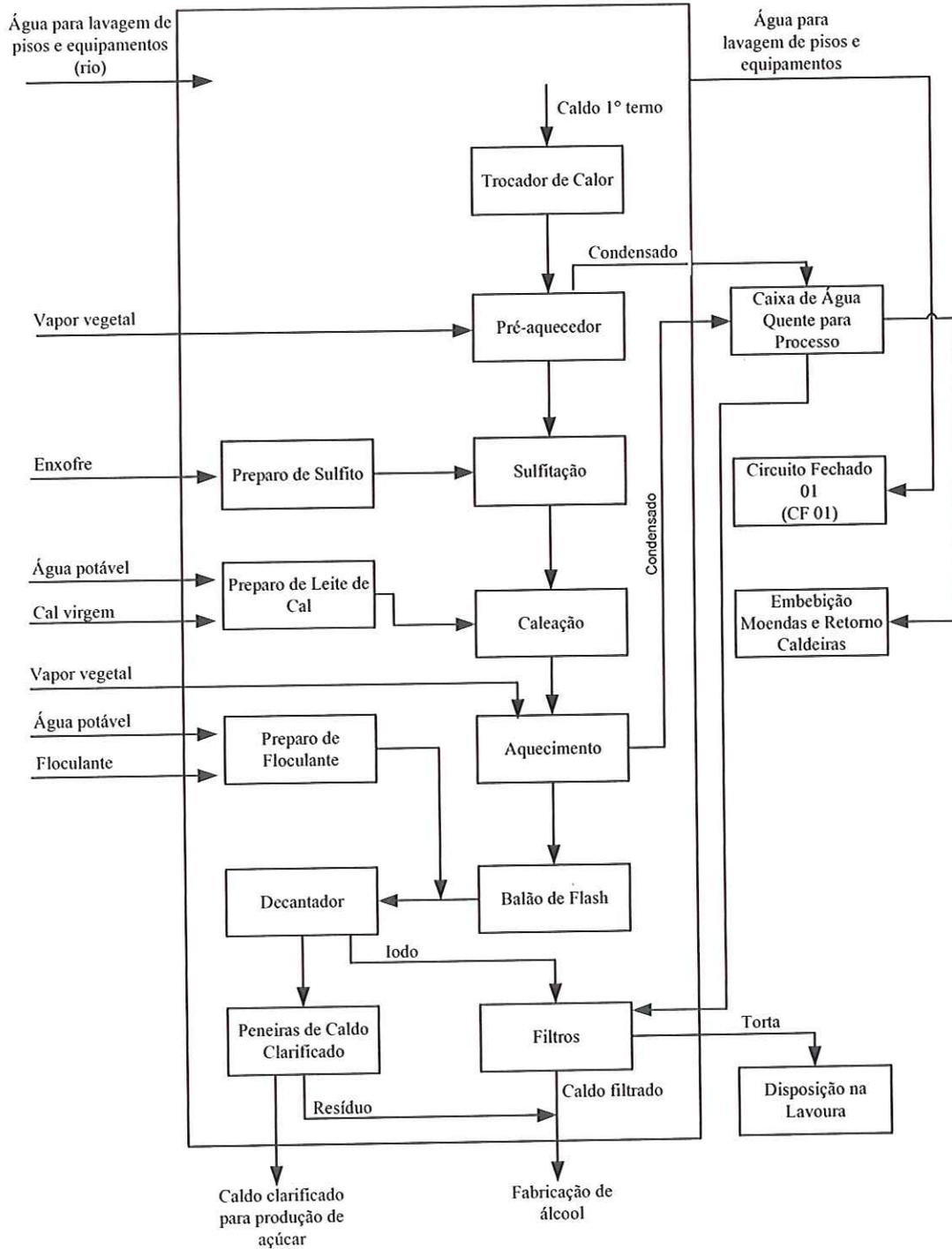


Figura 10: Fluxograma da área de produção de açúcar - parte 2.

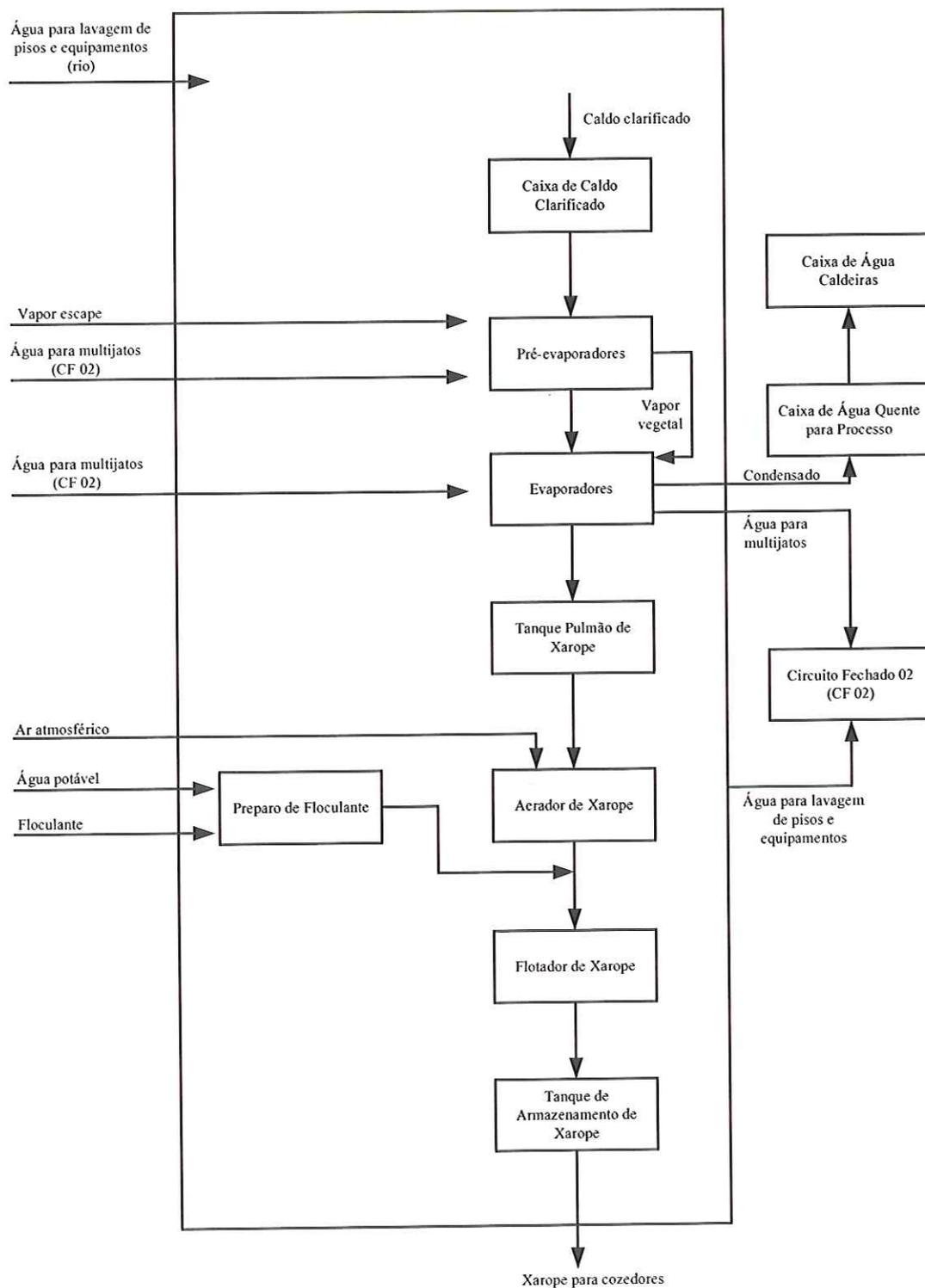


Figura 11: Fluxograma da área de produção de açúcar - parte 3.

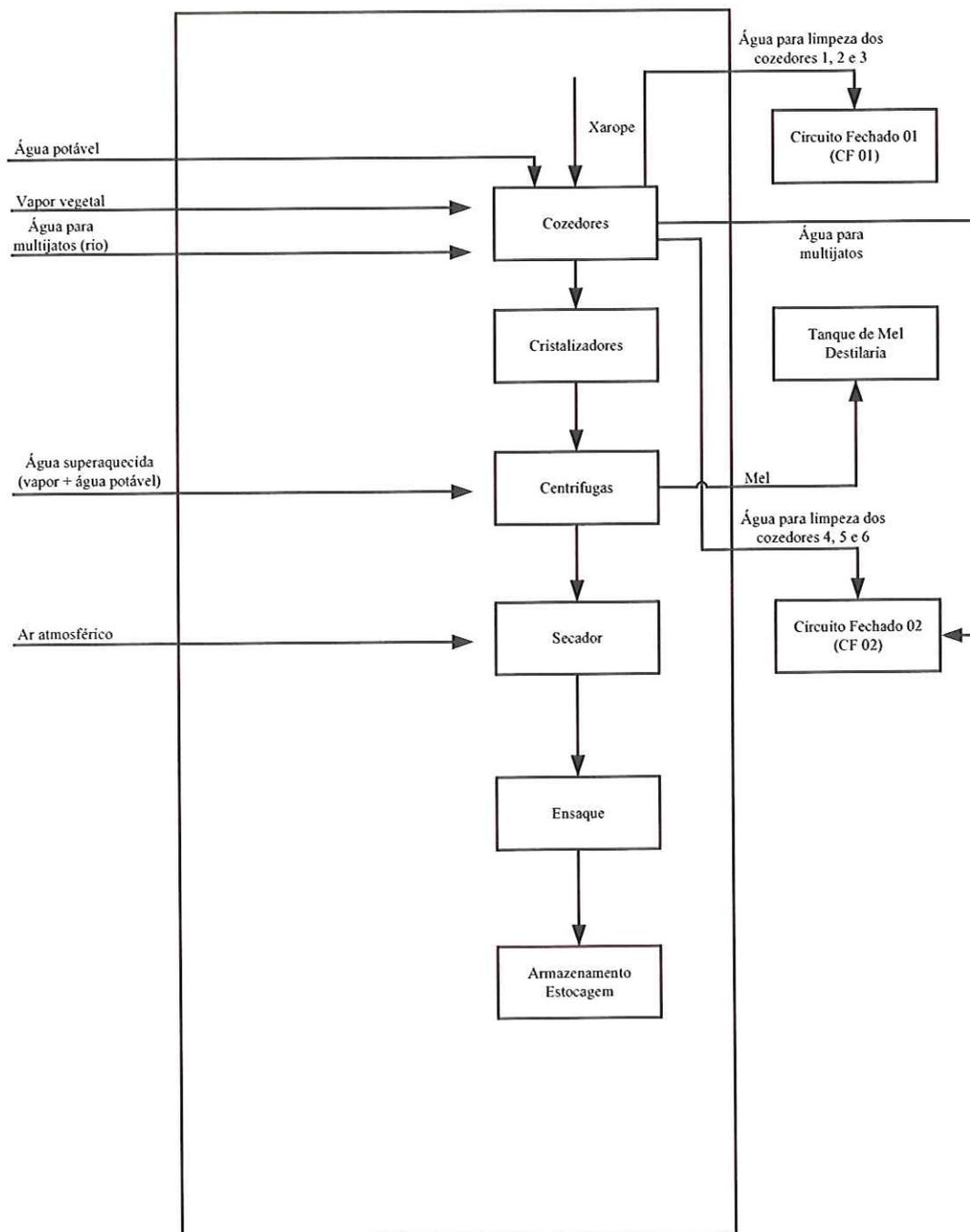


Figura 12: Fluxograma da área de produção de álcool - parte 1.

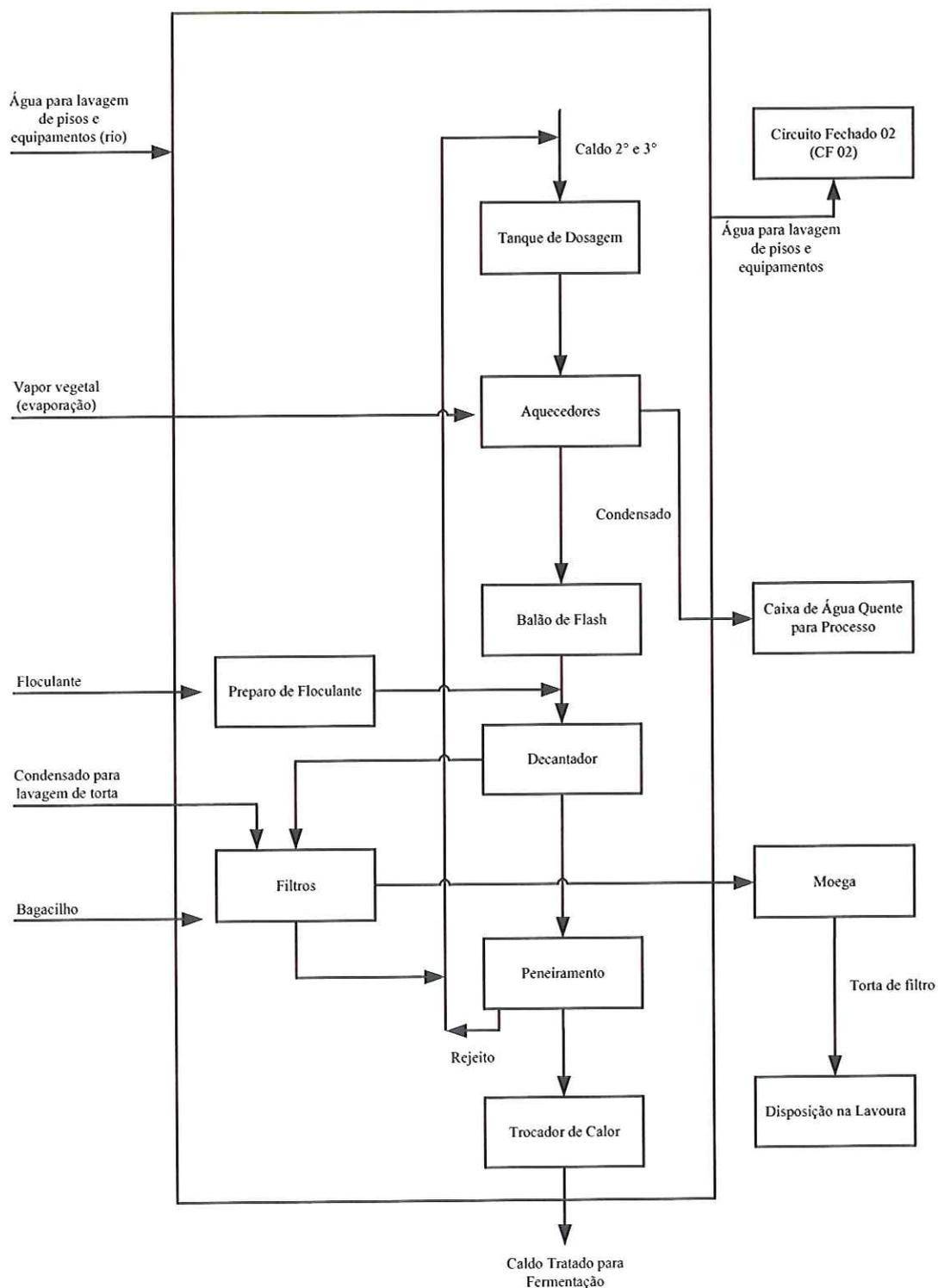


Figura 13: Fluxograma da área de produção de álcool - parte 2.

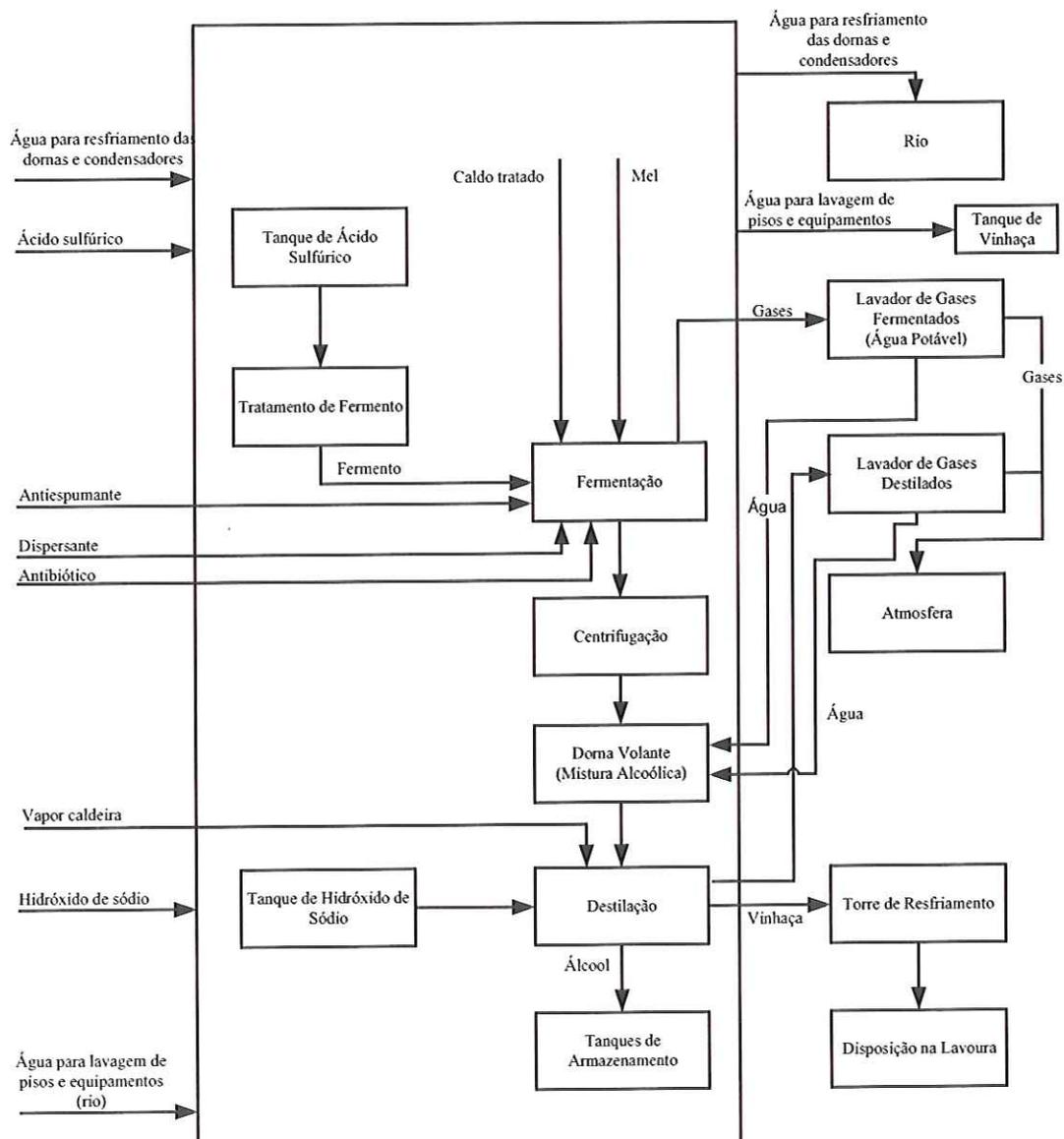
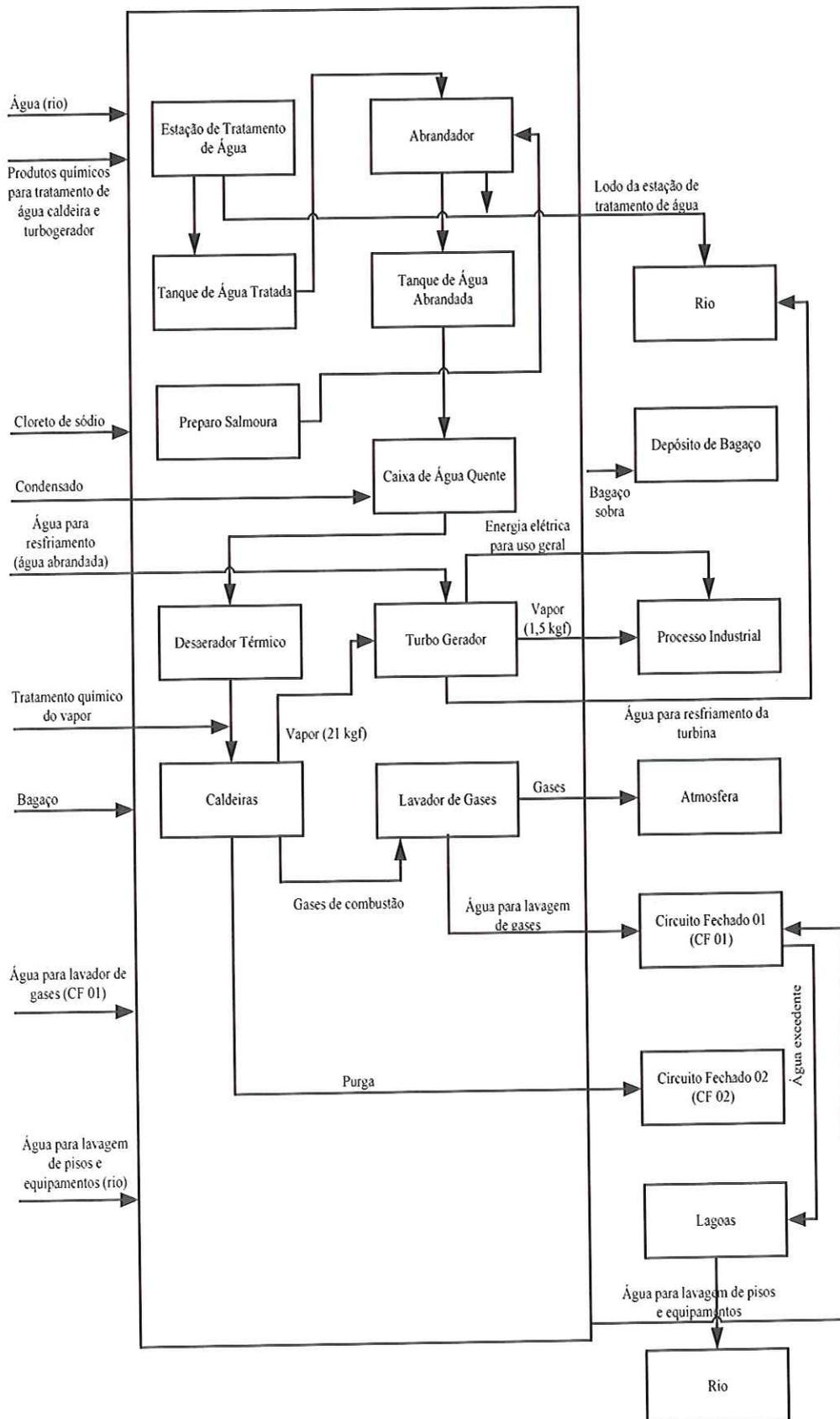


Figura 14: Fluxograma da área de utilidades.



#### 5.4 CARACTERIZAÇÃO DE QUALIDADE DO AÇÚCAR PRODUZIDO NA INDÚSTRIA

A indústria produz vários tipos de açúcar, para vários clientes. Aproximadamente 50% da produção é destinada a atender a Cooperativa, da qual a indústria participa, sendo que os outros 50% são uma produção especial para clientes internacionais dos E.U.A. e da Europa, os quais são bastante exigentes e realizam auditorias em toda a produção destinada a eles, para verificar procedimentos de BPF - Boas Práticas de Fabricação e Análise de Riscos e Pontos Críticos de Controle – ARPCC.

A tabela 07 apresenta as principais características do açúcar produzido pela unidade industrial, para atendimento ao mercado interno. As especificações para mercado externo, não foram relatadas aqui, por se tratar de produtos especiais, cujas especificações são contratadas entre clientes e indústria, não havendo interesse de divulgação por parte dos mesmos.

Tabela 07: Principais requisitos de qualidade para o açúcar produzido na Unidade Industrial, para mercado interno.

Especificação	Unidade	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Cor ICUMSA (máxima)	U.I.	100	150	200	480
Resíduo insolúvel - método comparativo (máximo)	1 a 10	5	5	9	-
Pontos pretos (máximo)	Nº/100 g	7	7	15	-
Partículas magnéticas (máximo)	mg/kg	2	2	5	-
Polarização (mínima)	°Z	99,8	99,7	99,7	99,5
Umidade (máxima)	%	0,04	0,04	0,04	0,10
Cinzas (máximo)	%	0,04	0,05	0,07	0,10
Sulfito (máximo)	mg/kg	15	15	15	20

FONTE: Norma de procedimento interna da Unidade Industrial em estudo, baseada nas especificações fornecida pela COPERSUCAR.

## 5.5 CARACTERIZAÇÃO DE QUALIDADE DO ÁLCOOL PRODUZIDO NA INDÚSTRIA.

A unidade industrial produz álcool hidratado combustível. As especificações para álcool seguidas pela indústria seguem as normas do Departamento Nacional de Combustível (DNC) e da Agência Nacional de Petróleo (ANP).

A tabela 08 apresenta as características do álcool produzido pela unidade industrial.

Tabela 08 – Especificações para produção de álcool

Característica	Unidade	Álcool Hidratado	Álcool anidro
Teor alcóolico	°INPM	93,2 ± 0,6	Mínimo 99,3
Materiais não voláteis à 105 °C	mg/l	Máximo 30	Máximo 30
Acidez total	mg/l	Máximo 30	Máximo 30
Condutividade elétrica	µS/m	Máximo 500	Máximo 500
PH – Potencial hidrogeniônico	PH	7,0 ± 1,0	7,0 ± 1,0
Ferro	mg/kg	Máximo 5	-
Sódio	mg/kg	Máximo 2	-
Sulfato	mg/kg	Máximo 4	-
Cloreto	mg/kg	Máximo 1	-
Cobre	mg/kg	--	MAX. 0,07
Aspecto	-	Límpido e isento de materiais em suspensão	

FONTE: Norma de procedimento interna da Unidade Industrial em estudo, baseada nas Normas do DNC e ANP.

## 5.6 CARACTERIZAÇÃO DE QUALIDADE DA LEVEDURA SECA PRODUZIDA NA INDÚSTRIA.

A indústria realiza uma retirada de células de levedura, do processo de fabricação de álcool, para renovação celular do meio. Essas células são reaproveitadas, sendo secas para venda futura, principalmente para empresas que produzem ração animal, que utilizam esse produto em suas fórmulas. Por isso, a especificação para levedura seca, seguem as normas do Ministério da Agricultura.

Tabela 09 – Especificações para a produção de levedura seca

Característica	Unidade	Parâmetro
Umidade	%	Máximo 30
Proteína bruta	%	Mínimo 30
Fibra bruta	%	Máximo 3
Material mineral	%	Máximo 8
Aflatoxina	Ppb	Máximo 50

Fonte: Norma de procedimento interna da Unidade Industrial em estudo, baseada nas exigências do Ministério da Agricultura.

## 5.7 CARACTERIZAÇÃO DO CORPO DE ÁGUA DE CAPTAÇÃO

Conforme informações obtidas no DAEE (via telefone), o rio que abastece a indústria em estudo, denominado Rio Ribeirão das Onças é de pequeno porte e conforme resolução CONAMA nº 20, classe 02.

Outras informações para caracterização desse rio não foram encontradas no DAEE ou CETESB.

## 5.8 PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NA UNIDADE INDUSTRIAL E CÁLCULO DA TAXA DE CAPTAÇÃO ATUAL

A indústria capta água superficial de um pequeno rio que passa em frente às suas instalações, sendo que existem dois pontos de captação de água.

As águas captadas nas casas de bombas 01 e 02 são utilizadas nos seguintes locais, dentro da indústria, conforme apresentado na tabela 10.

Tabela 10: Pontos de captação de água da unidade industrial sucroalcooleira em estudo

Local	Áreas que a água atende	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Captação
Captação 01	Moagem de cana, Produção de açúcar e lavagem de gases – caldeira 02 (CF01 e CF02)	3.122	Circuitos fechados. Somente captação inicial <sup>11</sup> .
Captação 02	Produção de álcool (1) Caldeiras – E.T.A. (2)	1.570 1400 (1) 170 (2)	Circuito aberto <sup>12</sup> (1) Geração de vapor (2)

Da captação 01, 3100 m<sup>3</sup>/h (valor de projeto), são destinados à formação de vácuo por resfriamento nas unidades de evaporação, para concentração do caldo na fabricação de açúcar, 15 m<sup>3</sup>/h são utilizadas para lavagem de gases na

<sup>11</sup> Captação inicial é a quantidade de água necessária para abastecer o circuito fechado para início de operação.

<sup>12</sup> Vazão de água captada constantemente (circuito aberto)

caldeira 02 e 7 m<sup>3</sup>/h na lavagem de cana no esteirão das moendas (valores determinados por medição volumétrica).

A água da captação 01 opera em circuito fechado, sendo que as águas utilizadas na lavagem de cana no esteirão das moendas e no lavador de gases da caldeira 02 (22 m<sup>3</sup>/h), retornam para um circuito fechado, o qual é denominado CF01 – Circuito fechado 01.

A água de formação de vácuo por resfriamento no setor de fabricação de açúcar, opera também em circuito fechado, retornando a um sistema separado, o qual é denominado CF02 – Circuito fechado 02, por ser uma água mais limpa.

O CF02 não tem reposição de água superficial (captação), vez que são agregadas águas a esse circuito, as quais são:

- condensado contaminado por arraste de açúcar (do sistema de evaporação da produção de açúcar), cuja vazão é 50 m<sup>3</sup>/h;
- 1 m<sup>3</sup>/h de água de purga da caldeiras;
- pequenas vazões de água da lavagem final dos cozedores de açúcar.

Considerando a vazão horária de água captada,, pode-se calcular a taxa de captação de água da indústria (m<sup>3</sup> de água/tonelada de cana moída), para a captação inicial (CF01 e CF02).

Para calcular a taxa de captação inicial (circuitos fechados CF01 e CF02), a taxa deve ser calculada pela moagem da indústria da safra toda, nesse caso, conforme relatado na caracterização da unidade industrial é de 1.107.669,7 toneladas/safra. Portanto, a taxa é 0,0029 m<sup>3</sup>/tonelada de cana moída.

Para calcular a taxa de captação horária (circuito aberto da produção de álcool e captação para geração de vapor), deve ser considerada a moagem média horária que é 282,35 toneladas de cana/hora, conforme relatado na caracterização da unidade industrial.

Dessa forma, a vazão de captação de 1570 m<sup>3</sup>/hora (somente a água da captação 02 – circuito aberto), dividida por 282,35 toneladas cana/hora, resulta em uma taxa de captação de 5,56 m<sup>3</sup> de água/tonelada de cana moída, uma vez que o número obtido na captação inicial da casa de bomba 1 não reflete na soma total da captação.

Na captação 02, a vazão para suprimento das caldeiras (E.T.A.) e resfriamento do turbogerador de energia elétrica, foi considerada como sendo 170 m<sup>3</sup>/h (vazão máxima), pois existem situações em que o retorno de condensado da caldeira é contaminado por arraste de açúcar (50 m<sup>3</sup>/h), sendo necessário reposição dessa água. Em situações que o condensado é retornado, a vazão média de captação para a E.T.A. é de 120 m<sup>3</sup>/h.

## **5.9 LANÇAMENTO DE EFLUENTES**

A indústria tem três pontos de lançamento de efluentes.

### 5.9.1 LANÇAMENTO DE EFLUENTE 01

Esse lançamento é realizado no sistema de três lagoas, uma primeira denominada lagoa de sedimentação e outras duas lagoas facultativas, para remoção de DBO.

As áreas dessas lagoas são respectivamente (conforme dados levantados no arquivo da unidade industrial):

- Primeira lagoa (sedimentação): área de 9.867 m<sup>2</sup> e volume de 14530 m<sup>3</sup>;
- Segunda lagoa (facultativa): área de 13.929 m<sup>2</sup> e volume de 20.894 m<sup>3</sup>;
- Terceira lagoa (facultativa): área de 10.963 m<sup>2</sup> e volume de 16.445 m<sup>3</sup>.

Essas lagoas foram construídas para conter todo o efluente da moagem e fabricação de açúcar em anos anteriores, quando a indústria operava em circuito aberto com essas águas, inclusive água de lavagem de cana nas mesas alimentadoras (operação eliminada).

Como relatado anteriormente, a primeira captação de água, chamada captação 01, opera em circuito fechado.

Após a utilização, as águas da captação 01, retornam a dois circuitos fechados. O primeiro circuito (CF 01) é constituído de um tanque que retém as águas de lavagem de cana no esteirão das moendas e lavagem de gases da caldeiras (22 m<sup>3</sup>/h) e de um sistema de bombas, que envia essa água a um sistema para retenção dos sólidos, em um equipamento denominado cush-cush. Nesse equipamento a água recebe adição de polímero para auxiliar na remoção de sólidos, para retornar então à mesma função (lavagem de cana – esteirão e lavagem de gases – caldeira 02). Os sólidos removidos são dispostos na lavoura de cana-de-açúcar.

Nesse ponto, há o lançamento de um excesso de água, que é enviada como efluente para o sistema de lagoas. A quantidade de efluentes é variável e não tem como ser mensurada, uma vez que são águas provenientes de lavagem de pisos do setor moendas ou de equipamentos, que eventualmente ocorrem nesse setor.

Não foi possível coletar amostra da água que entra nessa lagoa e nem na saída da terceira lagoa para o rio, uma vez que essas estão tomadas pela vegetação. No entanto, foram captadas amostras de águas do rio, antes da instalação industrial, livre de qualquer lançamento de efluente, para comparação com a água após a instalação industrial, para avaliar o impacto ambiental.

### **5.9.2 LANÇAMENTO DE EFLUENTE 02**

O segundo lançamento dos efluentes é a água captada para resfriamento de dornas e condensadores da destilaria. Toda a água captada é lançada (1400 m<sup>3</sup>/h).

Nesse lançamento não são agregadas outras águas, pois os drenos de limpeza da área de destilarias, que podem conter açúcar ou leveduras, foram isolados e encaminhados à tubulação que envia vinhaça para a torre de resfriamento e armazenamento para disposição na lavoura.

### 5.9.3 LANÇAMENTO DE EFLUENTE 03

Esse ponto lança somente a água utilizada no resfriamento da turbina para geração de energia elétrica. Essa água provém da água tratada para as caldeiras e sua qualidade é adequada para lançamento no corpo receptor.

A vazão de água utilizada é de 20 m<sup>3</sup>/h, sendo água tratada e abrandada, proveniente da Estação de Tratamento de Água – E.T.A., mesma água utilizada para geração de vapor nas caldeiras.

### 5.10 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS UTILIZADAS E EFLUENTES GERADOS

A tabela 11 apresenta os resultados da caracterização das águas utilizadas na indústria, água superficial captada, água dos circuitos fechados e efluentes gerados. Também apresenta os resultados da caracterização do corpo receptor, após todos os lançamentos da unidade industrial.

A análise da tabela 11 demonstra:

- que os efluentes lançados pela unidade industrial não alteram as características do corpo receptor (rio);
- que o efluente de maior potencial poluidor da unidade industrial é a vinhaça, a qual é disposta na lavoura como parte do sistema de adubação orgânica;
- as águas de resfriamento tem acréscimo de temperatura e necessitam de readequação da temperatura, para reuso;

- As águas dos circuitos fechados estão com quantidade de DBO relativamente baixa, indicando que não há perdas de açúcar do processo para esse circuito;
- A água do lavador de gases tem qualidade ruim, mas o tratamento realizado no cush-cush têm sido suficiente para permitir seu reciclo, pois a água de retorno do CF02 está com qualidade apropriada para utilização no processo.

Tabela 11: Caracterização físico-química das águas utilizadas na indústria, água superficial captada, água dos circuitos fechados, efluentes gerados e água do corpo receptor após todos os lançamentos da indústria.

Amostra	Temp (°C)	O.D. (mg/l)	pH	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	N total (mg/l)	Fosfato total (mg/l)	Óleos e graxas (mg/l)	ST (mg/l)	STF (mg/l)	STV (mg/l)	SST (mg/l)	SSF (mg/l)	SSV (mg/L)	Ssed. (mg/L)
Rio – antes de qualquer efluente ou captação	17	5,6	7,94	12	3	0,13	0,12	-	32	5	27	5	1	4	0
Oficina mecânica (efluente)	25	-	6,0	27,0	-	-	-	22,0	58	28	30	2	1	1	0
Vinhaça (disposição na lavoura)	50	-	4,0	43925	19420	710	190	-	30241	12236	18005	4220	1040	3180	1,6
Água – retorno do CF01	31	-	6,2	28,0	11	4,0	0,16	-	56,0	30,0	26,0	6,0	1,0	5,0	0
Água – retorno CF-2	35	-	6,2	42,0	13	1,0	0,15	-	77,0	30,0	47,0	4,0	1,0	3,0	0
Água de lavagem de gases – caldeira (CF02)	39	-	6,3	1156	742	11,0	6,50	-	1111	416	695	155	35	120	0,8
Água resfriamento turbo gerador (efluente)	35	-	6,5	5,0	<2	2,0	0,06	-	30,0	27,0	3,0	2,0	1,0	1,0	0
Resfriamento das dornas e condensadores (efluente)	34	-	6,0	36,0	12	11,0	0,45	-	54,0	10,0	44,0	10,0	2,0	8,0	0,4
Rio – após todos efluentes	18	9,2	7,68	8,0	<2	0,32	0,14	<1,0	28	3	25	3	1	2	0

## 5.11 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE REUSOS E RECICLOS PRATICADOS NA INDÚSTRIA

A tabela 12 apresenta as operações efetuadas na indústria em que há reuso ou reciclo de água.

Tabela 12: Resultados da pesquisa das atividades de reuso e reciclo na unidade sucroalcooleira em estudo

Atividade	Setor	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Reuso ou Reciclo
Lavagem de cana – esteira 68”	Moendas	7	Reciclo (CF01)
Lavagem de gases da caldeira 02	Utilidades	15	Reciclo (CF01)
Condensados da evaporação	Produção de açúcar	90 máximo 40 mínimo	Reuso
Água dos multijatos da evaporação e cozedores	Produção de açúcar	3100	Reuso (CF02)
Água da limpeza dos cozedores	Produção de açúcar	Variável e indeterminada	Reciclo – CF01 Reuso - CF02

## **5.12 DISCUSSÕES**

### **5.12.1 MINIMIZAÇÃO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA**

#### **5.12.1.1 ÁGUA DE LAVAGEM DE CANA**

A utilização de água para lavagem de cana, nas mesas alimentadoras, na indústria em estudo de caso, foi eliminada, em função de resultados obtidos no sistema de colheita e aumento da mecanização (colheita de cana crua picada), pois dessa forma se diminuiu o nível de impurezas (terra mais comumente) presentes na cana-de-açúcar, que chega a unidade industrial para processamento. Além disso, a lavagem de cana é um fator que contribuiu no aumento das chamadas “perdas indeterminadas” na eficiência da unidade industrial, mais um motivo pelo qual se excluiu essa operação do processamento, uma vez que a lavagem leva a uma perda de sacarose no efluente gerado, difícil de quantificar.

Para possibilitar a eliminação da água de lavagem de cana nas mesas alimentadoras, a indústria investiu nos últimos anos em uma mesa de alimentação de cana com inclinação de 45°, que com uma elevação maior, diminuiu a necessidade de limpeza. Além disso, a unidade investiu também em decantadores de caldo, utilizados no tratamento químico, para remoção de maior quantidade de impurezas e também em filtros para recuperação da sacarose presente no lodo. Dessa forma a não lavagem da matéria-prima para processamento foi viabilizada.

Atualmente, a única lavagem de cana que a indústria realiza é no esteirão das moendas, antes dos picadores, que utiliza quantidade relativamente baixa de água e opera em circuito fechado.

Obviamente, esses investimentos, além de trazerem benefícios técnicos e econômicos para a indústria, poupou o corpo de água de altas cargas de DBO, além deste não sofrer mais esse tipo de captação de água para esse fim.

#### **5.12.1.2 ÁGUA PARA FORMAÇÃO DE VÁCUO POR RESFRIAMENTO POR MULTIJATOS, NAS ÁREAS DE CONCENTRAÇÃO DE CALDO E COZIMENTO PARA PRODUÇÃO DE AÇÚCAR**

Até 1999, a indústria operava com os circuitos de água para formação de vácuo por resfriamento, por multijatos, nas áreas de concentração de caldo e cozimento da produção de açúcar, totalmente em circuito aberto.

Dessa forma, considerando as vazões totais de captação e a moagem média horária, a taxa de captação de água era de 16,61 m<sup>3</sup>/tonelada de cana moída.

Considerando que as águas utilizadas em multijatos raramente tem sua qualidade alterada, exceto com relação à temperatura, a indústria implantou no ano de 2000 o fechamento dos circuitos, conseguindo-se alcançar captação bem menor, uma vez que esta se restringe atualmente ao volume inicial e às perdas por resfriamento no tanque de coleta e retorno para o sistema.

Após o fechamento desse circuito de água, a captação de água está atualmente em 5,56 m<sup>3</sup>/tonelada de cana moída.



### **5.12.1.3 ÁGUA DE RESFRIAMENTO DE DORNAS E CONDENSAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL**

A água captada é utilizada somente para a manutenção da temperatura na fermentação, que ocorre em equipamentos denominados dornas e também para condensação do álcool produzido nas destilarias.

Dessa forma, raramente essas águas contém contaminação, uma vez que essas também constituem fontes de perdas e baixa eficiência industrial, que não é o objetivo de uma empresa. A única característica da água que altera em relação à captação é o aumento da temperatura.

Dessa forma, o fechamento do circuito é viável, o que poderia reduzir a captação de água significativamente, considerando somente a captação para geração de vapor e que a água de resfriamento do turbogerador também esteja em circuito fechado.

### **5.12.1.4 ÁGUA DE RESFRIAMENTO DO TURBOGERADOR**

Essa água é de excelente qualidade, pois trata-se de água abrandada da E.T.A., utilizada somente para resfriamento da turbina de geração de energia elétrica. A única qualidade alterada nessa água é a temperatura

O seu reuso é viável, realizando-se o devido resfriamento, caso a água seja retornada em algum circuito dessa natureza.

### 5.12.2 GERENCIAMENTO INDUSTRIAL

A indústria possui um bom gerenciamento industrial, que influencia positivamente na redução de efluentes e também do nível de contaminação, principalmente por matéria orgânica, que no caso da indústria sucroalcooleira é basicamente açúcar.

Alguns fatores no gerenciamento a destacar são:

- Implantação de programas que primam pela manutenção da limpeza na indústria, visando redução dessas operações e utilização de limpezas secas para não gerar efluentes e reduzir o consumo de água (*Housekeeping*);
- Implantação de programa de BPF e ARPCC, que realizam melhorias contínuas no gerenciamento do processo e também das tecnologias. Através desses programas foram implantados procedimentos de boas práticas operacionais, incluindo higiene e limpeza. Também foram incluídas através desses programas, melhorias na tecnologia, como o fechamento das áreas de produção, para evitar sujidades e contaminação dos produtos, resultando em benefícios como a redução ou até eliminação de limpezas de pisos em alguns setores.
- A certificação da indústria, pela norma ISO 9000, trouxe consigo a documentação dos procedimentos de produção, através da elaboração de procedimentos operacionais. Dessa forma, reduziram-se alguns riscos com práticas ruins de operação, que levavam à perdas consideráveis de açúcar e a poluição ambiental, através da contaminação das águas.

Outros fatores no gerenciamento, na utilização responsável das águas, devem ser também destacados, tais como:

- A indústria pratica a recuperação das águas de lavagens dos cozedores e evaporadores de açúcar, as quais são ricas em açúcar, evitando contaminação das águas dos circuitos fechados e excedentes com alta quantidade de matéria orgânica (DBO).
- A indústria pratica a limpeza mecânica dos evaporadores, não utilizando hidróxido de sódio, que seria lançado como efluente.
- A indústria tem reduzido significativamente a quantidade de água de lavagem de pisos, principalmente na área de produção de açúcar, onde poderia haver efluentes contaminados com açúcar. Recentemente a área de produção de açúcar foi reestruturada, sendo instaladas centrífugas de açúcar automáticas e também realizado o fechamento total dessas áreas, reduzindo consideravelmente a quantidade de limpezas realizadas, as quais não geram águas contaminadas.
- Os efluentes de lavagens de piso das destilarias, são enviados juntamente com a vinhaça para a torre de resfriamento e armazenada para disposição na lavoura. Esses efluentes se lançados com as águas de resfriamento de dornas e condensadores no rio, estariam contaminando o corpo de água, com leveduras e açúcar, principalmente se houver quaisquer tipos de derramamentos ou acidentes na fábrica.
- A indústria tem um bom gerenciamento da recuperação dos condensados, incluindo medições de vazão e rotinas analíticas para verificação de contaminação desses condensados com açúcar. O único inconveniente existente atualmente é que freqüentemente existe contaminação desses condensados por açúcar, sendo inviável a utilização desses nas caldeiras. Por esse motivo esses são descartados para o circuito fechado 02.

- Os gases gerados durante a fermentação alcoólica e durante a condensação nas colunas, são lavados em torres apropriadas, com água potável, as quais são retornadas ao processo. Esse procedimento, além de auxiliar positivamente nos índices de eficiência industrial, evita a contaminação dos efluentes das destilarias.
- A indústria pratica a disposição da vinhaça na lavoura, como fertilizante, a qual é enriquecida com nitrogênio. Com a vinhaça também é utilizada a torta de filtro e os sólidos retirados do circuito fechado de água 01, objetivando a produção orgânica de cana-de-açúcar e conseqüentemente de açúcar orgânico.

## **6. PROPOSTAS PARA MINIMIZAÇÃO, REUSO OU RECICLO DE ÁGUA**

### **6.1 APROVEITAMENTO DO CONDENSADO**

Como a indústria tem frequentemente, perdas de condensado, na ordem de 50 m<sup>3</sup>/h, que não pode ser utilizado nas caldeiras, devido a contaminação de açúcar, deveria ser estudado a viabilidade de investir em separadores de arraste<sup>13</sup>, para evitar a contaminação dessas águas. Atualmente, a indústria possui esse equipamento somente na última unidade de evaporação.

### **6.2 ÁGUAS DE RESFRIAMENTO DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL**

As águas de resfriamento das dornas e condensadores poderiam ser colocadas em circuito fechado, utilizando torre de resfriamento. O anexo B apresenta uma proposta de torres de resfriamento, considerando uma vazão de 1600 m<sup>3</sup>/h, com um decréscimo da temperatura de 45 para 30 °C.

A temperatura de 45 °C foi utilizada para projeto, pois na época mais quente da indústria as águas das dornas e destilarias, conforme observado em registros de automonitoramento da indústria, deixam o circuito nessa temperatura.

Foi considerada uma vazão de 1600 m<sup>3</sup>/h para projeto da torre, visando haver disponibilidade para eventuais acréscimos de utilização de água nesse circuito.

---

<sup>13</sup> Equipamento utilizado para separação de gotículas de açúcar do vapor vegetal que sai das unidades de evaporação.

Conforme projeto do fabricante (anexo B), as perdas na torre são de 2,11 % da vazão de recirculação. Calculando sobre a vazão do circuito de dornas e condensadores (1400 m<sup>3</sup>/h), o valor de reposição seria 29,54 m<sup>3</sup>/h ou aproximadamente 30 m<sup>3</sup>/h.

Nessa torre, poderia ser agregada a água de resfriamento do turbogerador, de boa qualidade, que poderia ser utilizada como reposição no sistema de resfriamento das dornas e condensadores, dessa forma seria realizada somente uma captação adicional de 9,54 m<sup>3</sup>/h (aproximadamente 10 m<sup>3</sup>/h) para reposição, devido às perdas na torre de resfriamento.

Considerando que a indústria deverá realizar em breve o pagamento pela captação dessa água e também pelo lançamento do efluente, o investimento na aquisição da torre de resfriamento seria viável, pois se considerarmos os valores que estão sendo pagos por captação e lançamento no Rio Paraíba do Sul (conforme informação do Prof. Dr. Luiz Antonio Daniel), de R\$ 0,01 por m<sup>3</sup> de água captada e m<sup>3</sup> de efluente lançado, a estimativa de desembolso anual da indústria seria:

Custo de captação:

- 1.570 m<sup>3</sup>/h (vazão de água captada) x 24 = 37.680 m<sup>3</sup>/dia.
- Custo diário de captação: 37.680 m<sup>3</sup>/dia X R\$ 0,01 = R\$ 376,80/dia
- Custo de captação na safra, considerando que em 2001 a indústria operou 195 dias (duração da safra 2001/2002), esse custo seria: R\$ 73.476/safra.

Custo de lançamento do efluente:

- 1.420 m<sup>3</sup>/h (vazão lançada) x 24 = 34.080 m<sup>3</sup>/dia.
- Custo diário de lançamento: 34.080 m<sup>3</sup>/dia X R\$ 0,01 = R\$ 340,80/dia

- Custo de lançamento na safra, considerando que em 2001 a indústria operou 195 dias (duração da safra 2001/2002), esse custo seria: R\$ 66.456/safra.

Dessa forma, o custo de captação e lançamento na safra seria de R\$ 139.932.

Conforme anexo B (orçamento de torre de resfriamento), o custo de uma torre de resfriamento com duas entradas de águas (duas células), é de R\$ 247.860,00 incluindo uma escada de acesso e o IPI – Imposto sobre produtos industrializados, sem considerar instalações como tubulações e bombas nesse orçamento e as despesas da supervisão de montagem da torre (R\$ 320,00/dia), que teriam que ser elaboradas com maior precisão e detalhamento (projeto detalhado).

Portanto, o investimento em uma torre conforme mencionado acima seria viável, considerando que o custo de captação e lançamento de água do circuito da produção de álcool em menos de duas safras retornaria o investimento de implantação da torre.

Considerando que a torre fosse implantada, a unidade industrial teria somente custos com captação, pois o lançamento seria eliminado. Dessa forma, os custos com captação de água superficial seriam:

- $180 \text{ m}^3/\text{h}$  (vazão de água captada para geração de vapor, considerando valor máximo  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  para resfriamento da turbina de geração de energia elétrica e  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  para reposição na torre)  $\times 24 = 4.320 \text{ m}^3/\text{dia}$ .
- Custo de captação diário:  $4.320 \text{ m}^3/\text{dia} \times \text{R\$ } 0,01 = \text{R\$ } 43,20/\text{dia}$
- Custo de captação na safra, considerando que em 2001 a indústria operou 195 dias (duração da safra 2002/2003), esse custo seria: R\$ 8.424/safra.

### 6.3 TAXAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA, ANTES E APÓS A IMPLANTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MINIMIZAÇÃO, REUSO E RECICLO

As tabelas 13 e 14 apresentam as taxas de captação nas situações de circuito aberto e fechado, respectivamente para a produção de álcool.

Tabela 13: Situação atual de captação de água, com circuito de água de resfriamento para a produção de álcool aberto.

Água	Vazão captada inicial (m <sup>3</sup> /h)	Vazão horária (m <sup>3</sup> /h)
Captação para formação de vácuos na concentração de caldo por evaporação e cozedores, na produção de açúcar (circuito fechado 02). Inclui 22 m <sup>3</sup> /h para lavagem de cana na esteira 68" e 15 m <sup>3</sup> /h para lavagem de gases na caldeira 02	3.122	-
Captação da Estação de Tratamento de Água (E.T.A.), para geração de vapor e resfriamento da turbina de geração de energia elétrica (considerando valor máximo de vazão, sem recuperação de condensado para caldeiras - hipótese pessimista).	-	170
Captação de água para resfriamento das dornas e condensadores, na produção de álcool	-	1.400
Vazão total captada	3.122	1570
Moagem (toneladas de cana moída na safra, para cálculo da taxa de captação inicial e moagem média horária para cálculo da taxa de captação horária)	Safra 1.107.669,7 toneladas	282,35 toneladas/hora
Taxa de captação, em m <sup>3</sup> /tonelada de cana moída	0,0029	5,56
Taxa de captação total, em m <sup>3</sup> /tonelada de cana moída (captação inicial + captação horária)	5,56	
Valor em R\$ que seria pago pela captação e lançamento, na situação atual	R\$ 139.932 /safra	

Tabela 14: Situação futura de captação de água, com circuito de água de resfriamento para a produção de álcool fechado.

Água	Vazão captada inicial (m <sup>3</sup> /h)	Vazão horária (m <sup>3</sup> /h)
Captação para formação de vácuos, por multijato, para concentração de caldo por evaporação, na produção de açúcar (circuito fechado 02). Inclui 22 m <sup>3</sup> /h para lavagem de cana na esteira 68" e 15 m <sup>3</sup> /h para lavagem de gases na caldeira 02	3.122	-
Captação da Estação de Tratamento de Água (E.T.A.), para geração de vapor e resfriamento da turbina de geração de energia elétrica (considerando valor máximo de vazão, sem recuperação de condensado para caldeiras, hipótese pessimista).	-	170
Captação de água para resfriamento das dornas e condensadores, na produção de álcool (reposição)	1400	10
Vazão total captada	4522	180
Moagem (toneladas de cana moída em toda a safra, para cálculo da taxa de captação inicial e moagem média horária para cálculo da taxa de captação horária)	Safra 1.107.669,7 toneladas	282,35 toneladas/hora
Taxa de captação, em m <sup>3</sup> /tonelada de cana moída	0,0041	0,64
Taxa de captação total, em m <sup>3</sup> /tonelada de cana moída (captação inicial + captação horária)	0,64	
Valor em R\$ que seria pago somente pela captação (pois é somente água para caldeira, resfriamento turbogerador e reposição na torre), na situação futura	R\$ 8.424 /safra	

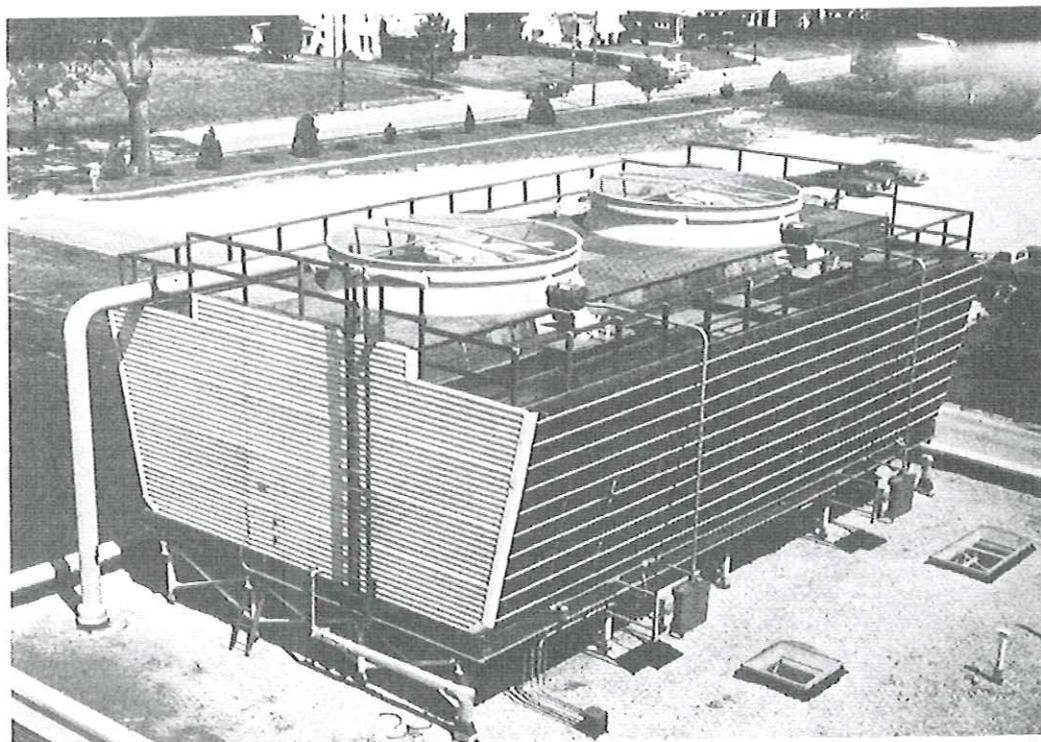
## 7. CONCLUSÕES

Pode-se concluir com este trabalho:

- O uso de água na indústria sucroalcooleira em estudo está concentrada em poucos circuitos, sendo basicamente água para resfriamento de equipamentos, com função de manutenção de temperatura e formação de vácuo;
- Os efluentes lançados pela unidade industrial estudada no corpo receptor não estão alterando a qualidade das águas do mesmo;
- É possível para uma indústria sucroalcooleira, fechar seus circuitos e trabalhar com baixas taxas de captação de água e de geração de efluentes;
- É perfeitamente possível uma indústria sucroalcooleira, operar com efluentes com baixa quantidade de matéria orgânica, evitando a contaminação do meio ambiente, implantando boas práticas operacionais para a redução de perdas e maximização da eficiência industrial;
- Uma indústria sucroalcooleira que gera efluentes altamente contaminados com DBO é uma indústria deficiente, com altos índices de perdas de sacarose e com gerenciamento industrial e ambiental deficiente.

## ANEXOS

### ANEXO A



FONTE: CAPPELINE, G.A.; CARROL, J.G.; CURTIS S.D.; H. E. DURHAM; GELOSA. L.R.; McCARTHY J.W. ; PHELAN, J.V.; TANIS, J.N.; THORBOG C.H. AND TOWNSED J.R. (1979). *Princípios de tratamento de águas industriais*. Drew Produtos Químicos. Ed. Edgard Blucher. São Paulo – SP.

Figura 15: Torre de refrigeração de fluxo cruzado, de entrada dupla

**ANEXO B**

Orçamento de torre de resfriamento para fechamento do circuito de água de resfriamento da produção de álcool

São Paulo, 25 de Julho de 2002.

À

Sra. Sonia Maria Kesserlingh

NOSSA PROPOSTA : P0-02/10.293-0

Referente: Torre de Resfriamento de Água

Prezada Senhora,

Em atenção a solicitação de V.Sa., apresentamos nossa proposta técnica e comercial para fornecimento de equipamento em referência.

Colocamo-nos à sua inteira disposição, para os eventuais esclarecimentos que se fizerem necessários.

Atenciosamente,

Eng° CARLOS ALBERTO PEIXOTO  
Gerente Comercial

CALIMÉRIO GARCIA FILHO  
Diretor Comercial



R. Lord Cockrane, 1132 Ipiranga / SP  
Visite nosso site: [www.vtrvettor.com.br](http://www.vtrvettor.com.br)

CEP 04213-002

Tel./ Fax: (011) 273-2977  
E-mail: [vettor@sti.com.br](mailto:vettor@sti.com.br)

**FOLHA DE DADOS**

Alternativa	1	2	
<b>Geral</b>			
Item	001	002	
Modelo	VTF 440/2100/36D	VTF 360/1800/36C	
Classe	ST - Standard	ST - Standard	
Enchimento	G - Grade	G - Grade	
Tiragem do ar	Induzida	Induzida	
Tipo	Contra corrente	Contra corrente	
Nº de células	02	03	
Entradas de ar	04	04	lados
<b>Desempenho</b>			
Carga térmica total	24000	24000	Mcal/h
Vazão de água total	1600.0	1600.0	m <sup>3</sup> /h
Vazão de água p/ célula	800.0	533.3	m <sup>3</sup> /h
Temp. de água quente	45.00	45.00	°C
Temp. de água fria	30.00	30.00	°C
Temp. de bulbo úmido	24.00	24.00	°C
Perdas p/ evaporação	2.03	2.03	%
Perdas p/ arraste	0.08	0.08	%
<b>Distribuição de água</b>			
Tipo	Pressão	Pressão	
Pressão requerida	3.15	3.16	mCA
<b>Ventilador</b>			
Quantidade	01	01	p/cél
Fabricante	VETTOR	VETTOR	
Tipo	Axial	Axial	
Modelo	GBM-12-4877	KGV-08-3658	
Diâmetro	4877	3658	mm
Nº de Pás	12	08	
Rotação	233.51	304	RPM
Velocidade periférica	59.6	58.2	m/s
Consumo unitário	62.6	37.2	cv
<b>Sistema de transmissão</b>			
Quantidade	01	01	p/cél
Fabricante		VETTOR	
Tipo	Motoredutor	Polias/Correias	
Relação de redução 1:	7.58	2.91	
Fator de serviço	Maior ou igual 2.0	1.50	
<b>Motor elétrico</b>			
Quantidade	01	01	p/cél
Fabricante	Weg ou Eberle	Weg ou Eberle	
Potência de placa	75.0	40	cv



R. Lord Cockrane, 1132 Ipiranga / SP  
 Visite nosso site: [www.vtrvettor.com.br](http://www.vtrvettor.com.br)

CEP 04213-002

Tel./ Fax: (011) 273-2977  
 E-mail: [vettor@sti.com.br](mailto:vettor@sti.com.br)

Nº de polos	04	08	
Rotação a plena carga	1770	885	RPM
Fator de Serviço	1.0	1.0	
Proteção	IP 55	IP 55	
Frequência	60	60	Hz
Isolação	B	B	
Tensão	A definir	A definir	V



R. Lord Cockrane, 1132 Ipiranga / SP  
Visite nosso site: [www.vtrvetor.com.br](http://www.vtrvetor.com.br)

CEP 04213-002

Tel./ Fax: (011) 273-2977  
E-mail: [vettor@sti.com.br](mailto:vettor@sti.com.br)

## MEMORIAL DESCRITIVO PARA TORRES

### Modelo VTF 440/2100/36D-ST-G VTF 360/1800/36C-ST-G

A(s) torre(s) de resfriamento contida(s) nesta proposta, são do tipo contra corrente, na qual a água é resfriada pelo o ar em trajetória vertical ascendente. A tiragem do ar é do tipo mecânica induzida. Com ventilador instalado na parte superior da torre, aspira o ar do meio ambiente, distribuindo-o ao interior da torre onde ocorre a troca térmica entre o ar em contato com a água e enchimento.

#### 01. ESTRUTURA / FECHAMENTO / BACIA DE ÁGUA FRIA

Com a carcaça composta de Difusor, Paineis é construída em PRFV - Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro - pelos processos hand Lay Up e Spray Up. É auto portante, possuindo elevada rigidez estrutural, e ante corrosiva, uma vez que dispensa a utilização de estrutura metálica. A união entre os painéis é feita por parafusos de aço inox (parafusos externos), os parafusos internos são de aço zincado, as juntas são vedadas com material vedante a base de poliuretano, garantindo total ausência de vazamentos. É fornecida na cor verde padrão **VETTOR**, sendo a camada externa laminada utilizando-se gel-coat Isoftálico com aditivo protetor contra raios ultravioleta (UV), evitando descoloração.

A Bacia de água fria e painel inferior em concreto a cargo do cliente.

#### 02. DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA QUENTE

Cada célula da torre tem um sistema de distribuição de água independente, e formado por duto principal e ramais, fabricados em tubo de PVC Rígido reforçado com PRFV, as conexões utilizam roscas padrões BSP. A conexão com a rede hidráulica é feita através de flange de PRFV, fabricado conf. norma ANSI B 16.5

Os distribuidores de água são fabricados em Polipropileno e oferecem distribuição da água uniformemente sobre toda a superfície do enchimento por pressão.

#### 03. VENTILADOR

Do tipo axial, com pás de PRFV ou ALUMINIO, com facilidade para regulagem manual do ângulo de ataque, de perfil "Air-Foil" desenvolvidos especificamente para torres de resfriamento de água.

O núcleo central é de ferro fundido e a fixação das pás será por meio de coxins construídos em alumínio. O conjunto (cubos, pás e coxins) será balanceado estáticamente e dinamicamente, após montagem, em nossa fábrica.

#### 04. SISTEMA DE TRANSMISSÃO

**Item 1 - Redutor de Velocidade** - Os redutores de velocidade são do tipo coaxial, com duplo estágio de redução. A carcaça é de ferro fundido completamente fechada e protegida contra perda de óleo e entrada de poeira e vapores por meio de retentores especiais de borracha sintética. Os mancais são de rolamentos de rolos cônicos, dimensionados para excederem as especificações mínimas da AGMA para serviços pesados. A lubrificação por meio de banho de óleo e pescador é eficiente em todos os componentes móveis.

**Item 2 - Polias e Correias** - Utilizando fator de serviço a 1.50, garante uma perfeita transmissão de potência no acionamento. Seu custo de manutenção é o mais viável dentre os sistemas de transmissão indireta, além de proporcionar uma rápida manutenção, pois



R. Lord Cockrane, 1132 Ipiranga / SP  
Visite nosso site: [www.vtrvettor.com.br](http://www.vtrvettor.com.br)

CEP 04213-002

Tel./ Fax: (011) 273-2977  
E-mail: [vettor@sti.com.br](mailto:vettor@sti.com.br)

apresenta grande facilidade na troca das correias. As polias são balanceadas dinamicamente. O sistema é composto de uma caixa de proteção construída em PRFV na cor da torre.

O acionamento será sustentado por um chassi construído em aço carbono e revestido em epoxy conforme procedimento VETTOR.

#### **05. MOTOR ELÉTRICO**

O acionamento do ventilador será motor elétrico de indução com rotor tipo gaiola, do tipo totalmente fechado com ventilação externa. Adequado para trabalhar em ambientes agressivos, a prova de tempo.

A carcaça e tampas serão construídas em ferro fundido, resistente a corrosão. Os mancais serão providos de rolamentos de esferas, dimensionados para uma vida útil de 20 mil horas.

#### **06. ENCHIMENTO DE CONTATO**

**TIPO GRADE** - Formado por placas injetadas de PP (Polipropileno) , montadas paralelamente formando blocos compactos de elevada resistência mecânica. Este enchimento suporta lavagem com jato de água sob pressão, sendo também de fácil montagem, uma vez que as folhas são montadas por simples encaixes, dispensando o uso de cola. É o enchimento indicado para operar com água a altas temperaturas, contaminadas por produtos químicos ou com sólidos em suspensão. Adequado para utilização com água industrial, em grande variedade de aplicações e capacidades. Os blocos seguirão **montados**.

#### **07. ELIMINADOR DE GOTAS**

**EG 37** - Produto de tecnologia exclusiva, patenteado, o eliminador de gotas EG 37 é formado por perfis ondulados injetados em PP . Sua montagem é por simples encaixes, sem cola. Suporta lavagem por jato d'água, tem alta resistência mecânica e química. Os blocos seguirão **montados**.

Os suportes de sustentação do eliminador de gotas e do enchimento serão construídos em aço revestido em epoxy padrão VETTOR.



**ESCOPO DE FORNECIMENTO**

<b>INCLUSO</b>	<b>NO</b>	<b>OPCIONAL</b>	<b>EXCLUSO</b>	<b>NO</b>
<b>FORNECIMENTO</b>			<b>FORNECIMENTO</b>	
<b>TORRE COMPOSTA DE:</b>		Supervisão de montagem	Obras civis	
Estrutura		Escada de acesso	Tubulações externas e conexões	
Fechamento lateral			Instalações hidráulicas e elétricas	
Difusor			Energia elétrica para montagem	
Enchimento			Armazenamento no local	
Eliminador de Gotas			Transportes na obra	
Sistema de Distribuição de água			Mão de obra auxiliar p/ montagem	
Sistema de Transmissão			Andaimes, guincho etc.	
Parafusos em geral			Ferramentas para montagem.	
Ventilador completo			Despesas do supervisor montagem	
Motor elétrico			Painel Elétrico	
Base do cj. de acionamento			Bomba	
Bocais de distribuição			Fiação de interligação	
Suporte do enchimento e eliminador			Bacia de água fria e painel inferior em PRFV	
Suporte da tubulação			Iluminação	
Revestimento Anti-Corrosivo				
<b>Nota:</b>				
a) A(s) torre(s) será(ão) fornecida(s) desmontada.				
b) Os equipamentos ofertados são STANDARD de nossa linha de fabricação, qualquer componente, pintura ou documentação que esteja fora de nosso padrão, colocamo-nos no direito de uma nova negociação, para os adicionais necessários.				
c) Obras civis, chumbamento, grauteamento ou qualquer serviço civil não descrito, está excluído do escopo do fornecimento				

**CONDIÇÕES COMERCIAIS****1. IMPOSTOS VIGENTES:**

-ICMS incluso, alíquota de 8.80%  
8419.89.99

IPI a incluir 8 %

Classificação fiscal:

**Nota:**

- A) Alíquota de ICMS reduzida conf.base de cálculo do convênio nº 01/00 de 01/08/00.  
B) Redução válida até 31/12/2002.



R. Lord Cockrane, 1132 Ipiranga / SP  
Visite nosso site: [www.vtrvetor.com.br](http://www.vtrvetor.com.br)

CEP 04213-002

Tel./ Fax: (011) 273-2977  
E-mail: [vettor@sti.com.br](mailto:vettor@sti.com.br)

**2. PREÇO ENTENDE-SE:** Para material posto fábrica Diadema/SP, correndo as despesas de transporte e seguro a cargo do comprador.

**3. CONDIÇÕES DE PAGAMENTO:**

30 % de sinal com a confirmação do pedido

30 % com envio dos desenhos certificados

40 % com aviso de material pronto para embarque

**4. PRAZOS DE ENTREGA:**

**Item 1 - 90 a 120 dias** corridos, após a confirmação do pedido e todos os dados técnicos e comerciais esclarecidos, ou após a aprovação dos desenhos, caso solicitada por sua empresa.

**Item 2 - 75 a 90 dias** corridos, após a confirmação do pedido e todos os dados técnicos e comerciais esclarecidos, ou após a aprovação dos desenhos, caso solicitada por sua empresa.

**5. VALIDADE DA PROPOSTA:** Esta proposta é válida até o último dia útil do mes em curso, ou 10 (dez) dias a partir da data de sua emissão, prevalecendo o que ocorrer por último.

**6. NOTA:** Os preços apresentados nesta proposta foram compostos de acordo com os custos vigentes no dia 03-dez-02 e não preveem qualquer expectativa inflacionária. A VETTOR se reserva no direito de rediscutir com V. Sas. as condições comerciais deste fornecimento, caso haja uma comprovada elevação nos custos dos insumos e mão de obra que comprometam o seu equilíbrio econômico-financeiro.

**7. GARANTIA:** Todos os equipamentos fabricados pela VETTOR estão garantidos contra defeitos de material ou mão-de-obra e de performance, por período de 12 meses após entrada em operação ou em 18 meses da emissão da N.F., o que primeiro ocorrer.

**8. SUPERVISÃO DE MONTAGEM:** O valor da diária refere-se a dias úteis, em horários comerciais, sendo cobrado por dia de ausência dos escritórios da VETTOR em São Paulo/SP. Horas extras, noturnas, feriados e domingos, sofrerão acréscimos, respectivamente, de 50, 100 e 150 % sobre os valores da diária.

Despesas de passagem, transporte local, alimentação e estadia, serão cobradas a preço de custo, acrescidas de taxa de administração de 20 %.

O cliente deverá prover local apropriado, para armazenagem dos equipamentos até sua montagem.

**9. PLANILHA DE PREÇOS**

**9.1 ITEM: 001**

Torre de resfriamento de água modelo: VTF 440/2100/36D-ST-G, com bacia de água fria e painel inferior em concreto a cargo do cliente.

Preço total p/ 02 células:

**R\$ 224.000,00 + IPI**



R. Lord Cockrane, 1132 Ipiranga / SP  
Visite nosso site: [www.vtrvetor.com.br](http://www.vtrvetor.com.br)

CEP 04213-002

Tel./ Fax: (011) 273-2977  
E-mail: [vettor@sti.com.br](mailto:vettor@sti.com.br)

**Opcionais:**

Escada com guarda corpo e passadiço  
Preço total p/ 02 células:

**R\$ 5.500,00 + IPI**

Supervisão de Montagem  
Preço por dia:

**R\$ 320,00 mais despesas**

**9.2 ITEM: 002**

Torre de resfriamento de água modelo: VTF 360/1800/36C-ST-G, com bacia de água fria e painel inferior em concreto a cargo do cliente.

Preço total p/ 03 células:

**R\$ 195.000,00 + IPI**

**Opcionais:**

Escada com guarda corpo e passadiço  
Preço total p/ 03 células:

**R\$ 7.500,00 + IPI**

Supervisão de Montagem  
Preço por dia:

**R\$ 320,00 mais despesas**

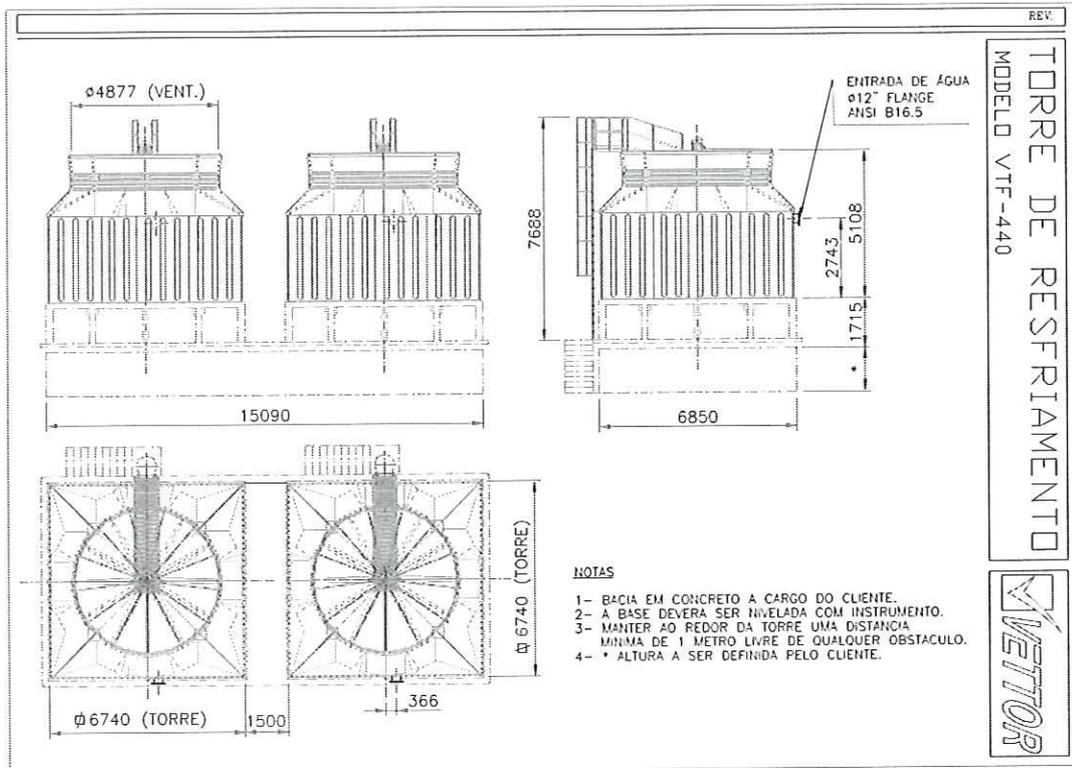


R. Lord Cockrane, 1132 Ipiranga / SP  
Visite nosso site: [www.vtrvettor.com.br](http://www.vtrvettor.com.br)

CEP 04213-002

Tel./ Fax: (011) 273-2977  
E-mail: [vettor@sti.com.br](mailto:vettor@sti.com.br)

## 10. Lay-out da torre



R. Lord Cockrane, 1132 Ipiranga / SP  
Visite nosso site: [www.vtrvetor.com.br](http://www.vtrvetor.com.br)

CEP 04213-002

Tel./ Fax: (011) 273-2977  
E-mail: [vettor@sti.com.br](mailto:vettor@sti.com.br)

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, P. J.; R. PAGAN; J. DA COSTA AND P.LELLO (1996). *Environmental Management Systems – Development, Implementation and benefits for the Australian Sugar Industry*. Proceeding of Australian Society of Sugar Cane Technologists.
- ANDERSON, J. (1995). *Internation Environmental Management System Standards*. *Australian Environmental Law News, Issue nº 04, 1995*. p.45-50.
- CAPPELINE, G.A.; CARROL, J.G.; CURTIS S.D.; H. E. DURHAM; GELOSA. L.R.; McCARTHY J.W. ; PHELAN, J.V.; TANIS, J.N.; THORBOG C.H. AND TOWNSED J.R. (1979). *Princípios de tratamento de águas industriais*. Drew Produtos Químicos. Ed. Edgard Blucher. São Paulo – SP.
- CASTRO, A.D. DE... ET AL (2000): *Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias*. São Carlos, EESC-USP.
- CBH-MG, COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU, *Legislação sobre recursos hídrico – Lei 9433 de 08 de Janeiro de 1997s*, Pirassununga, São Paulo, 1997.
- CBH-PCJ, COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ (1996). *Implantação, resultados e perspectivas*. Campinas (SP).
- COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO - COPERSUCAR, VI SEMINÁRIO INDUSTRIAL (1996). *Impactos da cobrança da água no setor sucroalcooleiro*. Piracicaba. SP.

- COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO - COPERSUCAR, VI SEMINÁRIO INDUSTRIAL (1996). *Diretrizes ambientais para o setor sucroalcooleiro*. Piracicaba. SP.
- COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO - COPERSUCAR, VI SEMINÁRIO INDUSTRIAL (1996). *Sistema de Gestão Ambiental*. Piracicaba. SP.
- COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO – COPERSUCAR (1985). *Combate a poluição: Avaliação do programa Copersucar*. Piracicaba. SP.
- DONAIRE, D. (1999), *Gestão Ambiental na Empresa*. 2ª ed. São Paulo. Editora de Direito Ltda.
- ESTADO DE SÃO PAULO. DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (2001). *Legislação sobre recursos hídricos*.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. (1997). *Gestão das águas: 06 anos de percurso*.
- HSIEH, W.D., H. K. SHEEN and C.H. CHEN (1995). *An approach to zero effluent in cane sugar factories*. Proceeding of the Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists – September 1995, Cartagena.
- IMHOFF, Klaus R. (1985) *Manual de tratamento de águas residuárias*. Tradução da 26ª edição alemã de 1985. Brasil. Editora Edgard Blucher Ltda.
- JENSEN, C.R.C and G.T.SCHUMANN (2001). *Implementing a zero effluent philosophy at a cane sugar factory*. Proceeding of the Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists – September 2001, Brisbane, Australia.

- LIMA, U. DE A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. E SCHMIDELL, W. et al (2001). *Biotecnología Industrial, Processos Fermentativos e Enzimáticos*. Volume 3. Brasil. Editora Edgard Blucher Ltda.
- MACHADO, P. A. L. (2000). *A Agência Nacional de Águas*.  
<http://www.merconet.com.br/direito/ANA.htm>
- MUSETTI R. A. (2001). *Da proteção Jurídico Ambiental dos Recursos Hídricos*. Brasil.
- OLIVEIRA, C.A.A.de (1998). *Programa de Prevenção de Poluição Industrial: Estudo de caso no processo de acabamento de metais de uma indústria*. São Carlos. 125 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU (1995).
- POEL, P.W.VAN DER, H.SCHIWECK, T.SCHWARTZ (1998). *Sugar Technology, Beet and Cane Sugar Manufacture*. Berlin, Alemanha, Verlag.
- PURCHASE, B.S. (1995). *Disposal of liquid effluents from cane sugar factories*.  
Proceeding of International Society of Sugar Cane Technologists. Durban, South Africa.
- SÃO PAULO (Estado). Leis, etc. (1986). Resolução CONAMA n. 20 de junho de 1986, CETESB, São Paulo.
- SAPKAL, D.B.; NIMBALKAR, D and GUNJAL B.B (2001). *Environmental Managements in the Sugar Industry*. Proceeding of the Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists – September 2001, Brisbane, Australia.

SHEN, T. T. (1995). *Industrial pollution prevention*. Berlin, Alemanha, Springer-Verlag.

SOUZA, L.E. DE (2000). A água e o desenvolvimento nacional. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 22 de março. Opinião, p. 3.

THOMAS, S. T. (1995). *Facility manager's guide to pollution prevention and waste minimization*. United States of America.

## 9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR ISO 14001 – 14004 – 14010 – 14011 E 14012. Rio de Janeiro, 1996.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Lima, Peru (1995). *Informe técnico sobre minimización de residuos en la industria textil.*

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Lima, Peru (1996). *La minimización de residuos en la industria del acabado de metales..*

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Lima, Peru (1997). *Manual de minimización de residuos en la industria del acabado de metales.*