



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Curso de Engenharia Civil

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**ESTUDO DE CASO:
SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS E
EFLUENTES DE UMA INDÚSTRIA CERVEJEIRA**



GUSTAVO FERNANDES MORAES

CAMPINA GRANDE

2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Centro de Ciências e de Tecnologia

Curso de Engenharia Civil

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL
TRATAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES
INDUSTRIAIS**

GUSTAVO FERNANDES MORAES

Relatório de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, sob orientação do **Prof. Dr. Rui de Oliveira**.

CAMPINA GRANDE

2006



Biblioteca Setorial do CDSA. Janeiro de 2022.

Sumé - PB

SUMÁRIO

SUMÁRIO	1
LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE TABELAS	3
LISTA DE ANEXOS	4
LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS	5
AGRADECIMENTOS	6
RESUMO	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos Específicos	10
3. REVISÃO DA LITERATURA	11
3.1 Cerveja e Matérias-Primas.....	11
3.2 Processo de Produção da Cerveja	13
3.3. CERVEJARIAS E MEIO AMBIENTE.....	16
3.3.1 Efluentes.....	17
3.3.2 Substâncias Ativas dos Agentes de Limpeza	21
3.3.3 Resíduos Sólidos.....	22
4. MATERIAIS E MÉTODO	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1. ÁGUA	27
5.1.1. Captação	27
5.1.2 Tratamento de Água	28
5.2 EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	29
5.2.1 Geração.....	29
5.2.2 Tratamento do Efluente Industrial	29
5.2.2.1 Tratamento Primário e Pré-tratamento	29
5.2.2.2 Tratamento Secundário	34
5.3. ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DOS PARÂMETROS DE CONTROLE	48
6. CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXO	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Modelo de fluxograma de tratamento de água para indústrias cervejeiras.....	11
Figura 3.2 Modelo de fluxograma do processo da produção de cerveja.....	13
Figura 3.3 Fluxograma da fabricação de cerveja com a presença dos efluentes líquidos e resíduos sólidos gerados.....	24
Figura 5.1 – Estação Elevatória de Efluentes 1.....	30
Figura 5.2 – Estação Elevatória de Efluentes 2	31
Figura 5.3 – Tela de retenção de partículas sólidas	32
Figura 5.4 -- Estação Elevatória de Efluentes 3	32
Figura 5.5 – Conjunto de Peneiras Rotativas	33
Figura 5.6 – Tanque de Equalização.....	34
Figura 5.7 – A seqüência de processos na digestão anaeróbia de macro moléculas complexas.	36
Figura 5.8 – Poço de Sucção ou EE 4	37
Figura 5.9 - Reator IC da unidade em estudo	39
Figura 5.10 - Esquema do Reator	40
Figura 5.11 - O diagrama da Circulação Interna	42
Figura 5.12 – Lavadores de gases	45
Figura 5.13 – Flare	46
Figura 5.14 – Lagoas de Aeração	47
Figura 5.15 – Eficiência do Reator IC entre os anos de 2005 e 2006	49
Figura 5.16 – Eficiência do Reator IC entre os anos de 2005 e 2006	49
Figura 5.17 – Volume de Efluente Bruto X PL (2005 x 2006)	50
Figura 5.18 – Índice de geração de efluentes 2005 x 2006	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Origem e composição dos efluentes.....	16
Tabela 3.2 – Carga poluidora e volumes dos principais despejos.....	17
Tabela 3.3 – Tipos de efluentes e porcentagem de carga poluidora.....	18
Tabela 3.4 – Composição do bagaço de malte.....	21
Tabela 3.5 – Subprodutos da elaboração do mosto.....	21
Tabela 3.6 – Composição da levedura (substância seca)	22
Tabela 3.7 – Outros resíduos sólidos.....	23
Tabela 3.8 – Resíduos especiais.....	23
Tabela 5.1 – Itens de controle de qualidade da água de captação.....	27
Tabela 5.2 – Sólidos retidos na peneira rotativas.....	33
Tabela 5.3 – Remoção de DQO nas primeiras etapas do tratamento anaeróbio.....	38
Tabela 5.4 – Remoção de DQO nas primeiras etapas do tratamento anaeróbio	
Tabela 5.5 – Parâmetros monitorados do tratamento anaeróbio – Reator IC.....	43
Tabela 5.6 – Remoção de DQO nas lagoas aeróbias	47
Tabela 5.7 – Parâmetros monitorados no tratamento aeróbio – Lagoas de Aeração	48
Tabela 5.8 – Parâmetros monitorados no Lançamento dos Efluentes	48

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Substâncias Ativas dos Agentes de Limpeza.....	53
Anexo B. Fluxograma da Estação de Tratamento de Efluentes Industriais	57

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

BVQI - Bureau Veritas Quality International
CIMA – Comissão Interna do Meio Ambiente
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETEI – Estação de Tratamento de Efluentes Industriais
hl – hectolitro
ISO – International Organization for Standardization
IV's – Itens de Verificação
NC's – Não conformidades
Nox – Óxidos de Nitrogênio
OPAS – Organização Pan-americana da Saúde
PTP – Padrão Técnico de Processo
SGA – Sistema de Gestão Ambiental
SOx – Óxidos de Enxofre
Trub – Composto de proteínas de malte
EEE – Estação Elevatória de Efluentes
IC – Circulação Interna

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por estar sempre presente em minha vida nas diversas situações e por ter iluminado o caminho que trilhei durante toda a minha vida.

Ao meu Pai, Praxedes Maracajá de Moraes, por sempre me apoiar e incentivar ao estudo. Aos meus avós, Otaviana Fernandes e Afonso Fernandes que me acolheram durante os momentos mais difíceis nesta jornada.

Ao Orientador Prof(a) Dr. Rui de Oliveira por ter aceitado ao meu pedido para que fosse o meu orientador.

A Ana Arraes por ter permitido que eu fizesse parte de uma equipe disciplinada e competente com um vasto conhecimento do sistema de tratamento de efluentes industriais.

Aos colegas de classe mais próximos que através do companheirismo possibilitaram o bom desenvolvimento do trabalho, através do incentivo e da colaboração com sugestões para a sua melhoria.

RESUMO

Com a legislação ambiental cada vez mais exigente e o aumento da competitividade no mercado, as organizações expressam maior preocupação com seu desempenho ambiental. A adoção de políticas ambientais adequadas traz às empresas um grande diferencial competitivo, como a redução de custos através da prevenção de acidentes e a implantação dos conceitos de ecoeficiência. Nesse contexto o Sistema de Gestão Ambiental desponta como uma valiosa ferramenta dentro das grandes corporações. As normas internacionais de gestão ambiental, como a ISO 14001, foram criadas para que as organizações atinjam seus objetivos ambientais e econômicos através de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA). O presente estudo tem como objetivo principal avaliar a efetividade de um Sistema de Tratamento de Água e Efluentes de uma indústria de grande porte do ramo de bebidas.

Frente aos resultados obtidos foi evidenciada a importância da implantação de um sistema de gestão ambiental em uma empresa do ramo de bebidas. Através de um SGA é possível realizar uma gestão eficiente dos recursos naturais e dos efluentes e resíduos gerados pelo processo industrial.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um grande avanço da sociedade e das organizações em recuperar a degradação sofrida no meio ambiente. A partir da década de 70, com vários acidentes graves acontecendo, verificou-se a necessidade de desenvolver políticas ambientais mais eficazes. Muitos desses acidentes resultaram em muitas mortes e milhares de feridos, como no caso do acidente de uma indústria química em Bhopal na Índia, em 3 de dezembro de 1984 (Internet: www.cetesb.sp.gov.br), onde ocorreu um vazamento de metil isocianato (MIC) que matou 3800 pessoas e feriu 200.000 mil. Constatou-se ao longo desses anos que o custo da prevenção é menor do que o da remediação, diferente do que se imaginava anteriormente. Através disso, as empresas se conscientizaram do fato e passaram a adotar técnicas de gestão, que visavam conseguir com isso importantes diferenciais competitivos. Assim começou a aparecer no âmbito industrial a visão da gestão ambiental.

A utilização de água pela indústria pode ocorrer de diversas formas, tais como: incorporação ao produto; lavagens de máquinas, tubulações e pisos; águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor; águas utilizadas diretamente nas etapas do processo industrial ou incorporadas aos produtos e esgotos sanitários. Exceto pelos volumes de águas incorporados aos produtos e pelas perdas por evaporação, as águas tornam-se contaminadas por resíduos do processo industrial ou pelas perdas de energia térmica, originando assim os efluentes líquidos.

Os efluentes líquidos ao serem despejados com os seus poluentes característicos causam a alteração de qualidade nos corpos receptores e conseqüentemente a sua poluição (degradação). Historicamente, o desenvolvimento urbano e industrial ocorreu ao longo dos rios devido à disponibilidade de água para abastecimento e a possibilidade de utilizar o rio como corpo receptor dos dejetos.

A poluição hídrica pode ser definida como qualquer alteração física, química ou biológica da qualidade de um corpo hídrico, capaz de ultrapassar os padrões estabelecidos para a classe, conforme o seu uso preponderante. Considera-se a ação dos agentes: físicos materiais (sólidos em suspensão) ou formas de energia (calorífica e radiações); químicos (substâncias dissolvidas ou com potencial solubilização); biológicos (microorganismos).

A poluição origina-se devido a perdas de energia, produtos e matérias primas, ou seja, devido à ineficiência dos processos industriais. A poluição pelos efluentes líquidos industriais deve ser controlada inicialmente pela otimização dos processos, redução do consumo de água incluindo as lavagens de equipamentos e pisos industriais, redução de perdas de produtos ou descarregamentos desses ou de matérias primas na rede coletora. A manutenção também é fundamental para a redução de perdas por vazamentos.

O ponto fundamental é compatibilizar a produção industrial com a conservação do meio ambiente que nos cerca. Somente a utilização de técnica de controle não é suficiente, mas é importante a busca incessante da eficiência industrial, sem a qual a indústria torna-se obsoleta e é fechada pelo próprio mercado. A eficiência industrial é o primeiro passo para a eficiência ambiental.

Os processos de tratamento a serem adotados, as suas formas construtivas e os materiais a serem empregados são considerados a partir dos seguintes fatores: a legislação ambiental regional; o clima; a cultura local; os custos de investimento; os custos operacionais; a quantidade e a qualidade do lodo gerado na estação de tratamento de efluentes industriais; a qualidade do efluente tratado; a segurança operacional relativa aos vazamentos de produtos químicos utilizados ou dos efluentes; explosões; geração de odor; a interação com a vizinhança; confiabilidade para atendimento à legislação ambiental; possibilidade de reuso dos efluentes tratados (GIORDANO, 1999).

Um fator importante que determina o grau de controle da poluição por efluentes líquidos é a localização da indústria. Pode-se citar como exemplo o caso de uma indústria que esteja localizada em uma bacia hidrográfica de classe especial, que não poderá lançar nesta nem mesmo os efluentes tratados. Nestes casos é necessário além do tratamento, que seja feita uma transposição dos efluentes tratados para outra bacia, logicamente com maiores custos. Além de atender aos requisitos específicos para o lançamento de efluentes, as características dos efluentes tratados devem ser compatíveis com a qualidade do corpo receptor.

Os sistemas de tratamento de efluentes são baseados na transformação dos poluentes dissolvidos e em suspensão em gases inertes e ou sólidos sedimentáveis para a posterior separação das fases sólida/líquida. Sendo assim se não houver a formação de gases inertes ou lodo estável, não deve-se considerar que houve tratamento.

A poluição não deve ser transferida de forma e lugar. É necessário conhecer o princípio de funcionamento de cada operação unitária utilizada bem como a ordem de associação dessas operações que definem os processos de tratamento. Os sistemas de tratamento devem ser utilizados não só com o objetivo mínimo de tratar os efluentes, mas também atender a outras premissas. Um ponto importante a ser observado é que não se deve gerar resíduos desnecessários pelo uso do tratamento. A estação de tratamento não deve gerar incômodos seja por ruídos ou odores, nem causar impacto visual negativo. Deve-se sempre tratar também os esgotos sanitários gerados na própria indústria, evitando-se assim a sobrecarga no sistema público. Assim cada indústria deve controlar totalmente a sua carga poluidora.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o sistema de tratamento de águas e efluentes industriais de uma indústria de bebidas, analisando-os à luz da literatura atual que envolve o tema, fundamentado nos conceitos técnico-científicos e das informações obtidas "in loco".

A estrutura do trabalho consiste: na definição da pesquisa; na revisão dos principais conceitos abordados pela literatura a respeito do tema; a apresentação do caso em si; e, ao final, nas conclusões e recomendações que se fazem pertinentes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar o potencial poluidor de uma indústria de bebidas;
- b) Verificar os processos e a eficiência do tratamento do efluente gerado na planta;
- c) Avaliar o custo do tratamento.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CERVEJA E MATÉRIAS-PRIMAS

Desde o Egito antigo a cerveja já era conhecida, há mais de 5000 anos atrás. Os egípcios e sumérios utilizavam-na para fins medicinais. Ao longo do tempo a cerveja foi evoluindo e passou a ter leis estabelecidas de pureza em alguns lugares. Como no mais antigo código de leis conhecido, o Hamurabi da Babilônia (cerca de 1770 a.C.) que poderia condenar a pena de morte àqueles que diluíssem a cerveja que vendiam. No Egito foram encontrados papiros que regulamentavam a venda da cerveja, datando de 1300 a.C. Porém, a mais conhecida das leis da cerveja surgiu na Alemanha em 1516, a "Reinheitsgebot" definida como a Lei da Pureza, onde era estabelecido que a cerveja deveria conter apenas cevada malteada, lúpulo e levedura (REINOLD, 1997, pg. 7-8).

As principais matérias-primas da cerveja são: a cevada, o malte, o lúpulo e a água (REINOLD, 1997, pg. 13).

Segundo REINOLD (1997, pg. 16), a composição química da cevada é de 60 a 65% amido, 9 a 11,5% proteína, 10 a 14% celulose/hemicelulose e 2 a 3% lipídios. Albumina, globulina, prolamina e glutelina são as proteínas da cevada. 1000 grãos de cevada pesam entre 35 a 48 gramas e um hectolitro (hl), o equivalente a 100 litros, de cerveja possui de 65 a 75 kg de cevada.

De acordo com ROTEIRO GASTRONÔMICO DE PORTUGAL (2005) o malte utilizado na produção de cerveja deriva de um tipo especial de cevada, a cevada dística. Segundo REINOLD (1997, pg.17), o malte possui vários substitutos (adjuntos), entre eles pode-se encontrar a cevada, o trigo, o arroz, o milho, o sorgo, açúcar e xaropes. O trigo pode ser malteado. A composição química do trigo cervejeiro é a seguinte: 13,5% água, 12,5% proteínas, 1,9% gorduras e 57% amido. Os adjuntos são caracterizados por produtos que contêm carboidratos, mas não são malteados. Os principais adjuntos são o milho, o arroz e a cevada. O milho é composto por 13% de água, 9,8% de proteínas, 4,6% de gorduras e 63% de amido. Já o arroz tem uma composição de 77% de amido, 13% de água, 7,8% de proteínas e 0,6% de gordura. A composição da cevada já foi descrita acima. O açúcar é utilizado na cerveja como forma de substituir o malte, para adoçar e servir de corante a cerveja. Há vários tipos de açúcar utilizados para fins cervejeiros, dentre eles pode-se citar a sacarose, açúcar invertido, glicose, maltose, açúcar de amido contendo dextinas e corante à base de açúcar.

Valor amargo, teor de água e sementes são as características do lúpulo. Seus componentes químicos são: água de 8 a 14%, proteínas 12 a 24%, resinas totais 12 a 21%,

ácidos-alfa 4 a 10%, ácidos-beta 3 a 6%, taninos 2 a 6%, celulose 10 a 17%, cinzas de 7 a 10% e óleos essenciais de 0,5 a 2% (REINOLD, 1997, pg. 20).

A água é o componente da cerveja em maior quantidade. Existem vários tipos de água cervejeira, caracterizados por nomes específicos. A água da cerveja é caracterizada pela dureza total que são todos os íons de cálcio e magnésio expressos em mg/l CaO. Outro parâmetro para analisar a água de cerveja é a alcalinidade, dividida em total e residual. A primeira refere-se à determinação de dureza do carbonato, enquanto a segunda corresponde a uma medida para a alcalinidade total que não foi equilibrada por íons de cálcio e magnésio (REINOLD, 1997, pg. 23). A Figura 3.1 apresenta o fluxograma típico de um tratamento de água.

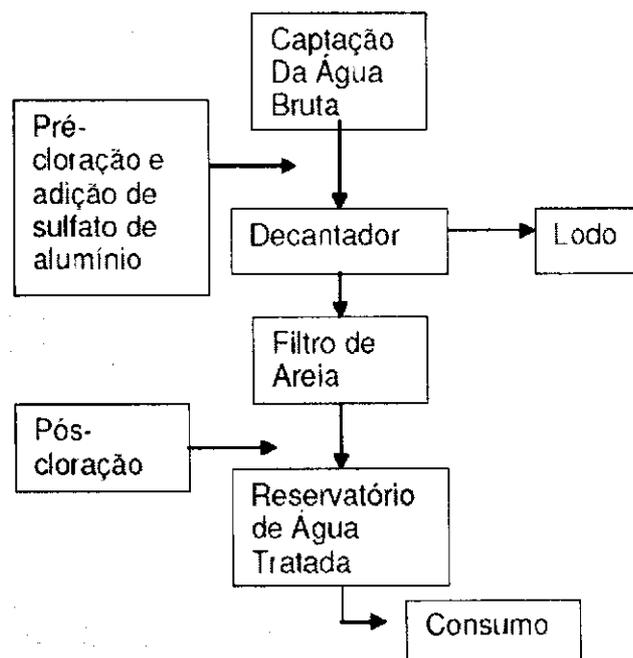


Figura 3.1 Modelo de fluxograma de tratamento de água para indústrias

3.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CERVEJA

O processo de cerveja é bem longo e vale a pena ser descrito para que se entenda as entradas e saídas do processo e qual a importância da gestão ambiental para uma empresa da área.

A cerveja resulta do processo de fermentação de um mosto obtido pela cocção de malte e lúpulo em determinadas condições (BRAILE & CAVALCANTI, 1993, pg. 219).

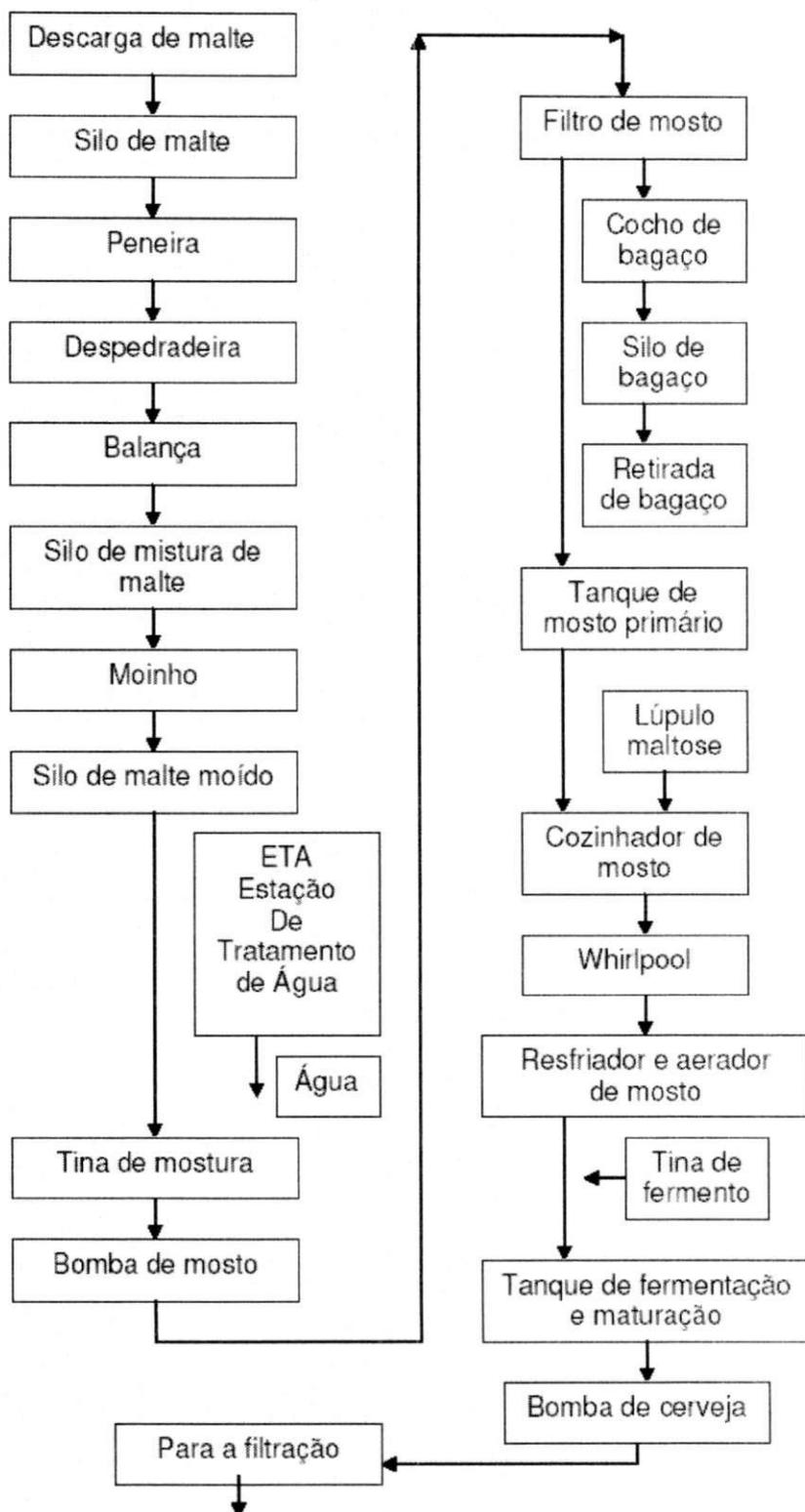
Primeiramente, no moinho, os grãos do malte de cevada são moídos e as cascas utilizadas para auxiliar a filtração do mosto nas tinas de filtração. A próxima etapa ocorre quando o malte moído é levado à Caldeira de Malte onde é misturado com água cervejeira para ser cozido. Ao mesmo tempo, o milho triturado também será cozido com água na Caldeira de Gritz e se transforma na Calda (SCARAMAL, 2002, pg. 51).

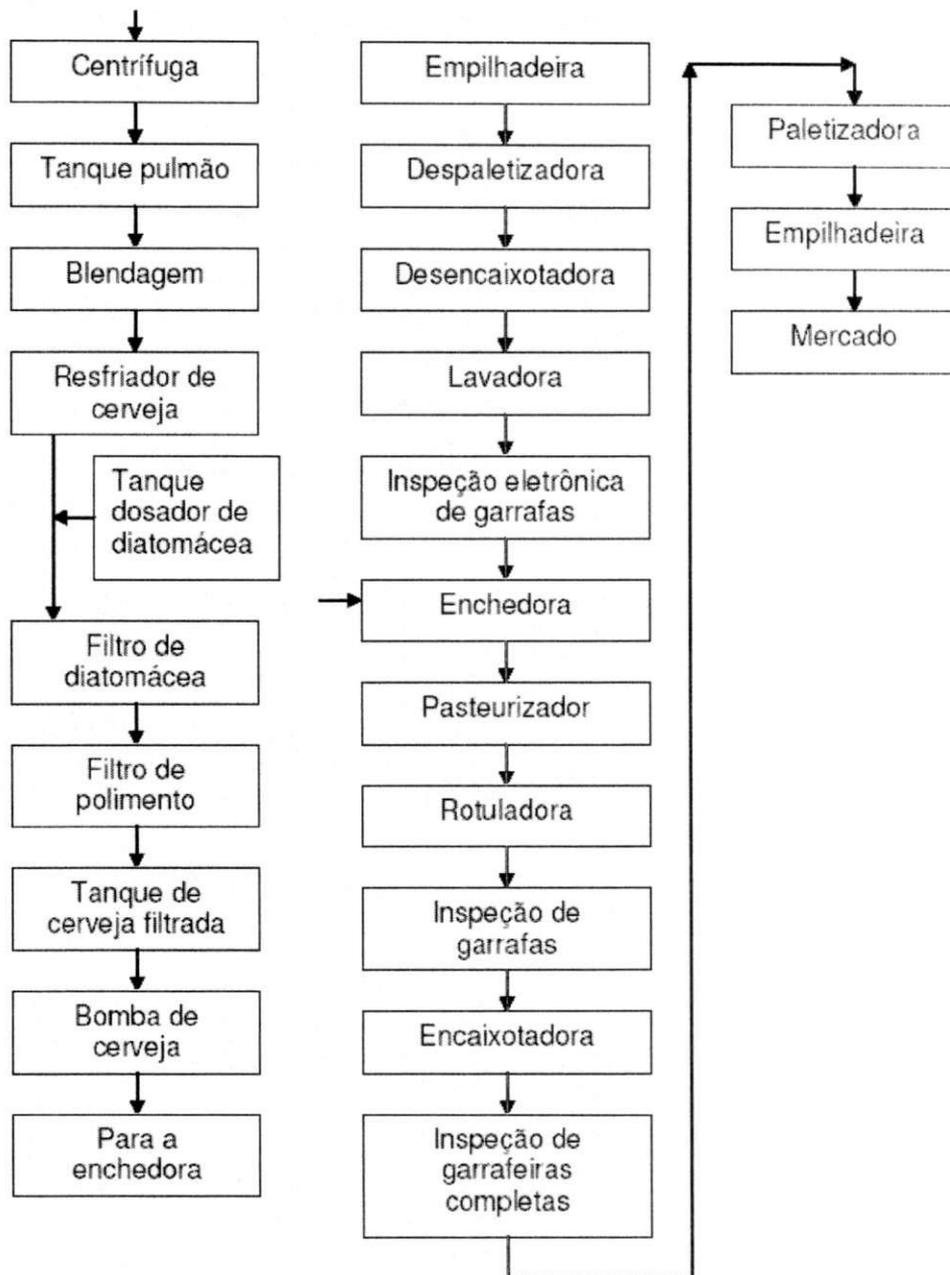
Em seguida, a Calda e o malte cozido são misturados e fervidos, sendo essa etapa chamada de Empastagem. A empastagem final é transferida para a tina de filtragem, onde ocorre a filtração. Após a filtração se obtém o mosto cervejeiro que vai para a Caldeira de Fervura onde é esterilizado e receberá o Lúpulo. Após isso, o mosto é transferido para o "Whirlpool" ou, Decantador o qual vai separar a parte sólida em suspensão através da centrifugação. Então, ele vai para o resfriador, onde a temperatura cai de 100°C para 8°C. A seguir, a levedura é adicionada e o mosto é bombeado para a adega, onde estão os tanques verticais e inicia-se a fermentação. Nesses tanques a levedura transforma os açúcares fermentáveis em álcool e CO₂, que são os ingredientes que refinam o sabor e dá aroma a cerveja (SCARAMAL, 2002, pg. 51-52).

Após a fermentação a cerveja é resfriada a temperaturas próximas de 0°C. Para que a cerveja obtenha um sabor equilibrado ela passa pelo processo de maturação que ocorre também em tanques verticais. Em seguida, a cerveja já com o teor de álcool previsto, é realizada a correção da concentração de CO₂. Juntos os processos de fabricação, fermentação e maturação podem levar de 15 dias até 2 meses (SCARAMAL, 2002, pg. 52).

Logo em seguida, a cerveja é filtrada, engarrafada e pasteurizada, a fim de destruir eventuais microrganismos, o que confere ao produto maior tempo de conservação nas garrafas (BRAILE & CAVALCANTI, 1993, pg. 220). A Figura 3.2 apresenta o fluxograma do processo de produção da cerveja:

Figura 3.2 - Modelo de fluxograma do processo da produção de cerveja.





FONTE: REINOLD (1997, pg. 43)

3.3 CERVEJARIAS E MEIO AMBIENTE

Os principais problemas ambientais de uma indústria produtora de cerveja são principalmente os efluentes líquidos, seguido dos resíduos sólidos e com menor significância os poluentes atmosféricos.

Os parâmetros da poluição atmosférica que se deve ter mais atenção são o material particulado – fuligem, SOx (compostos do enxofre) e NOx (compostos do nitrogênio) que são provenientes da queima dos combustíveis fósseis derivados de petróleo utilizados nas caldeiras (SCARAMAL, 2002, pg. 59). Para as emissões atmosféricas de caldeiras deve-se atentar para o CONAMA nº 008, de 06 de dezembro de 1990.

"As cervejarias consomem de 4,5 a 8 vezes o volume de água sobre as cervejas que produzem. O próprio produto cerveja já contém 92% água, e ainda se gasta água para gerar vapor e frio, para lavar tanques e filtros, no envasamento em lavadoras de garrafas e pasteurizadores, em descartes e evaporações, em limpeza geral e em atividades menores. Grandes cervejarias ganham economia de escala e conseguem 1:7 ou 1:6,5 e quando bem gerenciadas e bem equipadas podem acumular consumo de até 1:6. Com a instalação de equipamentos para recuperação e reciclagem da água a unidade em estudo vem reduzindo consideravelmente o consumo de água, no ano de 2005 conseguiu atingir a marca de 1:4,86 (AMBEV – Filial Fonte da Mata).

3.3.1 Efluentes

De acordo com SCARAMAL (2002, pg. 56), citando SENAI¹ a maior contribuição para o impacto ambiental em uma cervejaria está relacionada à geração de grandes volumes de efluentes líquidos, carreando grandes quantidades de resíduos de matéria orgânica, gerados nas várias etapas do processo cervejeiro.

Das máquinas de lavar garrafas, das dornas de fermentação, do bolo das centrífugas, da lavagem dos panos dos filtros-prensa e das descargas das máquinas de pasteurização provêm a maioria dos efluentes líquidos de uma cervejaria.

Desses, todos ocorrem continuamente durante o processo, exceto as descargas do pasteurizador e das lavagens das garrafas que ocorrem periodicamente geralmente no fim do período semanal de fabricação (BRAILE & CAVALCANTI, 1993, pg. 220).

A Tabela 3.1 discrimina, dentro das diferentes fases do processo, a origem e a composição dos diferentes tipos de efluentes (BRAILE & CAVALCANTI, 1993, pg.222).

Tabela 3.1 – Origem e composição dos efluentes

<i>Fase de fabricação</i>	<i>Origem do resíduo</i>	<i>Composição</i>
Cozimento	Restos de mosto e lavagem dos equipamentos	Solução aquosa de açúcares, dextrina, proteínas, taninos, resinas.
Fermentação	Lavagem dos tanques	Alcool etílico, gas carbônico, ácidos, aldeídos, cetonas, ésteres, gorduras, bactérias.
Maturação	Fundo das cubas	Líquido enriquecido de proteínas e produtos derivados de sua degradação.

FONTE: BRAILE & CAVALCANTI (1993, pg. 222)

¹ SENAI. RJ. CENATEC de Produtos Alimentares. **Fundamentos Gerais/Produto e Processo**. Vassouras, 2004. p. il. (Curso Técnico Especial de Cervejaria)

Restos de papéis (celulose) dos rótulos das garrafas, amido, fermento decantado ou centrifugado, terra de diatomáceas e uma pequena quantidade de cerveja proveniente dos interstícios do fermento rejeitado e das garrafas que se quebraram durante a pasteurização podem ainda ser encontrados no efluente (BRAILE & CAVALCANTI, 1993, pg. 222).

Todos os despejos citados acima são ricos em matéria orgânica, caracterizando elevada DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e também em proteínas que se decompõem rapidamente, que causam fortes odores (BRAILE & CAVALCANTI, 1993, pg. 222).

A Tabela 3.2 apresenta um desmembramento da carga poluidora e da vazão dos principais despejos, enquanto a Tabela 3.3 dá uma idéia dos principais tipos de efluentes e a porcentagem de carga poluidora de cada um destes, além do volume de despejos produzidos na fabricação de 100 litros de cerveja (BRAILE & CAVALCANTI, 1993, pg. 222).

Tabela 3.2 – Carga poluidora e volumes dos principais despejos

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

FONTE: BRAILE & CAVALCANTI (1993, pg. 223)

Tabela 3.3 – Tipos de efluentes e porcentagem de carga poluidora

<i>Características dos despejos</i>	<i>l de despejo / 100 l de cerveja</i>	<i>DBO (mg/l)</i>	<i>% da carga de DBO</i>
Líquido proveniente de prensagem dos grãos	1.41 – 2.37	15 000	3.5
Líquido proveniente da prensagem do lúpulo	0.9	7 340	1.1
Água de lavagem do pano de filtro do malte	5.9	4 930	4.6
Água de lavagem do fermento	1.2	7 400	1.2
Cerveja filtrada do fermento	1.2	69 000	13.3
Lavagem dos equipamentos Despejos de cerveja Água de resfriamento Esgotos sanitários	-	-	76.3

FONTE: BRAILE & CAVALCANTI (1993, pg. 223)

De acordo com SCARAMAL (2002, pg. 59), equivalente populacional é um termo muito usado na área do saneamento. Ele relaciona a carga poluidora com um número de pessoas. Nas cidades, determinou-se que cada cidadão gera, por dia, uma quantidade de resíduos via esgoto sanitário, da ordem de 54g de DBO. Ao se dividir a carga de poluição de uma indústria por estes 54g obtém-se o equivalente populacional da indústria. Uma indústria cervejeira com capacidade de produzir 400.000 L/dia, gera 4.000kg DBO/dia. Para a produção nacional de 8 bilhões de litros de cerveja, precisamos de 55 cervejarias produzindo 400.000 L/dia, o que gera uma carga orgânica diária de 220.000kg de DBO. Isto dá um equivalente populacional em torno de 4 milhões de pessoas, ou seja, a produção anual de cerveja gera tanto efluente quanto uma comunidade de 4 milhões de pessoas.

Baseando-se na produção de 8 bilhões de litros de cerveja por ano e considerado que o consumo de água é de 1:7, temos 56 bilhões de litros de água utilizados. Como 92% da composição da cerveja é água, retira-se 7,4 bilhões dos 56 e gera-se no Brasil 48,6 bilhões de litros de efluente de cervejarias (SCARAMAL, 2002, pg. 59).

De acordo com a Organização Pan-americana da Saúde (OPAS), o ser humano precisa de 189 litros de água a cada dia para atender suas necessidades de consumo, higiene e preparo de alimentos. Portanto, dentro desse raciocínio o efluente gerado por indústrias produtoras de cerveja no Brasil poderia abastecer uma comunidade de 257 milhões de pessoas (SCARAMAL, 2002, pg. 60).

No efluente das cervejarias estão presentes algumas substâncias contaminantes. A origem dessas está presente nos processos e limpeza e desinfecção na cervejaria, através dos produtos químicos empregados. A sua relevância para o efluente dá-se pela concentração de utilização local, sua ação na presença de agentes ativos e substâncias inativadoras, sua persistência, assim como o seu contato com a água – que após o uso, flui para o canal comum em direção à estação de tratamento de efluentes (REINOLD, 1997, pg. 163).

Esses agentes de limpeza e desinfecção são os próprios produtos finais e podem ser rastreados do local de uso até a estação de tratamento. Algumas substâncias ativas (ex: cloro), trazem consigo reações paralelas adicionais (ex: formação do clorofenol) (REINOLD, 1997, pg. 164).

“Se por um lado os microrganismos prejudiciais devem ser seguramente eliminados através de agentes de desinfecção, por outro lado, esses mesmos agentes não devem desdobrar essa função em tratamentos de efluentes biológicos!”(REINOLD, 1997, pg. 164)

3.3.2 Substâncias Ativas dos Agentes de Limpeza

As substâncias ativas dos agentes de limpeza e desinfecção mais utilizados em uma cervejaria serão apresentadas no Anexo A.

3.3.3 Resíduos Sólidos

Segundo REINOLD (1997, pg. 174) os principais resíduos sólidos da produção de cerveja são o bagaço de malte, levedura cervejeira, terra diatomácea ("kieselgur") e lodo da estação de tratamento de efluentes industriais (ETEI).

Desses, o bagaço de malte é aquele em maior quantidade, pois representa aproximadamente 85% dos subprodutos do processo. Ele é caracterizado por ser um resíduo proveniente principalmente das matérias-primas empregadas que são o resíduo de malte e dos adjuntos (arroz ou milho), os quais são expostos a uma sucessão de infusões e decocções praticadas em cozinhadores e tinas (REINOLD, 1997, pg. 174).

A composição do bagaço de malte é de principalmente matérias nitrogenadas, fibras e polissacarídeos e estão também presentes compostos como a lignina e os lipídios (REINOLD, 1997, pg. 175).

A Tabela 3.4 mostra claramente a estrutura desse resíduo.

Tabela 3.4 – Composição do bagaço de malte

<i>Substância</i>	<i>Percentual (%)</i>
Gorduras	10
Proteínas	22
Hemicelulose	35
Celulose	20
Lignina	10
Cinzas	3

FONTE: REINOLD (1997, pg. 175)

A cada 100 litros de cerveja produzida são gerados 20 kg de bagaço. Geralmente este é usado como ração animal, mas existem outros usos (REINOLD, 1997, pg. 175). Os subprodutos da elaboração do mosto podem ser vistos na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Subprodutos da elaboração do mosto

	<i>Quantidade (kg/hl)</i>	<i>Valor médio (kg/hl)</i>
Pó de grãos (malte)	0.4 – 1.4	0.9
Bagaço	21 -22	21.5
Trub quente	0.8 – 2.0	1.4
Trub frio	0.1	0.1
Água residual	0.4 – 0.6	0.5
Total	22.4 – 26.3	24.4

FONTE: REINOLD (1997, pg. 175)

“Os subprodutos do processo possuem importância relevante, pois os resíduos gerados chegam em média a 24,4 kg/hl de cerveja, o que significa 24.400kg de resíduos para cada 1.000 hl de cerveja!” (REINOLD, 1997, pg. 175).

O segundo subproduto em maior quantidade no processo de fabricação da cerveja é a levedura que se encontra na ordem de 8 a 12%. Sua DBO5 é estimada entre 100 e 200 g/l (REINOLD, 1997, pg. 176).

A sua composição (Tabela 3.6) é de:

Tabela 3.6 – Composição da levedura (substância seca)

<i>Substância</i>	<i>Percentual (%)</i>
Ligações nitrogenadas	45 - 60
Carboidratos	15 -37
Gorduras	2 - 12
Vitaminas	Traços
Cinzas (subst. Minerais)	6 -12

FONTE: Adaptado de REINOLD (1997, pg. 176)

A levedura quando seca possui um rico valor econômico agregado sendo utilizada em 95% dos casos para ração animal e nos restantes 5% para alimentação humana (levedura de fermentação). Em estado bruto serve para a alimentação suína. A produção desta é variável, mas se considerarmos as leveduras produzidas e recuperadas, exceto as reutilizadas no processo, pode-se obter em média 2kg de levedura recuperável para cada hl de cerveja produzido a 12,5% de matéria seca (REINOLD, 1997, pg. 176).

A terra diatomácea é utilizada na filtração final da cerveja em duas etapas: a deposição de uma pré-camada e a deposição contínua. Após a filtração a terra diatomácea é descartada devido a lavagem dos filtros. Então, ela pode ser encaminhada para a ETE ou recolhidas em um tanque/reservatório para posterior beneficiamento ou utilização. A cada hl de cerveja produzido são gerados de 130 a 150 gramas de terra diatomácea. Sua função é retirar as partículas turvadoras da cerveja e a levedura em suspensão, modificando-se de um pó branco e seco em uma massa marrom, úmida e pastosa. Seu posterior uso pode ser na fertilização do solo quando adicionada ao bagaço ou quando submetido a tratamento em outros fins (REINOLD, 1997, pg. 177).

Por fim, o lodo da estação de tratamento de efluentes tem o teor de matéria seca de 20 a 30%. Ele é resultado dos tratamentos aeróbios e/ou anaeróbios. Utilizar o lodo como fertilizante, após uma secagem eficiente é a maneira mais barata de “se livrar” dos

subprodutos úmidos da cervejaria, do bagaço e dos sedimentos de CaCO₃ (REINOLD, 1997, pg. 178).

Existem ainda outros resíduos gerados por uma indústria produtora de cerveja, entre eles pode-se citar: cacos de vidro, material de filtração, papel, papelão/cartolina, plástico/material sintético, metal, madeira e outros. O percentual de participação de cada um destes pode ser visualizado na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Outros resíduos sólidos

<i>Tipo de residuo</i>	<i>Kg/ 1.000 hl de cerveja p.l.</i>	<i>Participação (%)</i>
Terra diatomácea	1200	53.5
Cacos de vidro	500	22.3
Material de filtração	20	0.9
Papel	360	16.1
Papelão/cartolina	20	0.9
Material sintético/plástico	20	0.9
Metal	15	0.7
Madeira	60	2.7
Outros	45	2
Total	2240	100

FONTE: REINOLD (1997, pg. 178)

Os resíduos especiais (Tabela 3.8) são encontrados em baixa quantidade 0,03 kg/hl de cerveja (p.l.). Porém, são um grande problema para a destinação devido a sua composição:

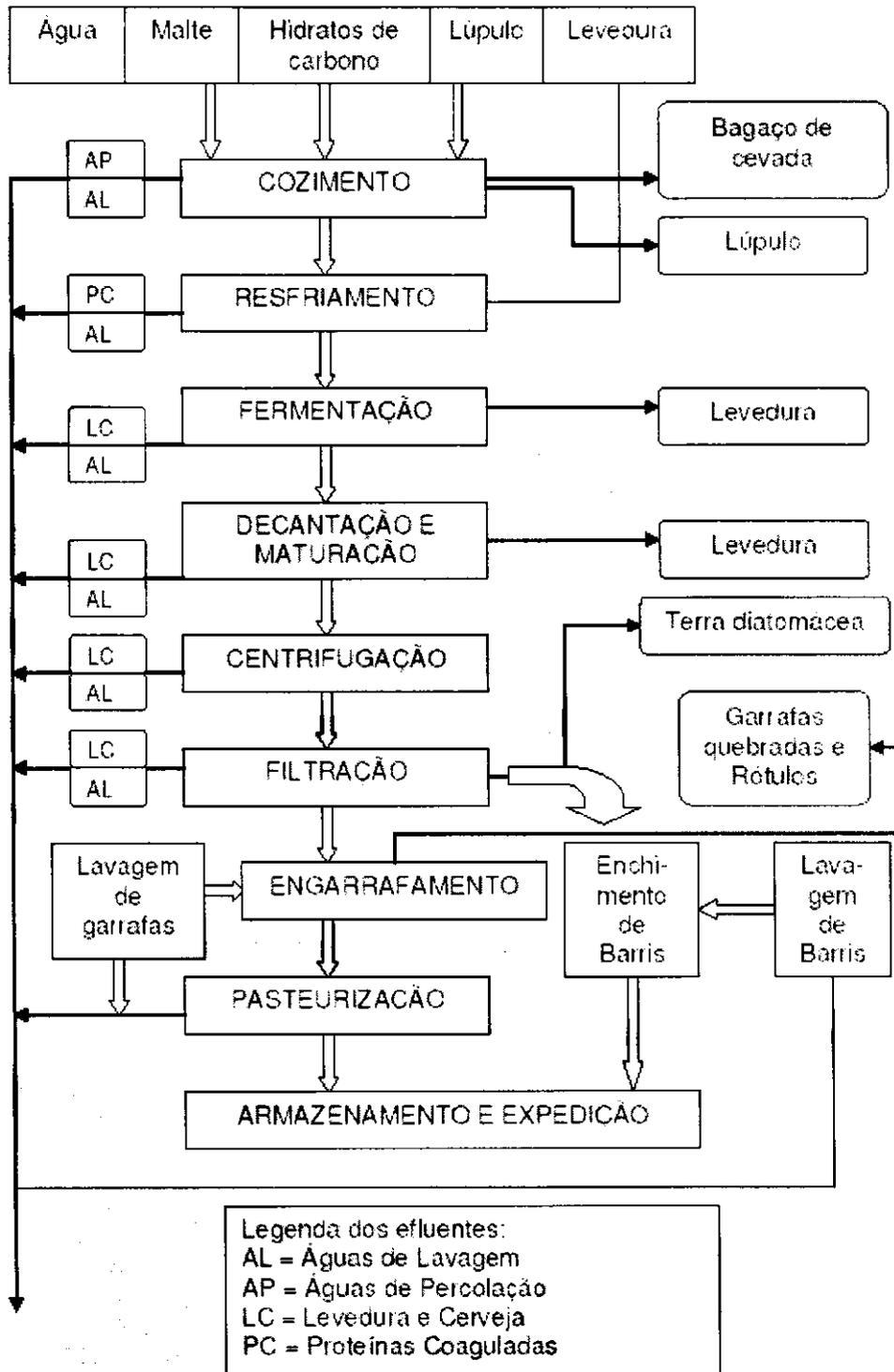
Tabela 3.8 – Resíduos especiais

<i>Tipo</i>	<i>kg/ 1000 hl de cerveja p.l.</i>	<i>Participação (%)</i>
Oleos	10	32.3
Panos de limpeza. oleosos	5	16.2
Latas de spray	1	3.2
Solventes	1	3.2
Filtros de óleo	1	3.2
Líquidos refrigerantes	1	3.2
Outros	12	38.7
Total	31	100

FONTE: REINOLD (1997, pg. 179)

O fluxograma representado na Figura 3.3 traz uma melhor compreensão dos resíduos sólidos e dos efluentes gerados no processo de produção da cerveja.

Figura 3.3 Fluxograma da fabricação de cerveja com a presença dos efluentes líquidos e resíduos sólidos gerados.



FONTE: BRAILE & CAVALCANTI (1993, pg. 221)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

a) LEVANTAMENTO DAS BIBLIOGRAFIAS

Primeiramente buscou-se levantar as bibliografias capazes de contribuir para o melhor entendimento do tema. Através delas, foi possível construir o plano de trabalho e assim elaborar as tarefas a serem realizadas ao longo do trabalho.

b) LEVANTAMENTO DOS DADOS

Com o tema proposto e as tarefas pré-definidas partiu-se na busca de informações. Na indústria em questão houve abertura para liberação dos dados para o estudo científico. Em seguida, através do supervisor do meio ambiente, partiu-se na busca dos arquivos que tratavam do controle das análises de água e efluentes realizadas na indústria, para assim obter uma visão geral do monitoramento das mesmas.

Foram obtidos dados referentes a janeiro 2005 até setembro de 2006, dos principais indicadores de desempenho ambiental.

c) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Após o levantamento dos dados e obtenção destes na indústria, a próxima etapa, foi a revisão da bibliografia, onde buscou-se discorrer sobre o tema do tratamento de efluentes industriais, com foco no setor industrial de bebidas e de suas implicações no meio ambiente.

d) ORGANIZAR DADOS EM PLANILHAS

A partir da obtenção dos dados buscou-se organizar estes em planilhas Excel.

e) ANÁLISE DOS DADOS

Com os dados dos indicadores ambientais organizados foi possível uma melhor visualização o que facilitou a análise dos dados. Buscou-se analisar a eficiência de remoção de DBO e DQO do efluente bruto e conseqüentemente analisarem a eficiência total da estação de tratamento ao longo de 2005 e 2006.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ÁGUA

5.1.1 Captação

A água utilizada no processo industrial é retirada do lençol freático pertencente à bacia hidrográfica dos Rios Gramame e Abiaí, que está inserido no município de João Pessoa no estado da Paraíba. O sistema de captação é formado por 4 pontos de captação, do tipo poços tubulares profundos, onde os mesmos apresentam profundidades superiores à 40m e com vazões que variam de 60m³/h até 180m³/h com um tempo médio de operação em torno de 7h/dia.

Abaixo estão os parâmetros de acompanhamento dos itens que fazem parte do primeiro processo do uso da água que é a captação.

Tabela 5.1 – Itens de controle de qualidade da água de captação.

ITENS DE CONTROLE LIBERATÓRIO	VALOR ASSEGURADO	MÉTODO	FREQUÊNCIA MÍNIMA
1 - Teor de areia	< 2 ppm	Cone de inhoff ou medidor tipo centrifugador	Mensal
2 – Bactérias Coliformes – Método Qualitativo	Ausência / 100 mL		Mensal
3 – Bactérias Coliformes – NMP	Ausência / 100 mL		Mensal
4 – Bactérias Heterotróficas (UFC / 100mL)	Máximo 100		Mensal

A unidade monitora mensalmente a qualidade da água de captação no laboratório da unidade e o seu histórico não consta valores acima do valor assegurado. Semestralmente a unidade envia amostras para um laboratório externo para atender a Portaria do MS 518/04 – Normas de potabilidade.

5.1.2 Tratamento de Água

O processo de tratamento da água para uso no processo industrial varia de acordo com o corpo hídrico onde a mesma está armazenada. No nosso estudo, o tratamento da água captada é bastante simples por se tratar de uma água de excelente qualidade, requer apenas uma descarbonatação para remover o dióxido de carbono dissolvido na água e em seguida uma desinfecção com hipoclorito de sódio.

Este tratamento vem a modificar a qualidade da água, tornando-a com características que atendam as especificações solicitadas para uma determinada aplicação industrial, ou para consumo potável.

Após a desinfecção da água, finaliza o processo de tratamento e inicia-se o processo de distribuição para a área produtiva e para o consumo humano. A utilização de água no processo produtivo ocorrer de diversas formas, tais como: incorporação ao produto; lavagens de máquinas, tubulações e pisos; águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor; águas utilizadas diretamente nas etapas do processo industrial ou incorporadas aos produtos; esgotos sanitários dos funcionários.

Exceto pelos volumes de águas incorporados aos produtos e pelas perdas por evaporação, as águas tornam-se contaminadas por resíduos do processo industrial ou pelas perdas de energia térmica, originando assim os efluentes líquidos.

5.2 EFLUENTES INDUSTRIAIS

5.2.1 Geração

Como apresentado na revisão da literatura, os efluentes são o principal problema ambiental de uma indústria produtora de cerveja e também na indústria em estudo.

Os efluentes líquidos são gerados em todas as etapas do processo produtivo incluindo os setores administrativos e o refeitório. O primeiro é classificado como efluentes industrial, composto de matéria orgânica e resíduos de produtos químicos e o segundo, classificado em efluente doméstico composto basicamente por matéria orgânica.

Os efluentes líquidos ao serem despejados com os seus poluentes característicos causam a alteração de qualidade nos corpos receptores e conseqüentemente a sua poluição (degradação).

5.2.2 Tratamento do Efluente Industrial

A função da estação de tratamento de efluentes industriais é remover a matéria orgânica do efluente, estabilizando-a de tal maneira que minimize qualquer efeito que sua descarga possa causar no meio ambiente, atendendo desta forma a legislação ambiental.

A ETEI em estudo apresenta as seguintes etapas:

5.2.2.1 Tratamento Primário e Pré-tratamento:

Nesta etapa o efluente adquire características necessárias para o melhor processamento no tratamento biológico, passando por duas etapas importantes: Gradeamento e Peneiramento. Antes de chegarmos nestes processos é preciso conhecer o movimento do efluente dentro da planta entendendo o seu fluxo corretamente.

◆ Gradeamento:

A ETEI da unidade em estudo foi projetada na área mais elevada da planta e com isso houve a necessidade de se construir três estações elevatórias de efluentes, para recalcar o efluente até a estação de tratamento. Cada elevatória é composta de um conjunto motor-bomba e tubulações de sucção e recalque.

A EE1 (Figura 5.1) recebe os efluentes gerados no setor administrativo e no refeitório, os mesmo são recalcados por meio de duas bombas submersas - com vazão individual de

aproximadamente 100m³/h - para a EE2 onde o efluente doméstico se encontra com o efluente industrial vindo das demais áreas produtivas: Processo, Packaging, Utilidades, etc.

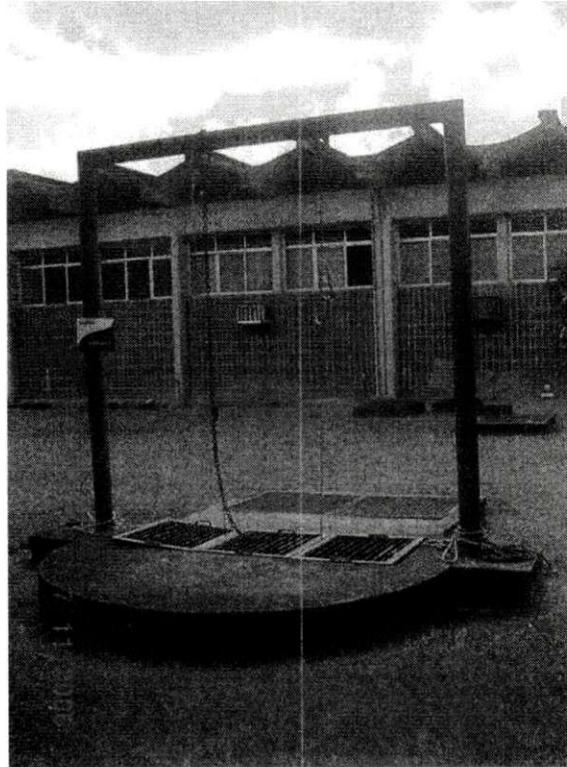


Figura 5.1 – Estação Elevatória de Efluentes 1

Todo efluente ao chegar na EE2 (Figura 5.2), passa por um conjunto de telas e grades que tem a finalidade de remover os sólidos grosseiros a fim de proteger o sistema de bombeamento, tubulações, as unidades de tratamento subseqüentes e também o corpo receptor. Observou-se que um dos pontos frágeis da unidade era o sistema de gradeamento, em decorrência da falta de consciência ambiental por parte de alguns funcionários que lançam na rede de efluentes materiais sólidos a exemplo de estopas, plásticos, copos descartáveis, etc. onde estes materiais tendem a ficar retidos nas telas e grades, e são retirados durante as limpezas diárias. Entre os meses de maio e agosto de 2005, houve um aumento considerável destes materiais na rede de efluentes, chegando a obstruir as telas e retenções das bombas onde causou um problema da cavitação e consequentemente houve a redução da capacidade de tratamento por falta de efluente.

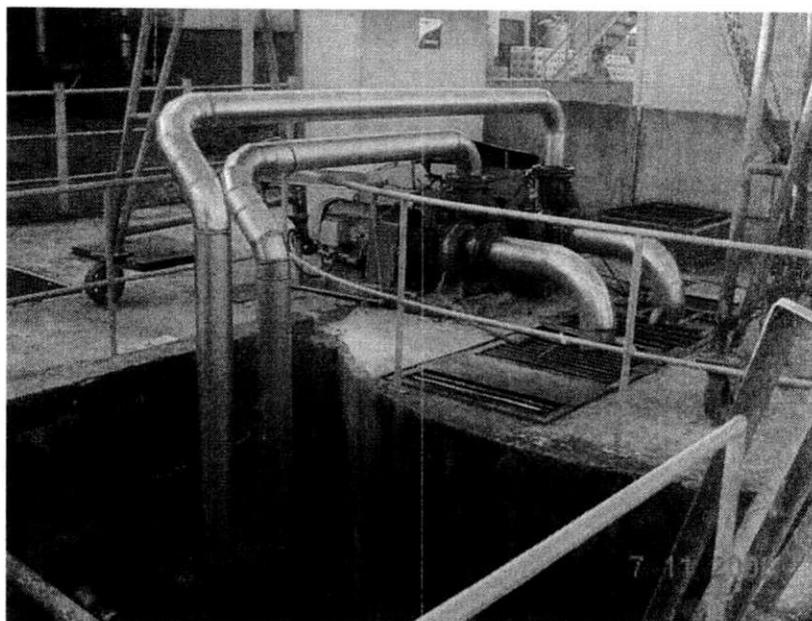


Figura 5.2 – Estação Elevatória de Efluentes 2

Visando sanar este problema que se repetia com certa frequência, foram tomadas algumas providências que vieram a minimizar os riscos de parada de fábrica por falta de capacidade de tratamento de efluentes. Uma das medidas tomadas foi a realização de treinamento ambiental com todos os funcionários próprios e terceiros, ação esta executada nos meses de julho e agosto de 2006, explicando a política da coleta seletiva e os benefícios que a prática diária desta atividade traz. A outra medida foi fixar as tampas dos ralos das áreas produtivas visando reduzir o lançamento destes sólidos na rede de efluentes, esta ação foi realizada durante a manutenção da linha de envasamento de produtos no mês de agosto de 2006.

Os resultados obtidos com estas medidas foram a redução do lançamento de materiais grosseiros no efluente e nas canaletas, minimizando as operações de limpeza e tornando a grade e as telas (Figura 5.3) um dispositivo apenas de segurança.



Figura 5.3 – Tela de retenção de partículas sólidas

♦ **Peneiramento:**

Passando pelo processo de gradeamento que está locado na EE2, o efluente é recalcado por meio de duas bombas centrífugas - com vazões médias de 200m³/h cada uma – para a EE3. No percurso entre a EE2 e a EE3 (Figura 5.4), encontra-se um conjunto de peneiras rotativas (Figura 5.5) que removem do efluente os resíduos sólidos de difícil biodegradação como cascas de malte, polpa de rótulos, canudos, etc., que não devem entrar nos reatores, dando a estes uma destinação correta.

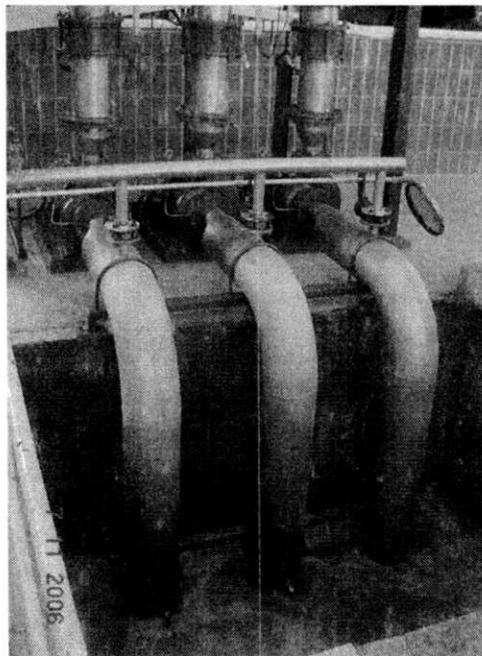


Figura 5.4 – Estação Elevatória de Efluentes 3

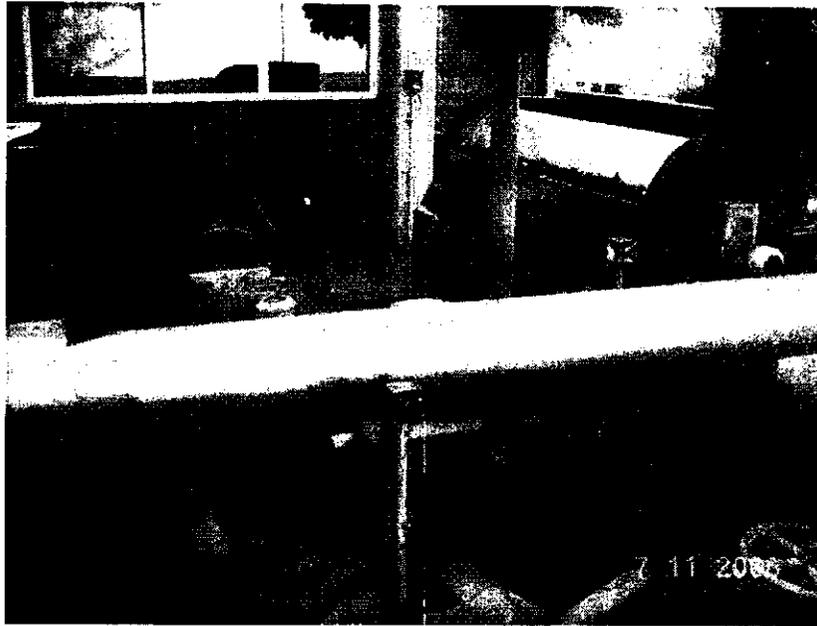


Figura 5.5 – Conjunto de Peneiras Rotativas

As peneiras rotativas têm uma função muito importante no sistema de tratamento de efluentes, onde a remoção de partículas sólidas garante a qualidade do tratamento do efluente e preserva todo o sistema.

Apesar da boa funcionalidade das peneiras rotativas, parte dos sólidos consegue passar e chegam aos tanques de tratamento anaeróbios. O acúmulo destes materiais nestes tanques altera significadamente a carga orgânica do sistema, impactando na qualidade do tratamento. A presença destes sólidos no efluente, pode comprometer todo um sistema biológico de tratamento anaeróbio. Segue abaixo uma tabela com a quantidade de sólidos que ficam retidos nas peneiras rotativas mensalmente.

Tabela 5.2 – Sólidos retidos na peneiras rotativas.

Sólidos	Quant (kg/mês)	%
Bagaço de Malde	7440	99%
Plástico, Rótulos, Canudos e outros	75,15	1%

♦ Tanque de Equalização:

O processo de tratamento anaeróbio inicia-se no tanque de equalização (Figura 5.6) que tem a função de homogeneizar o efluente, evitando que os reatores recebam choques de vazão, DBO, DQO, pH, temperatura, sólidos etc., que poderiam prejudicar a eficiência do processo comprometendo assim o resultado final. O grupo de bactérias anaeróbias presentes nesta etapa são as bacterias acidogênicas, responsáveis pela produção dos ácidos, principalmente ácido acético, que é a matéria prima para o metano.

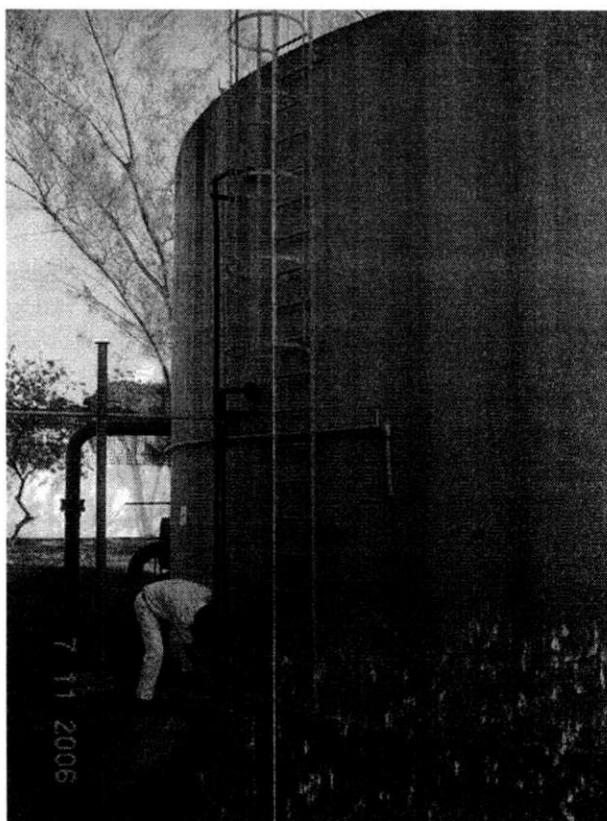


Figura 5.6 – Tanque de Equalização

5.2.2.2 Tratamento Secundário

Etapa responsável pela eliminação da matéria orgânica do efluente através de agentes biológicos. A matéria orgânica está contida na fração de sólidos voláteis, mas normalmente é medida de forma indireta pelas demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO). A DBO mede a quantidade de oxigênio necessária para que os microorganismos biodegradem a matéria orgânica. A DQO é a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica. A matéria

orgânica ao ser biodegradada nos corpos receptores causa um decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido (OD) no meio hídrico, deteriorando a qualidade ou inviabilizando a vida aquática.

Pelas análises diárias em vários pontos da etapa do tratamento anaeróbio, é possível visualizar a redução da DQO em cada etapa do processo. No tanque de equalização já ocorre uma pequena redução da matéria orgânica, onde parte desta redução se dá pela hidrólise, onde os compostos dissolvidos são absorvidos nas células das bactérias fermentativas e após a acidogênese excretadas como substâncias orgânicas simples como ácidos graxos voláteis, álcoois, ácidos láctico, compostos gasosos como CO₂, H₂, NH₃, etc. A fermentação acidogênica é realizada por um grupo diversificado de bactérias das quais a maioria é anaeróbia obrigatória e são conhecidas como bactérias acidogênicas. Durante a equalização o meio tende a ficar um pouco ácido por causa da formação dos ácidos graxos, láctico, etc e o pH característico situa-se na faixa de 5,5 a 6,0.

Pela literatura, este processo de utilização do material orgânico pelos microorganismos se chama METABOLISMO, sendo que o consumo do material orgânico para obtenção de energia é denominado CATABOLISMO, enquanto a síntese de material celular a partir do material orgânico é conhecida como ANABOLISMO.

O tanque de equalização tem uma capacidade de aproximadamente 600³ e sua vazão média de alimentação é de aproximadamente 70m³/h isso nos fornece um tempo médio de retenção de 8h a 9h, ou seja, o efluente fica homogeneizando por meio de misturadores, equilibrando o pH, Temperatura, DBO e DQO.

Nesta etapa já se percebe uma redução da DQO e da DBO em torno de 10%, os processos seguintes otimizarão esta redução em até 85%, valores estes obtidos apenas no tratamento anaeróbio.

Digestão Anaeróbia

A digestão anaeróbia é um processo bioquímico complexo, composto por várias reações seqüenciais, cada uma com sua população bacteriana específica. A Figura 5.7 mostra uma representação esquemática dos vários processos que ocorrem na digestão anaeróbia. Para digestão anaeróbia de material orgânico complexo, como proteínas, carboidratos e lipídios (a maior parte da composição do material orgânico em águas residuárias é formada por esses grupos), podem-se distinguir quatro etapas diferentes no processo global da conversão.

Nesta etapa a matéria orgânica, composta principalmente de lipídios, proteínas e carboidratos se apresenta na forma de grandes cadeias carbônicas devendo inicialmente serem quebradas para adquirirem tamanho suficiente para conseguirem ultrapassar a

membrana das bactérias (menor peso molecular). Este processo requer interferência das chamadas exo-enzimas que são excretadas pelas bactérias fermentativas, as proteínas se degradam através de (poli)peptídicas para transformarem em aminoácidos; os carboidratos se transformam em açúcares solúveis e os lipídios são convertidos em ácidos graxos.

Após a equalização do efluente no tanque de equalização, o mesmo segue para a próxima etapa do tratamento que se dará no tanque de neutralização. O tanque de neutralização tem uma capacidade aproximada de 1100m³ e recebe todo o efluente que sai do tanque de equalização. Entre as duas etapas do processo, equalização e neutralização existem um tanque de by-pass, com características de elevatória (Figura 5.8).

Um ponto importante referente ao tanque de equalização é que a saída do efluente equalizado se dá por transbordamento, evitando desta forma que os sólidos passados pelas peneiras rotativas e acumulados no tanque de equalização não passem para os demais. O acúmulo de sedimentos nos tanques anaeróbios dificulta a gestão do efluente em relação à DQO e DBO, alterando consideravelmente estas taxas.

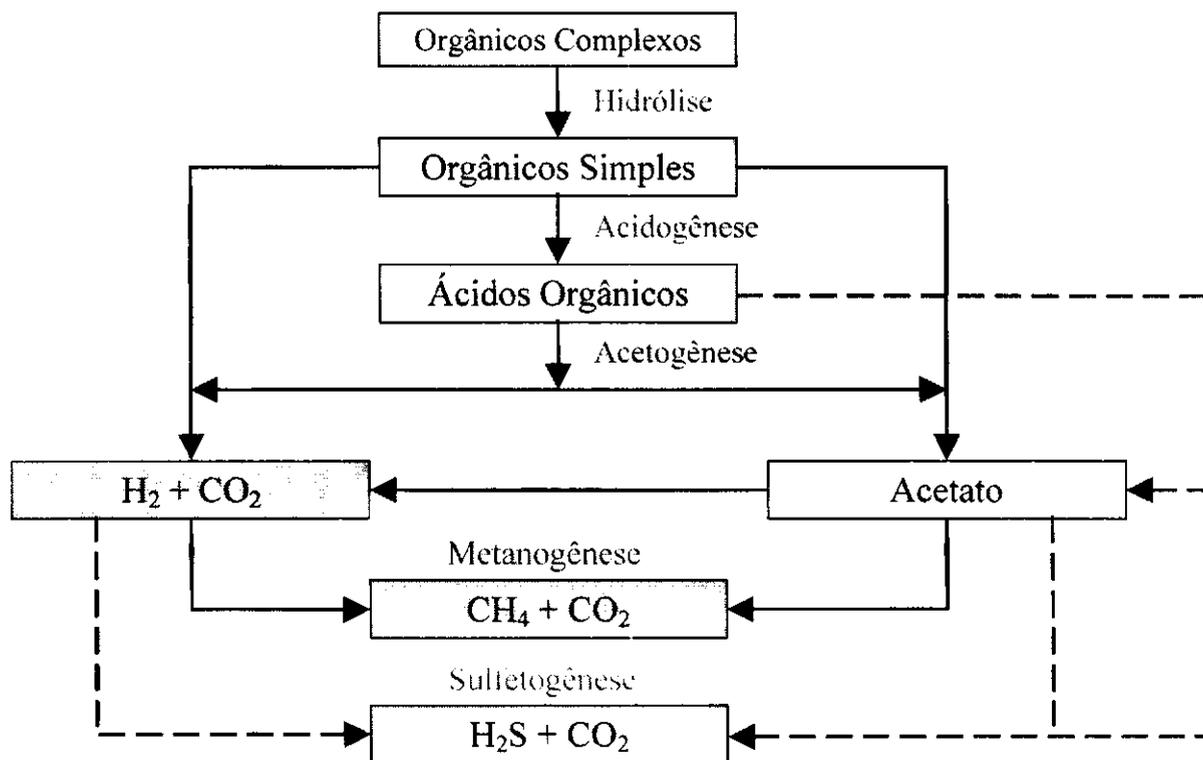


Figura 5.7 – A seqüência de processos na digestão anaeróbia de macro moléculas complexas.

O efluente equalizado que chega ao tanque de neutralização entra no processo de degradação por meio da acetogênese que são responsáveis pela conversão dos produtos da acidogênese em compostos que formam os substratos para produção de metano:

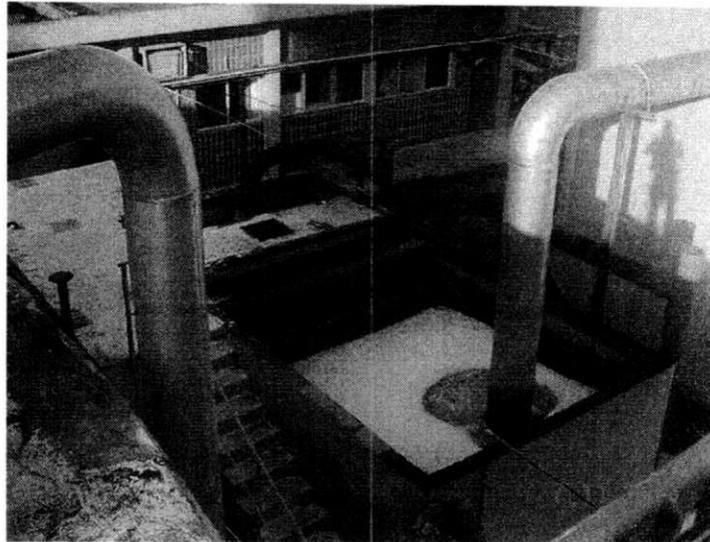


Figura 5.8 – Poço de Sucção ou EE 4

acetado, hidrogênio, CO₂ (catalisar essas substância), nessa etapa essas cadeias quebradas entram para o metabolismo das bactérias, que retiram desta energia para sua sobrevivência e excretam o que nós chamamos de ácidos voláteis.

Foi observado que no tanque de neutralização existe um ponto de dosagem de soda cáustica para fazer a correção do pH do efluente vindo do tanque de equalização que por sua característica tende a acidificar o meio. O efluente deve ser adequando para as características de operacionalidade do biodigestor, todo o parâmetro de alimentação do mesmo deve estar enquadrado da faixa permitida, para que não afetem ao lodo anaeróbio responsável por praticamente 85% da eficiência de remoção de matéria orgânica. Segue abaixo uma tabela com a redução da DQO nas primeiras etapas do tratamento anaeróbio.

Tabela 5.3 – Remoção de DQO nas primeiras etapas do tratamento anaeróbio

	DQO Média de Entrada (mg/L)	DQO Média de Saída (mg/L)	% de remoção de DQO
Tq. Equalização (Acidogênese)	2300	2050	11%
Tq. de Neutralização (Acetogênese)	2050	1850	10%

Foi comprovado no estudo “in loco” o que a literatura referencia que nem durante a hidrólise nem durante o Acidogênese e Acetogênese ocorre uma redução importante da DQO. De fato, somente ocorre a conversão de uma forma de DQO para uma outra forma de DQO. A real eliminação de matéria orgânica ocorre na etapa metanogênica na qual a DQO na forma de metano desaparece dos efluentes. A tabela abaixo mostra a redução de DQO no Reator IC com sua respectiva eficiência de remoção.

Tabela 5.4 – Remoção de DQO nas primeiras etapas do tratamento anaeróbio

	DQO Média de Entrada (mg/L)	DQO Média de Saída (mg/L)	% de remoção de DQO
Reator IC (Metanogênese)	1850	275	85%

A próxima etapa do tratamento, a metanogênica, se dá no reator de circulação interna, conhecido como Reator IC (Figura 9). Esta nova tecnologia foi adotada pela unidade em estudo com a finalidade de melhorar a eficiência no tratamento de efluentes, substituído a tecnologia UASB, com isso, superando as limitações existentes deste sistema.

Como resultado, um novo sistema anaeróbio com altas capacidades de tratamento, o reator de Circulação Interna (IC), compreende dois compartimentos de reatores UASB, um em cima do outro, um com carga alta e o outro com carga baixa. Sua característica especial é a separação de biogás em duas etapas dentro de um reator alto. O gás coletado na primeira etapa aciona um elevador de gás e uma circulação interna, que deu ao reator seu nome.

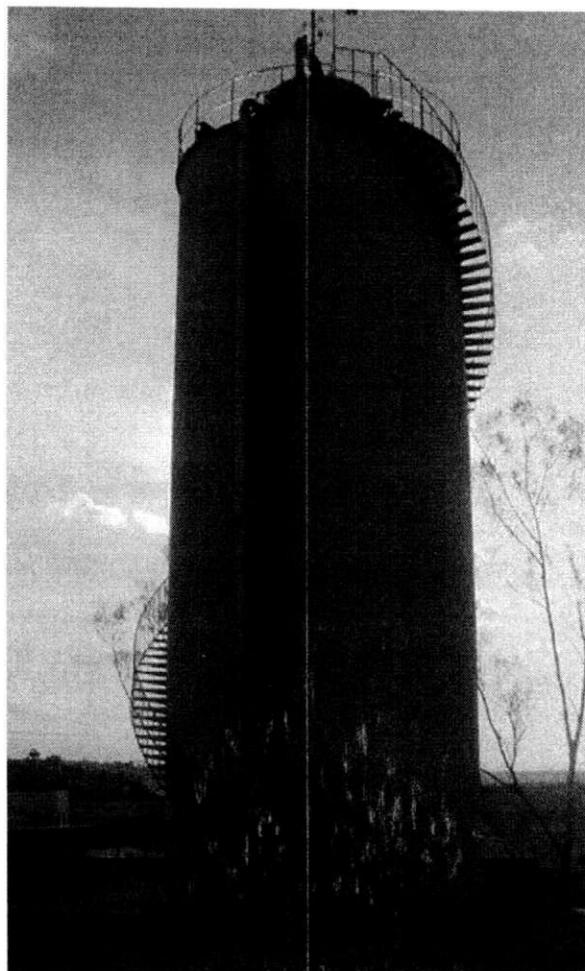
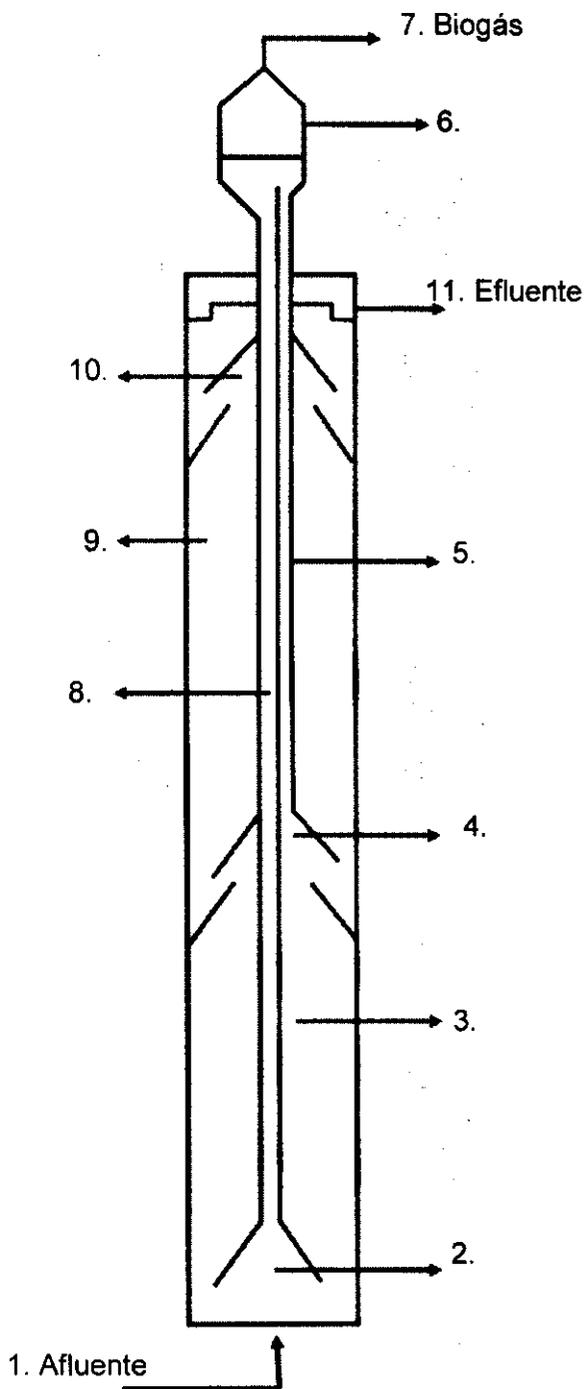


Figura 5.9 - Reator IC da unidade em estudo

O sistema (IC) compreende um reator vertical com uma altura de 16 e uma área de superfície relativamente pequena. A Figura 5.10 mostra um esquema do reator de Circulação Interna (IC) e se refere ao mesmo na seguinte descrição de processo.



O afluente (1) é bombeado dentro do reator via um sistema de distribuição, onde o afluente, lodo reciclado e efluente são bem misturados (2).

O primeiro compartimento do reator contém um leito expandido de lodo granuloso (3), onde a maior parte da DQO é transformada em biogás. O biogás produzido neste compartimento é coletado pelo separador de fase do nível inferior (4), e é usado para gerar um elevador de gás pelo qual água e lodo são levados para cima via o tubo de subida (5) até o separador de gás/liquido no topo do reator (6).

Aqui o biogás é separado da mistura de água/lodo e deixa o sistema (7).

A mistura água/lodo é direcionada no sentido para baixo até o fundo do reator via o tubo concêntrico de descida (8), resultando no fluxo de circulação interna. O efluente do primeiro compartimento é pós-tratado no segundo compartimento, com carga baixa (9), onde a DQO restante e biodegradável é removida.

O biogás produzido no compartimento superior é coletado no separador de topo de 3 etapas (10), enquanto o efluente final deixa o reator via os vertedores de transbordamento (11).

Figura 5.10 - Esquema do Reator

Para compreendermos melhor a funcionalidade do Reator IC, citando DENINI², se faz necessário uma breve explanação sobre suas características especiais que incluem: a seção de mistura, a seção de leito expandido, a seção de polimento, e o sistema de recirculação.

♦ A Seção de Mistura. No fundo do reator, os efluentes entrando são misturados eficientemente com o lodo e o efluente reciclado na circulação interna. Isto resulta numa

diluição direta e condicionamento do afluente. O sistema de distribuição é baseado no princípio do UASB e assegura uma distribuição regular na seção do leito expandido.

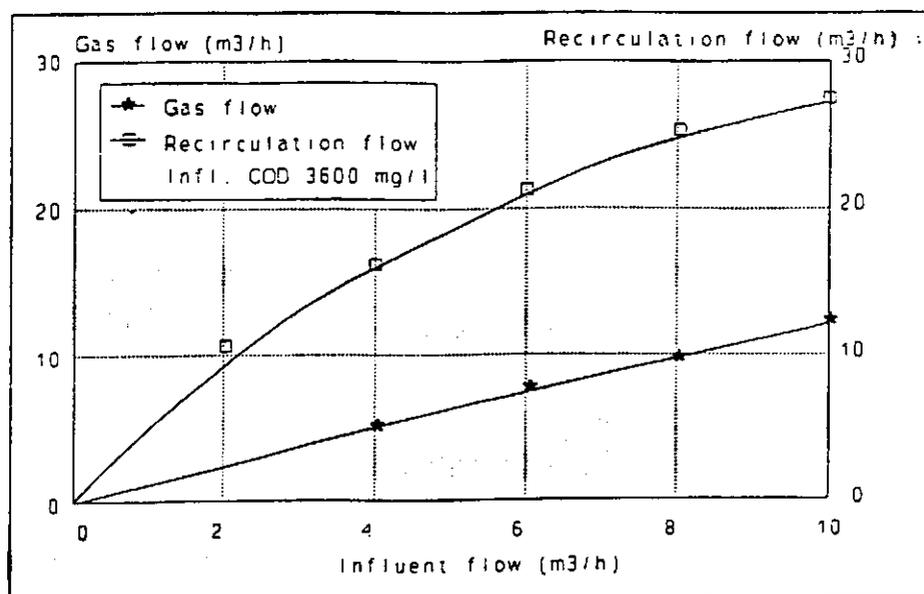
♦ A Seção do Leito Expandido. Esta seção contém um leito expandido de lodo granuloso, altamente concentrado. A expansão/ fluidização do leito é criada pelo elevado fluxo ascendente do afluente, a recirculação e o biogás produzido. O contato eficiente entre os efluentes e a biomassa resulta numa alta atividade do lodo, permitindo altas taxas de conversão de carga orgânica. Testes de comparativos mostraram que os grânulos de lodo dos reatores de Circulação Interna (IC) tem atividades metanogênicas cerca de 2 vezes mais altas que grânulos UASB. A biomassa altamente misturada nesta seção faz com que o reator de Circulação Interna (IC) seja adequado para o tratamento de efluentes concentrados.

♦ A Seção de Polimento. Nesta seção, um pós-tratamento eficiente e retenção de biomassa ocorrem devido a uma taxa de carga de lodo baixa, tempo de retenção hidráulico relativamente longo e um comportamento de "plug flow". Devido à quase total remoção da DQO biodegradável na seção anterior do leito expandido e a coleta de gás pelo primeiro separador, a turbulência produzida pelo biogás na seção de polimento é baixa. Também a velocidade superficial do líquido na seção de polimento é relativamente baixa, sendo que o fluxo reciclado internamente não passa através desta seção do reator. Ambos os fatores propiciam retenção ótima da biomassa, comparáveis com as condições do reator UASB, apesar a taxa de carga global de o reator ser alta. Devido à concentração do lodo neste segundo compartimento do reator ser baixa, há espaço disponível para expansão extra do leito de lodo. Isto evita a perda de lodo durante picos de alta carga orgânica.

♦ O Sistema de Recirculação. A circulação interna é baseada no princípio de elevação de gás, criado pela diferença na retenção (hold-up) de gás entre o tubo de subida e o tubo de descida (nenhuma bomba é necessária). Acionado pelo fluxo de gás do reator, a taxa de recirculação depende da DQO do afluente e, portanto, é auto-regulada: mais alta DQO do afluente = > maior fluxo de gás = > maior circulação = > maior diluição do afluente. O fluxo de recirculação sob estas circunstâncias é aproximadamente 2.5 vezes o fluxo de gás. Alcalinidade é formada no reator durante a transformação da DQO e é recuperada para a neutralização do afluente, com o uso do sistema de recirculação. Isto permite pHs de afluentes mais baixos, resultando em atividades potenciais de lodo mais altas. Além disso, menor quantidade de produtos químicos são necessários para a correção do pH.

² DENINI – Indústria de Base. Manual da Codistil: **Processo de Tratamento Anaeróbio em Reatores de Recirculação Interna (IC)**.

Figura 5.11 - O diagrama da Circulação Interna



FONTE: Manual DENINI - Processo de Tratamento Anaeróbico em Reatores de Recirculação Interna (IC)

O reator de Circulação Interna (IC) pode ser equipado com um sistema extra de circulação de gás. O biogás produzido pode ser injetado com um compressor no fundo do reator, para fornecer turbulência extra na seção do leito expandido. A injeção de gás também melhora a circulação existente interna do efluente/ lodo. Isto permite uma partida rápida do processo e pode ser usada no caso de problemas com toxicidade. A Circulação Interna também fornece a recirculação do lodo do reator. Estima-se que o volume total de lodo é recirculado diversas vezes por dia através do reator.

Como observado, vários são os fatores que influenciam o desempenho da digestão anaeróbia de águas residuárias no Reator IC, com destaque para a temperatura, o pH, a alcalinidade e a presença de nutrientes. Outros fatores, como a capacidade de assimilação de carga tóxica, transferência de massa, sobrecargas hidráulicas e a atividade metanogênica, também desempenham um papel importante no processo. A tabela abaixo mostra como se comporta estes parâmetro no Reator IC em estudo.

Tabela 5.5 – Parâmetros monitorados do tratamento anaeróbio – Reator IC

PROCESSO ANAERÓBIO	Especificação	Mínimo	Média	Máximo
Eficiência da Remoção DQO Reator IC	Valor Min 75,0000	75,86	79,75	84,36
Sólidos Sedimentáveis na Saída do Reator IC	Valor Max 8,0000	0,00	0,86	5,00
pH leito do lodo reator IC	Min 6,5 a Max 7.5	6,60	6,84	7,10
Acidez no Reator IC (Leito de Lodo)	Max 200	32,00	47,04	68,00
Geração de Biogás - Reator IC	Valor Min 0,3000	0,11	0,54	1,12
Ortofosfato Filtrável no Efluente de Saída do Reator-IC	Valor Min 5,0000	10,50	13,00	14,40
Nitrogênio Amoniacal no Efluente na Saída do Reator – IC	Min 5	22,60	22,60	22,60
Relação Capacidade Lodo/Carga Org. Alimentação Reator – IC	Valor Min 1,0000	1,70	1,70	1,70
Relação Cap.Total Lodo Reactores /Carga Org. Efluente Bruto	Valor Min 1,0000	2,20	2,20	2,20
Alcalinidade ao Bicarbonato (mg CaCO ₃ /l) - Reator 1	Valor Min 400,0000	401,20	459,26	580,49
Relação SV/ST do lodo anaeróbio	Valor Min 70,0000	73,70	74,60	75,50
Biodegradabilidade do Efluente Equalizado - 1	Valor Min 70,0000	75,00	77,50	80,00
Vazão de Biogás Reator IC	Máx 80% da Vazão de gás crítica	11,30	63,32	78,63
Atividade metanogênica Reator IC	Mín.: 0,3 Kg DQO/ Kg.ST.d (33 – 35°C)	0,37	0,42	0,50
Temperatura no leito de lodo - Reator IC	Valor Max 39,0000	30,00	34,17	37,00
Versatilidade do lodo - Reator IC	Valor Min 70,0000	71,90	75,40	78,90

Como observamos, os parâmetros monitorados no Reator IC apresentam excelentes resultados. Com relação à geração de biogás, pode ser visto que houveram variações causadas pela recirculação do efluente, o principal motivo é o baixo volume de efluente bruto que chega a estação de tratamento em decorrência da baixa produção e/ou dias de fábrica parada. É percebido que o aumento do recirculo aumentou o tamponamento do sistema e o pH se manteve próximo à faixa de neutralização com valor médio de 6,84. Este recirculo acontece tanto internamente, no reator e externo com o tanque de neutralização, onde o efluente que sai do reator, retorna ao tanque de neutralização, funcionando em circuito fechado.

Com a utilização do recirculo se obtém duas vertentes: uma positiva que é o aumento do tamponamento do sistema, aumentando a alcalinidade, reduzindo a acidez e a dosagem de produtos químicos para correção do pH no tanque de neutralização, e a

negativa são os valores muito baixos da carga orgânica que recircula no sistema, onde boa parte já sofreu redução de DQO anteriormente no próprio reator e um impacto momentâneo na atividade metanogênica por falta de nutriente para o metabolismo das bactérias conseqüentemente havendo a diminuição da formação de biogás.

Como já mencionado, a alcalinidade é a proteção contra um decréscimo no pH. Se o risco de acidificação de um reator for mais alto (por exemplo a um DQO de afluente mais alto), a alcalinidade deverá ser mais alta. Mas, de fato, a alcalinidade final é o resultado dos fenômenos anteriormente mencionados e pode apenas ser aumentada pela adição de uma base (usualmente NaOH – Soda Cáustica). Usualmente a alcalinidade mínima necessária para um determinado efluente, é encontrada empiricamente, isto é durante testes piloto ou na partida. Dentro do leito do lodo propriamente dito, a alcalinidade será mais baixa que no efluente uma vez que a acidez será mais alta e o pH mais baixo. Portanto, para aumentar a alcalinidade no leito de lodo, o efluente anaeróbico é recirculado.

Foi observado no estudo que uma boa prática da unidade em relação ao controle do pH do efluente durante os tratamentos anaeróbios é utilizar o efluente aeróbio - tratamento este que complementa o anaeróbico enquadrando-o dentro das especificações exigidas pelos órgãos ambientais em cumprimento da legislação ambiental em vigor - que apresenta pH acima de 7,0. A alcalinidade em potencial do efluente deverá sempre ser maior que acidez no efluente. Isto irá determinar a quantidade mínima absoluta de agente neutralizador necessário, neste caso é a redução no consumo de soda cáustica.

Da mesma maneira que todos os organismos, as bactérias anaeróbias necessitam de nutrientes para seu crescimento. A necessidade mínima para nitrogênio e fósforo pode ser calculada a partir da taxa de crescimento e a composição das células (10-12% N e 2% P de TS). Quando os nutrientes nos efluentes estão presentes numa forma utilizável para as bactérias, os seguintes relacionamentos podem ser utilizados:

1. Para a digestão de efluentes altamente acidificados (principalmente contendo AOV) com um rendimento de crescimento de 0.05 g TS/g DQO (principalmente bactérias acetogênicas e bactérias metanogênicas):

$$\text{DQO}_{\text{biodegradavel}} : \text{N} : \text{P} = 1000 : 5 : 1$$

A remoção da matéria orgânica é dita completa após o tratamento os gases gerados durante o tratamento anaeróbico, onde mediante as várias rotas metabólicas dos microrganismos presentes, podem gerar diferentes gases, dependendo do substratos que é submetido ao tratamento.

Os principais gases (em termos de porcentagem na composição do biogás) gerados nesses reatores são: metano (CH_4), gás carbônico (CO_2), gás amoníaco (NH_3), gás sulfídrico (H_2S), hidrogênio (H_2) e nitrogênio (N_2).

Foi observado que o tratamento dos gases gerados é composto de duas etapas: a primeira acontece nos lavadores (Figura 5.12), que tem a função de remover os particulados e gases. Na segunda etapa ocorre a oxidação térmica que é a limpeza de um efluente gasoso por combustão, ou seja, incineração pelo método de chama indireta. Neste processo é utilizando um queimador tipo flare, que é na sua forma mais simples um tubo vertical aberto (Figura 6) com chama piloto mantida acesa em sua extremidade. Sua principal característica é a capacidade de lidar com grandes variações na vazão de gás.



Figura 5.12 – Lavadores de gases



Figura 5.13 - Flare

Digestão Aeróbia

A digestão aeróbia é um pós-tratamento do tratamento anaeróbio para adequação do efluente a ser lançado no corpo receptor. O tratamento aeróbio se dá em lagoas em série (Figura 5.14) onde se é possível obter um efluente com uma boa qualidade, diferente dos processos que utilizam apenas uma lagoa.

O complexo de lagoas em série utilizado na unidade em estudo é composto por duas lagoas com capacidade de 3.500m³ cada. Neste tipo de tratamento o processo necessita de oxigênio e a profundidade das lagoas varia entre 2,5 a 4,0 metros. O efluente que sai do sistema anaeróbio segue para a primeira lagoa onde é aerado por meio de 4 aeradores, que servem para garantir oxigênio no meio e manter os sólidos em suspensão e dispersos no meio líquido. A qualidade do efluente proveniente da lagoa aerada não é adequada para lançamento direto pelo fato de conter elevados teores de sólidos.

Por esta razão, o efluente segue para a segunda lagoa, onde a sedimentação e estabilização (transformação da matéria orgânica em gás carbônico e metano) destes sólidos possam ocorrer.



Figura 5.14 – Lagoas de Aeração

A eliminação de matéria orgânica nas lagoas de aeração, não apresenta uma eficiência como a que acontece no sistema anaeróbio com o uso do Reator IC, porém, a dificuldade percebida durante o estudo é que a primeira lagoa apresenta profundidade elevada deixando-a com características de lagoas facultativas. O sistema de aeração não consegue oxigenar o efluente abaixo de 2m de profundidade em relação à superfície, abaixo desta profundidade já temos um meio anaeróbio.

A tabela abaixo mostra a redução de DQO nas lagoas de aeração com sua respectiva eficiência de remoção.

Tabela 5.6 – Remoção de DQO nas lagoas aeróbias

	DQO Média de Entrada 1ª Lagoa (mg/L)	DQO Média de Saída 2ª Lagoa (mg/L)	% de remoção de DQO
Lagoas Aeróbias (lagoas em série)	275	118	57 %

O sistema de lagoas de aeração não apresenta uma eficiência como a vista no sistema anaeróbio por causa de suas limitações, a tabela abaixo mostra os parâmetros monitorados pela unidade.

Tabela 5.7 – Parâmetros monitorados no tratamento aeróbio – Lagoas de Aeração

PROCESSO AERÓBIO	Especificação	Mínimo	Média	Máximo
Eficiência de Rem. DQO Entrada 1a. Lagoa (<500mg/L)	Mínimo 60%	18,18	32,04	56,91
Eficiência de Rem. DBO Entrada 1a. Lagoa(300mg/L-500mg/L)	Mínimo 80%	86,00	89,06	93,75
pH na entrada da Lagoa	5,0 - 9,0	7,20	7,59	8,10
Oxigênio Dissolvido - Sistema lagoa	Valor Min 1,0000	2,50	3,07	4,00

Tabela 5.8 – Parâmetros monitorados no Lançamento dos Efluentes

LANÇAMENTO DE EFLUENTES	Especificação	Mínimo	Média	Máximo
pH - Lançamento do Efluente	5,0 - 9,0	7,68	7,95	8,20
Temperatura - Lançamento do Efluente	max. 40 ° C	26,00	27,92	30,10
Sólidos Sedimentáveis	max. 1,0 mL/L	0,00	0,27	0,60
Óleos Minerais	max. 20 mg/L	0,00	0,25	1,00
DBO	max. 60 mg/L	12,50	21,00	35,00
Fósforo Total	max. 1,0 mg/L	0,68	0,79	0,86
Nitrogênio Total	max. 10,0 mg/L	6,10	7,86	8,10

DQO ?

Os processos biológicos aeróbios como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios tem-se mostrado muito deficientes na remoção de coliformes fecais, para minimizar esta proliferação, a unidade realiza um tratamento terciário que é a desinfecção do efluente final, por meio de dosagem de hipoclorito de sódio com vazão de dosagem de acordo com a vazão do efluente a ser lançado, com isso obteve-se uma redução de colônias de bactérias coliformes (fecais e totais) e clorofila, atendendo assim à legislação ambiental em vigor.

5.3. ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DOS PARÂMETROS DE CONTROLE

A Figura 5.15 demonstra a evolução da eficiência do Reator IC durante os anos de 2005 e 2006, onde percebemos que apenas em dois meses o reator IC apresentou uma queda em sua eficiência comparada com o ano anterior, sendo mais brusca no mês de janeiro de 2006. A causa desta queda foi em decorrência do aumento da toxicidade do efluente bruto em virtude do aumento de produção entre os meses de outubro/05 até a primeira quinzena de janeiro/06 em função do aumento da produção e também o aumento da assepsia nas áreas, para receber a auditoria corporativa. O impacto foi sentido na

estação de tratamento resultando na baixa eficiência provocada pela inibição do lodo anaeróbia aos componentes químicos presente no meio.

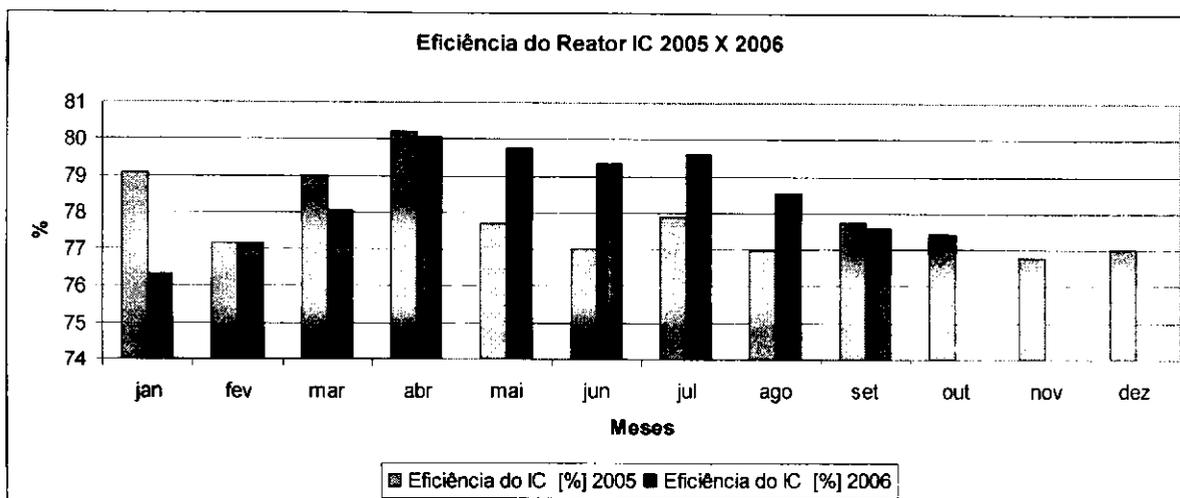


Figura 5.15 – Eficiência do Reator IC entre os anos de 2005 e 2006

No gráfico da Figura 5.16 mostra que entre os meses de janeiro/06 a abril/06 a eficiência da ETEI diminuiu em relação ao ano de 2005, como explicado anteriormente o fator predominante nesta queda foi a baixa eficiência do Reator IC durante estes meses, em decorrência dos choques de cargas tóxicas sofridas no final de 2005. Passado este período de recuperação, houve a recuperação da massa de lodo aumentando o seu metabolismo e consequentemente aumentando a sua massa, melhorando assim a capacidade de tratamento.

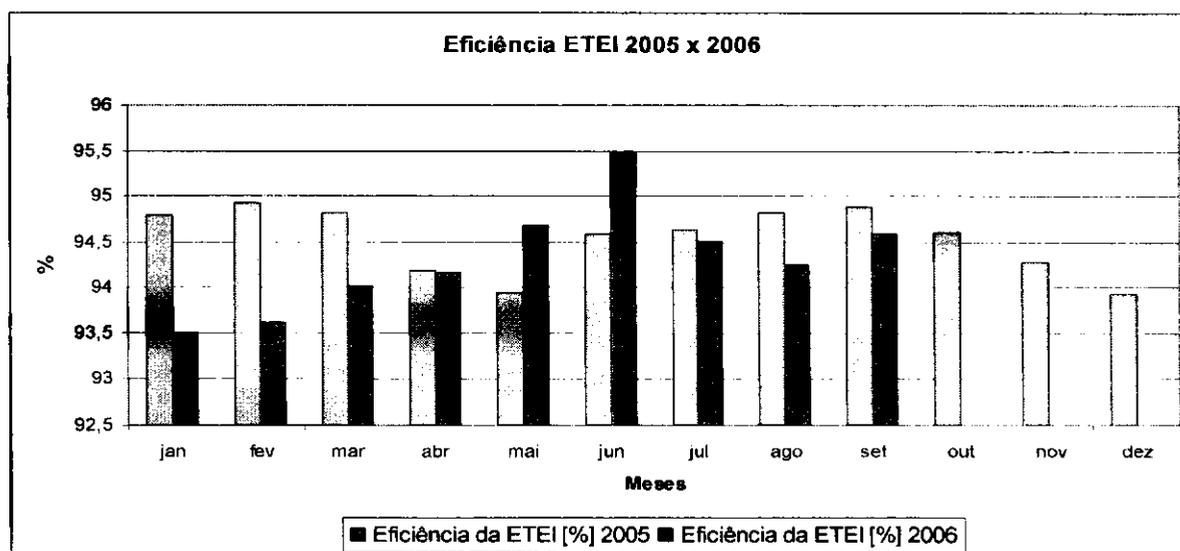


Figura 5.16 – Eficiência do Reator IC entre os anos de 2005 e 2006

O gráfico da Figura 5.17 mostra a evolução da geração de efluente bruto em relação a produção líquida da fábrica ao longo dos meses. O gráfico mostra que ao longo do ano de 2006 houve uma redução de efluente bruto e virtude de um controle maior em relação ao consumo de água. Esta relação foi intensificada a partir do mês de maio/06 onde a índice de geração de efluentes (Figura 5.18) que é calculado em relação à produção líquida reduziu consideravelmente. Um dos fatores que contribuíram para esta redução foi o conserto das torres de resfriamento e recuperação de água do packaging.

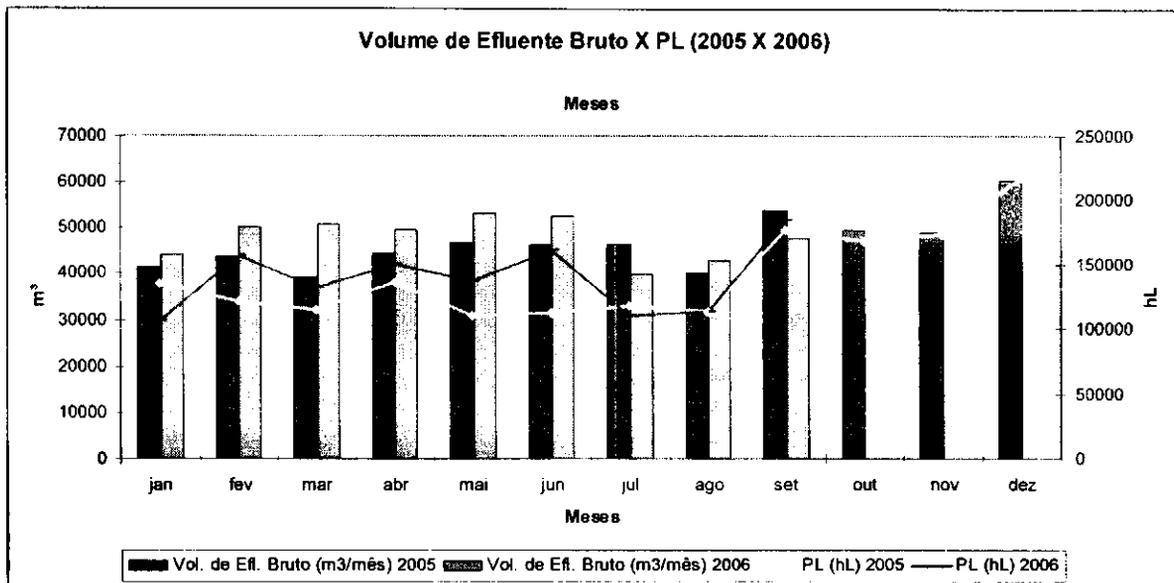


Figura 5.17 – Volume de Efluente Bruto X PL (2005 x 2006)

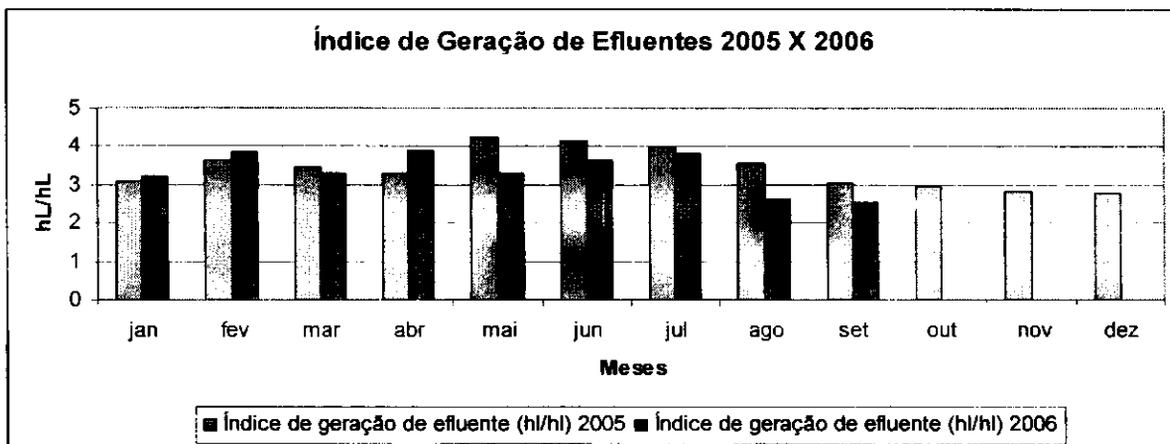


Figura 5.18 – Índice de geração de efluentes 2005 x 2006

6. CONCLUSÕES

Com base nos dados analisados ficou evidenciada a importância do tratamento da água e dos efluentes gerados em uma empresa de grande porte do ramo de bebidas. O monitoramento contínuo por parte da empresa e o compromisso com a produção limpa, torna-a modelo em gestão ambiental. O trabalho em prol da redução dos impactos gerados durante os processos produtivos é reconhecido em âmbito nacional por ser uma empresa que apresenta uma política ambiental consistente e séria.

O maior problema ambiental de uma indústria desse ramo são os efluentes industriais, já que a cada litro de produto produzido são gerados aproximadamente quatro litros de efluentes. O aumento do efluente bruto tem como causa fundamental o desperdício de água no processo, e suas conseqüência na estação de tratamento vão do grande volume a ser tratado até o aumento no consumo de produtos químicos para correção do pH, em virtude da baixa recirculação do efluente responsável pelo tamponamento no Reator IC.

Um fator preponderante de uma estação de tratamento de efluentes, a exemplo da ETEI em estudo, é a constituição de diversas etapas, na forma de tanques anaeróbios, onde cada qual desempenhando isoladamente uma ou mais funções específicas são integrados entre si, formando um sistema de tratamento eficiente com o objetivo comum que é a remoção da matéria orgânica gerada no processo.

A disposição destes tanques como já relatadas durante todo o estudo, é fundamental para que se obtenha um alto desempenho no tratamento, onde tanques seqüenciados, fechados para criar um meio anaeróbio promovem reações em seu interior com separações físicas, reações químicas ou transformações biológicas dos constituintes em outros constituintes que se desejam remover. No final do ciclo o objetivo é obter um efluente final contendo concentrações menores que as concentrações do seu afluente, onde este resultado será evidenciado através do grau de remoção ou em função do desempenho ou eficiência da estação onde são comparadas as concentrações presentes no afluente e no efluente final.

Foi possível observar que o sistema de lagoas de aeração não apresenta uma eficiência como à vista no sistema anaeróbio por causa de suas limitações, porém, o que deve ser observado é que se trata de um pós-tratamento que deve haver no final de todo o ciclo de tratamento realizado na ETEI. De acordo com os parâmetros mostrados no estudo, a unidade mantém um controle rigoroso do seu tratamento e também no que diz respeito ao lançamento do efluente tratado no corpo receptor, todos os parâmetros exigidos pelo órgão ambiental local estão enquadrados dentro das especificações, atendendo também as especificações do Órgão Federal CONAMA 357/2005.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001: Sistema de Gestão Ambiental. São Paulo, 1996.
2. SILVA, Salomão Anselmo; MARA, David Duncan. Tratamentos biológicos de águas residuárias – Lagoas de estabilização. Rio de Janeiro: ABES, 1979. 139 p.
3. CAMPOS, José Roberto; Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro, PROSAB, 1999. 435 p.
4. BRAILE, Pedro Marcio; CAVALCANTI, José Eduardo W. A. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB, 1993. 764 p.
5. REINOLD, Matthias Rembert. Manual prático de cervejaria. São Paulo: ADEN Editora e Comunicações Ltda, 1997.
6. ROTEIRO GASTRONÔMICO DE PORTUGAL. CERVEJA. Disponível em <<http://www.gastronomias.com/bar-bebidas/cerveja.htm>>. Acesso em 25 de julho de 2006 .
7. SCARAMAL, Elaine Trannin de Mello. Minimização de resíduos em indústria cervejeira do sul do Paraná. 2002. 176 f. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Tecnologia Química) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2002.
8. GIORDANO, Gandhi. Tratamento e controle de efluentes industriais. UERJ, 81p.
9. ROTEIRO GASTRONÔMICO DE PORTUGAL. CERVEJA. Disponível em <<http://www.gastronomias.com/bar-bebidas/cerveja.htm>>. Acesso em 02 de agosto de 2006 .

ANEXO A

SUBSTÂNCIAS ATIVAS DOS AGENTES DE LIMPEZA

As substâncias ativas dos agentes de limpeza e desinfecção mais utilizados em uma cervejaria serão apresentadas em seguida. Elas estão separadas pelas etapas do processo de produção.

A Sala do Cozimento pode ser divida em quatro áreas: Tinhas / Filtro-Prensa / Cozinhador de Mosto; Whirpool; Separadores (centrífugas, decanters) e Trocadores de calor.

Nas Tinhas / Filtro-Prensa / Cozinhador de Mosto as substâncias ativas dos agentes de limpeza são:

- Hidróxido de potássio/sódio;
- Silicatos;
- Cloro Ativo;
- Ácido fosfórico;
- Ácido nítrico.

No Whirpool encontramos:

- Vide Tinhas/Filtro-Prensa/Cozinhador de Mosto;
- Polifosfatos.

Nos Separadores (centrífugas, decanters) as substâncias ativas são:

- Hidróxidos de potássio/sódio;
- Polifosfatos.

E nos Trocadores de calor as substâncias ativas estão listadas abaixo:

- Hidróxido de potássio/sódio;
- Ácido fosfórico;
- Ácido nítrico;
- Polifosfatos;
- Cloro ativo, quartenários de amônia;
- Aldeídos;
- Umectantes anfóteros. (REINOLD 1997, pg. 164)

Já na etapa da Fermentação e Maturação encontramos nos tanques as seguintes substâncias ativas provindas dos agentes de limpeza:

- Hidróxido de potássio/sódio;
- Cloro ativo;
- Ácido fosfórico;
- Ácido nítrico;
- Ácidos carbônicos halogenados;
- Umectantes não-iônicos;
- Umectantes anfóteros;
- Quaternários de amônia;
- Formaldeído;
- Peróxido de hidrogênio;
- Ácido peracético;
- Iodo;
- Iodóforos. (REINOLD 1997, pg. 165)

Na Filtração a assepsia ocorre no filtro e nos tanques de pressão. No filtro encontramos as seguintes substâncias:

- Hidróxido de Sódio;
- Cloro ativo;
- Fosfatos;
- Silicatos;
- Umectantes não-iônicos.

E nos Tanques de Pressão a única substância ativa presente é a vide da fermentação/maturação. (REINOLD 1997, pg. 165)

No envasamento (packaging) as substâncias ativas estão também presentes e se dividem por áreas: limpeza das garrafas, enchedora e limpeza dos barris.

Na limpeza das garrafas encontramos:

- Hidróxido de Sódio;
- Umectante não-iônico;
- Umectante aniônico;
- Umectante catiônico;
- Polifosfatos;
- Ácido polifosfórico;
- Cloro ativo.

Na enchedora as substâncias encontradas são:

- Hidróxido de Sódio;
- Umectante não-iônico;
- Cloro ativo;
- Ácido fosfórico;
- Quaternários de amônia;
- Umectante anfótero;
- Aldeídos;
- Ácidos carbônicos halogenados;
- Iodóforos.

E na limpeza dos barris as substâncias ativas presentes decorrentes do processo de assepsia são:

- Hidróxido de Sódio;
- Umectante aniônico;
- Ácido sulfúrico;
- Ácido fosfórico;
- Cloro ativo;
- Peróxido de hidrogênio;
- Ácido peracético. (REINOLD 1997, pg. 166)

Nas demais áreas, como nas mangueiras e equipamentos, nas paredes e no teto e nos sanitários também são encontradas substâncias ativas dos agentes de limpeza e desinfecção.

Nas mangueiras e equipamentos encontramos:

- Hidróxido de Sódio;
- Cloro ativo;
- Ácido fosfórico;
- Umectante não-iônico;
- Aldeídos;
- Quaternários de amônia;
- Umectante anfótero;
- Ácidos carbônicos halogenados.

Já nas paredes e no teto se repetem três substâncias presentes nas mangueiras e equipamentos, são eles:

- Hidróxido de Sódio;

- Cloro ativo;
- Quaternários de amônia.

Por fim, nos sanitários estão presentes:

- Umectante não-iônico;
- Umectante anfótero;
- Quaternários de amônia;
- Iodóforos;
- Naftóis;
- Ligações fenólicas;
- Paradiclorobenzol. (REINOLD 1997, pg. 167)

ANEXO B

FLUXOGRAMA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

