



II-388 - REÚSO DA ÁGUA APÓS O TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UMA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES

Carlos Alexandre Lutterbeck⁽¹⁾

Biólogo pela UNIVATES. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – UNISC.

Ênio Leandro Machado

Químico Industrial. Doutor em Engenharia. Professor do Departamento de Química e Física – UNISC.

Mariéli Milanesi Ceolin

Farmacêutica – UNISC. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – UNISC.

Luciano Roni Silva Lara

Químico Industrial – UNISC. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – UNISC

Daniela Mueller

Aluna do curso de Engenharia Ambiental – UNISC.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Independência, 2293. Bairro Universitário. Santa Cruz do Sul - RS - CEP: 96815-900 - Brasil - Tel: (51) 3717-7545 - e-mail: galaxpacde@yahoo.com.br

RESUMO

A demanda cada vez maior de água em condições adequadas de atender as necessidades primordiais dos seres humanos contrasta com um quadro crescente de escassez deste insumo natural em várias regiões do nosso planeta. Responsáveis diretos por grande parte deste consumo, as indústrias tendem cada vez mais a aumentar o consumo de recursos hídricos atenderem as suas demandas de mercado. Dentro deste contexto inserem-se as indústrias de refrigerantes, as quais por terem a água como sua principal matéria-prima consomem uma quantidade elevada deste recurso natural, gerando conseqüentemente, grandes volumes de efluentes líquidos.

Desta forma, o presente estudo objetiva realizar um levantamento do consumo de água em uma indústria de refrigerantes localizada no Vale do Taquari – RS, bem como determinar as quantidades e as características do efluente gerado e realizar ensaios de tratamento deste efluente visando o seu reuso na empresa. Além disso, foram realizadas proposições para reduzir o consumo de água e a geração de efluentes.

Os estudos realizados nesta indústria indicaram um consumo diário de até um milhão de litros por dia e a geração média de 240m³ diários de efluente. Os ensaios de tratamento mostraram que o processo de troca iônica mostrou-se mais eficiente na redução da condutividade do efluente, conferindo ao efluente um perfil que lhe atribui uma alta potencialidade de reuso em caldeiras e torres de resfriamento.

PALAVRAS-CHAVE: Indústrias de Refrigerantes, Geração de Efluentes, Reuso.

INTRODUÇÃO

Os setores público e privado são responsáveis pela geração e controle de efluentes que afetam diretamente o meio ambiente. A água é insumo de vital importância na indústria de alimentos, pois além de ser imprescindível em diversas etapas do processo, é responsável por diversas características de sabor e cor do produto final. A indústria de refrigerantes demanda uma grande quantidade de água, sendo utilizada em diversas etapas de seu processo e gerando um grande volume de efluentes. A necessidade da implementação de processos de tratamento adequados, visando o seu reaproveitamento ou a sua correta disposição no meio ambiente é extremamente importante, pois contribui para um maior desenvolvimento sustentável.

Uma das maiores problemáticas enfrentadas pelo setor de refrigerantes é a grande geração de efluentes com diferentes características físico-químicas e microbiológicas. As empresas deste ramo necessitam de processos de tratamento adequados destes efluentes, que atendam a legislação vigente e permitam o seu lançamento em corpos hídricos. Em geral, a composição destes efluentes é fortemente influenciada pelas características do produto fabricado, xarope, aditivos eventualmente acrescentados e eficiência dos processos de limpeza de equipamentos. Os efluentes líquidos das indústrias de refrigerantes são ricos em carboidratos, que são facilmente biodegradáveis e tem, relativamente baixo teor de sólidos suspensos. As águas residuais geradas durante a fabricação dos refrigerantes são originadas principalmente nos processos de envasamento final do produto e na limpeza e higienização de tanques, bombas e outras linhas da produção.



A proposta do presente trabalho consiste no estudo, reconhecimento e avaliação da geração efluente e seu processo de tratamento em uma indústria de refrigerante, bem como melhorias na eficiência do mesmo. Uma segunda etapa foi estudo de alternativas para o reuso deste efluente na própria empresa.

MATERIAIS E MÉTODOS

Através de uma visita técnica foi feito o reconhecimento dos processos que envolvem a produção de refrigerantes, bem como tratamento dos efluentes gerados em uma indústria localizada no Vale do Taquari/RS. Posteriormente realizou-se a coleta de amostras para um estudo de análise e avaliação da implementação de processos de reuso deste efluente na indústria. Para isso, foram consideradas as características do efluente, condições de tratamento disponíveis na indústria, bem como viabilidade de novas alternativas.

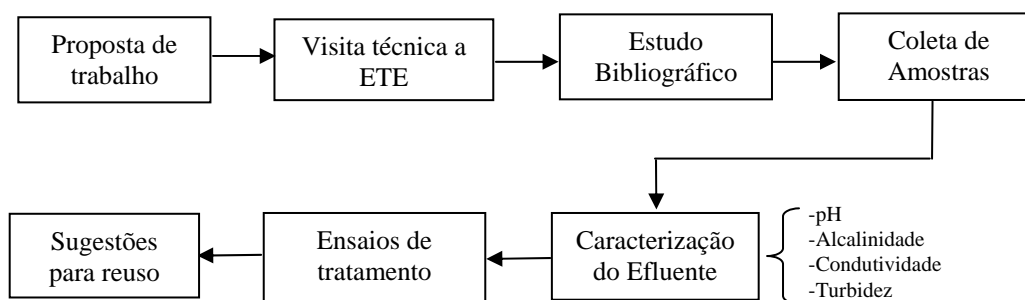


Figura 1 – Fluxograma das atividades desenvolvidas durante o estudo.

A definição da metodologia analítica neste estudo foi realizada com base em dados de caracterização do efluente fornecidos pelo laboratório de controle de qualidade da empresa. Os experimentos foram realizados utilizando vários aparelhos para a análise dos dados conforme as metodologias descritas a seguir:

CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

De acordo com o escopo do presente trabalho, o efluente coletado na estação de tratamento de efluentes da empresa em questão foi caracterizado com base em dados fornecidos pelo laboratório de controle de qualidade da indústria e em análises realizadas nos laboratórios da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. As análises realizadas nos laboratórios da UNISC incluíram a determinação do pH, da turbidez, da condutividade, da alcalinidade e a presença de coliformes termotolerantes.

A medição da condutividade ocorreu através de um condutivímetro Marte MB-1[®]. A turbidez e o pH foram determinados através de um turbidímetro Alfakit[®] e do pHmetro PHTEK PHS-3B[®], respectivamente. Para a determinação da alcalinidade, foram adicionados 100 mL da amostra de água a ser analisada a um erlenmeyer de 250 mL e em seguida adicionadas 3 gotas de fenolftaleína. Observou-se se houve uma mudança na coloração da amostra para vermelho ou rosa. Posteriormente, a amostra foi titulada com uma solução de 0,02 mol de H₂SO₄ até ser observado o seu descoramento, e o valor gasto de ácido foi anotado como f.f. Foram adicionadas 3 gotas de indicador misto e prosseguiu-se a titulação com H₂SO₄ até que a amostra mudasse a sua coloração, de azul para rosa. O valor gasto de ácido nesta etapa foi anotado como i.m. O cálculo foi realizado, seguindo literatura especializada.

Para a determinação da presença de coliformes termotolerantes, as amostras foram encaminhadas diretamente a Central Analítica da Universidade de Santa Cruz do Sul.

ENSAIOS DE TRATAMENTO

Após a caracterização do efluente foram realizados ensaios de tratamento utilizando os processos de ozonização, radiação ultravioleta e ozonização.



Para a realização do processo de ozonização, foi utilizado um aparelho ozonizador Radast 2C, (figura 2) regulado com capacidade máxima de produção de ozônio 3000V de tensão. O experimento partiu de 5 L de efluente, permanecendo durante uma hora no reator. Ao término da reação o efluente tratado foi coletado e encaminhado para análise.



Figura 2: Sistema de ozonização.

Os ensaios utilizando a radiação ultravioleta foram realizados partindo de 5L de amostra do efluente, a uma vazão de 454 mL/s, sendo que este volume foi escoado para um reator contendo lâmpada de UV de 254 nm. Uma primeira alíquota retirada diretamente na indústria na calha Parshall (final da ETE). A segunda alíquota foi retirada ao final do tratamento com UV. As duas alíquotas foram encaminhadas para análise de coliformes termotolerantes na Central Analítica da Universidade de Santa Cruz do Sul e os seus resultados foram comparados.



Figura 3: Sistema de desinfecção por UV

O sistema de troca iônica foi montado com duas colunas, a primeira à base de resina catiônica e a segunda com resina aniônica, conforme ilustrado na figura 4. Neste ensaio foram utilizados 200g de resina Permution® em cada coluna e uma bomba peristáltica Milan® sendo que a vazão utilizada nesta etapa foi de aproximadamente 50mL por minuto.

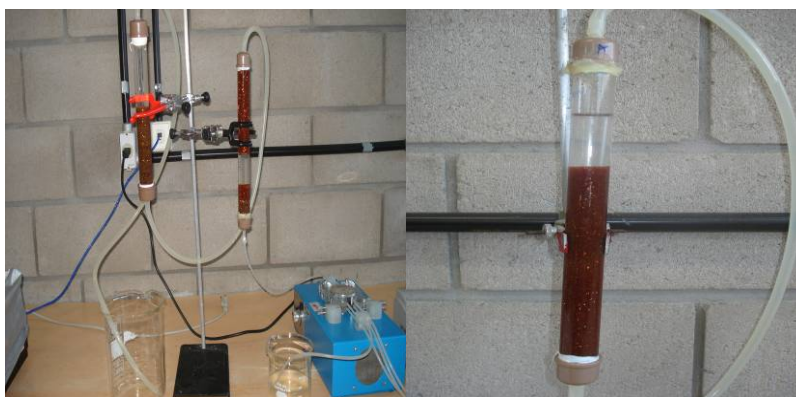


Figura 4: Sistema com coluna de troca iônica.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste trabalho, destaca-se principalmente o compromisso na busca de alternativas para redução do consumo de água e consequentemente a geração de efluentes líquidos, evitando assim o seu desperdício e prejuízos no faturamento da empresa. Dependendo da finalidade do processo com a maior variedade de sistemas de purificação de água disponível, a qualidade da água captada deixou de ser uma questão estratégica, sendo que os efluentes líquidos podem resultar em uma água de boa qualidade e possuírem em baixo custo de tratamento.

Após a visita técnica na empresa, pode-se verificar que há um grande consumo diário de água na produção, chegando a um milhão de litros diários. Este grande consumo pode ser atribuído à utilização para formulação dos produtos, produção de água mineral, limpeza dos equipamentos, limpeza das instalações da fábrica e nas torres de resfriamento. Algumas medidas importantes estão sendo tomadas como: extração de água em poços artesianos e estudos para reuso da água, gerando assim novas alternativas para redução no consumo. Também estão sendo construídos sistemas de captação de água da chuva. Neste caso as novas instalações já estão projetadas com cisternas internas de captação.

Conforme definido nos objetivos do presente estudo, primeiramente fez-se um reconhecimento do processo produtivo, onde pode-se verificar que a água da empresa apresenta três diferentes fontes: poços artesianos, água da chuva e CORSAN..

TIPOS DE ÁGUA UTILIZADOS NA EMPRESA

Toda a água utilizada na indústria divide-se em cinco classes:

1 Água Mineral: esta água é captada de um dos poços artesianos da empresa, e conforme a legislação vigente passa apenas por um processo simples de captação e de remoção de impurezas, ocorrendo posteriormente o seu envase para comercialização como água mineral.

2 Água Industrial: esta água também é captada de um dos poços da empresa passando por tratamento padrão de potabilidade envolvendo cloração, para posteriormente ser utilizada em torneiras, na lavagem de garrafas e na limpeza em geral.

3 Água de processo: água utilizada na fabricação dos refrigerantes, porém passa por um tratamento mais rigoroso, com ozônio e ultravioleta. Este processo envolve a passagem pelo reator de ozônio e UV, e logo após é retirada e passa por um processo de filtração e desaeração, evitando alterações por oxidação através do oxigênio dissolvido na água. Também é obtida de um dos poços artesianos, e passa por um tratamento especial, muito maior do que os exigidos pelos padrões de potabilidade, que apenas exige a ausência de coliformes termotolerantes.

4 Água da Chuva: água que é captada em coletores dentro das instalações da empresa sendo ideal para uso em torres de resfriamento de caldeiras, pois possui baixa quantidade de sais dissolvidos e uma menor dureza. Esta água recebe apenas um tratamento com cloro.

5 Água de reuso da fábrica: água para fins menos nobres como limpeza, torres de resfriamento, sofrendo apenas processo de decantação, pois ela já é clorada. Provêm da limpeza simples das novas garrafas PET necessitando apenas de um simples enxágüe para envase, sendo esta praticamente limpa. É considerada a segunda melhor água para utilização em torres de resfriamento, pois possui alta concentração de sais dissolvidos, podendo gerar mais incrustação.

TIPOS DE EFLUENTES GERADOS NA EMPRESA

O efluente mais concentrado e de maior volume é proveniente do processo de lavagem das garrafas e garrafões, onde se utiliza uma solução de soda cáustica (NaOH 2,5%). Este efluente cai nas calhas coletoras, sendo então enviado para Estação de Tratamento de Efluentes. O processo de lavagem dos garrafões ocorre a $\pm 60^\circ\text{C}$ sendo que este processo é constituído de 5 etapas: pré-enxágüe, lavagem com soda e mais 3 enxágües para retirada da soda. Na higienização das garrafas de vidro o processo é mais agressivo alcançando uma



temperatura de $\pm 80^\circ\text{C}$, permitindo um nível de descontaminação maior. Verificou-se que a quantidade gasta para lavar uma garrafa de vidro (600 mL) é 1L e que para a lavagem de um garrafão de 5 L gasta-se 2L.

Outro efluente gerado é originado no processo de limpeza dos reatores onde é realizada a preparação do xarope composto, constituído por ingredientes como aromas e açúcares concentrados dando origem a um efluente com alta concentração de matéria orgânica. Este xarope passa por processos de clarificação com carvão ativado, terras de diatomáceas e resfriamento térmico (processo de pasteurização, por ± 30 min) a uma temperatura de 85°C , ocorrendo eliminação de impurezas.

A água da fossa dos vestiários dos funcionários gera outro tipo de efluente que também vai para a Estação de Tratamento de Efluentes (resíduos sanitários), onde é tratado juntamente com os demais. É de grande importância no processo de equalização do pH dos demais efluentes armazenados no tanque pulmão, tendo em sua composição nitrogênio amoniacal. Diferentemente dos outros que não possuem nitrogênio apenas carboidratos, é o único fornecedor de nitrogênio para os tanques de lodo ativado.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA EMPRESA (ETE)

Os processos de tratamento dos efluentes empregados na empresa englobam o tratamento preliminar, um sistema de equalização e um tratamento secundário, com sistema de lodo ativado e um decantador secundário, conforme ilustrado na figura 6. O efluente é recebido na estação de tratamento através de caixas coletoras, passando por um tratamento preliminar (sistema de gradeamento) para retirada de partículas suspensas. Todo o efluente passa por um sistema de equalização sendo armazenado em um tanque pulmão para correção do pH que deve estar entre 6 a 9, sendo que em alguns casos é necessária a adição de ácidos ou bases. Após a equalização do pH o efluente passa pelo processo secundário envolvendo um tratamento aeróbico de lodo ativado, sendo utilizados dois aeradores. Este efluente previamente tratado é lançado no rio, dentro das normas estabelecidas. A ETE funciona durante os sete dias da semana, pois a empresa está credenciada para tratar somente $240\text{ m}^3/\text{dia}$, sendo necessário mais dois dias de operação para tratar o excedente gerado durante os cinco dias que a fábrica opera.

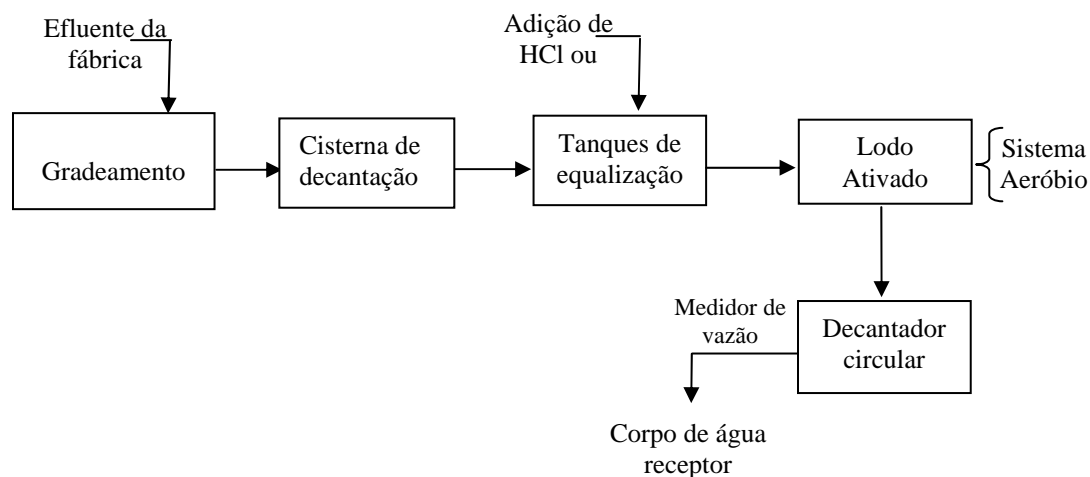


Figura 6: Fluxograma do sistema de tratamento de efluente

Tabela 1: Perfil do efluente tratado em diferentes períodos.

pH	Temp. (°C)	DQO (mg O ₂ /L)	Sól. Susp. (mg/L)	Sól. Sed. (ml/L)	NTK (mg/L N)	P total (mg/L P)	DBO ₅ 20°C (mg O ₂ /L)
8,00	31	174,00	127,0	ND	7,00	1,08	50,00
8,07	32	49,20	10,5	<0,1	0,28	0,29	11,00
7,54	32	123,00	46,0	<0,1	3,78	0,82	40,00

Fonte: Laboratório de controle de qualidade Fruki.

O perfil do efluente lançado no corpo receptor no momento da coleta das amostras analisadas conforme tabela 1 apresenta um pH médio de 7,87 estando de acordo com as normas definidas pela legislação, que permite lançamentos com pH 6-9. Considerando a média da vazão de lançamento é de $240\text{ m}^3/\text{dia}$, este efluente pode



ser lançado com uma DBO_5 de até 100 mg O_2/L e DQO de 300 mg O_2/L . Portanto, a concentração de nitrogênio (mg/L N) e fósforo (mg/L P) também está de acordo com os índices permitidos pela legislação. O índice de coliformes termotolerantes obtido, conforme laudo de análise apresentado pela Central Analítica da UNISC, também está dentro do índice permissível conforme as normas da legislação. Assim, o perfil do efluente lançado pela empresa apresenta os índices adequados, atendendo os parâmetros necessários, legitimando o compromisso com o meio ambiente.

Apesar dos processos de tratamento dos efluentes gerados estarem atendendo a legislação vigente, há um interesse da indústria em realizar um tratamento ainda mais eficiente que possibilite novas alternativas, como o reuso da água tratada na indústria. Alguns parâmetros devem ser considerados para o reuso direto deste efluente tratado. A alta alcalinidade e alta condutividade elétrica, devido a presença de sais e íons como os de Na^+ e OH^- juntamente com a alta concentração de coliformes termotolerantes impedem o respectivo reuso em torres de resfriamento e atividades menos nobres.

ENSAIOS DE TRATAMENTO VISANDO O REÚSO DA ÁGUA

Uma das principais necessidades da empresa é redução do consumo de água utilizada na torre de resfriamento e caldeiras, pois há uma evaporação de $\pm 500L/h$. É importante salientar que esta água necessita ter características adequadas para funcionamento correto da torre, evitando incrustações devido à alta concentração de sais e sendo necessário um tratamento terciário. Para isso, foi realizado um estudo visando à redução destes sais, utilizando colunas de troca iônica. Tendo em vista a possibilidade de reutilizar esta água para fins de limpeza menos nobres, também realizou-se o estudo desinfecção. A tabela 2 apresenta os dados encontrados a partir dos experimentos realizados em diferentes condições no laboratório do curso de Engenharia Ambiental da UNISC.

Tabela 2: Resultados dos ensaios de tratamento.

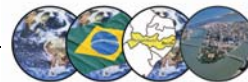
Parâmetros	Bruto	Tratado		
		UV	TI	UV/TI
pH (25°C)	8,23	8,23	7,77	8,07
Condutividade ($\mu S/cm$)	1626	1389	2,29	352,1
Turbidez (NTU)	19,39	17,23	11,69	9,69
Coliformes Termotolerantes (100 mL)	11000	<20	-	-

Ao observar a tabela 2 pode-se verificar que todos os parâmetros estudados sofreram alterações após a realização dos experimentos. Houve uma pequena redução do pH inicial em relação ao efluente bruto, quando este foi comparado com o tratado por UV/TI e somente TI. Quando utilizado apenas o tratamento com UV não houve modificação. Comparando os resultados obtidos para a condutividade nos tratamentos conforme a tabela 2, observa-se que houve uma redução significativa de 1626 $\mu S/cm$ para 2,29 $\mu S/cm$ quando o processo envolveu troca iônica. Este processo também foi eficiente na alteração da turbidez chegando a uma redução de 40%. Quando associado a UV, a troca iônica obteve uma redução de aproximadamente 50% da turbidez. O processo de desinfecção utilizando UV mostrou-se muito eficiente, indicando que esta água tem um grande potencial para uso em limpezas. Salienta-se que este processo pode ser melhorado para eliminação total de coliformes, submetendo o efluente por um período de exposição maior na coluna de UV.

A ozonização é uma técnica bem aplicada para desinfecção, mas apresenta um custo maior que a utilização de UV. Desta forma foram desconsiderados os resultados apresentados neste estudo. Ainda assim foi importante a realização deste experimento, pois verificou-se que alcalinidade deste efluente deve-se a íons do tipo HCO_3^- .

ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAR O CONSUMO DE ÁGUA E A GERAÇÃO DE EFLUENTES

Em geral as indústrias de refrigerante gastam em média 2 L de água para produzir 1 L de refrigerante. A empresa estudada adota algumas medidas que já reduziram este índice consideravelmente em aproximadamente 24%. Para uma maior redução deste índice, o efluente tratado após os processos de troca iônica e UV poderia ser utilizado em descargas sanitárias, limpeza de banheiros e lavagem de pisos. Em relação as melhorias na qualidade do efluente tratado, poderiam ser construídos tanques de armazenamento



dos efluentes para sua retenção por um período maior. Estes tanques possibilitariam uma maior degradação da matéria orgânica diminuindo os valores de pH, evitando assim o uso excessivo de corretivos que podem além de gerar gastos a empresa causar impactos negativos ao meio ambiente.

CONCLUSÕES

Os experimentos realizados permitiram avaliar a potencialidade de reutilização deste efluente para limpeza e/ou torres resfriamento. Para isso, foram levados em consideração a viabilidade, os baixos custos, a eficiência do processo, os benefícios ao meio ambiente e os espaços físicos disponíveis na unidade. Considera-se que a utilização de UV foi decisiva na alta eficiência da remoção de coliformes totais. O sistema de troca iônica apresentou alto desempenho para redução da condutividade elétrica, conferindo ao efluente um perfil que lhe atribui uma alta potencialidade de reuso em caldeiras e torres de resfriamento.

É importante salientar que ainda não existe uma legislação que permita o reuso de efluentes industriais. São necessários alguns estudos como avaliação de impactos ambientais de processos industriais mais detalhados, realizando uma análise com maior periodicidade que permitam a obtenção de dados que possam ter uma representatividade junto aos impactos ambientais. Uma das alternativas disponíveis para realização dos cálculos dos índices de impacto ambiental é a utilização da ferramenta SAAP (Sistema da Avaliação Ambiental de Processos).

Cabe ainda ressaltar que torna-se necessário um estudo de viabilidade econômica na empresa para montagem de um sistema de troca iônica em escala industrial, objetivando o tratamento deste efluente e o seu possível reuso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AQUINO NETO, Francisco Radler de; SOUZA NUNES, Denise da Silva e. Cromatografia: Princípios Básicos e Técnicas Afins. Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 2003, pg 57-64.
2. AVEIRO, Ana V. D. Resposta técnica. Serviço brasileiro de respostas técnicas. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 2007.
3. CHERNICHARO, C. A. L., Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Reatores Anaeróbios. v. 5, Belo Horizonte: DESA/UFGM.
4. CIENFUEGOS, Freddy; VAITSMAN, Delmo. Análise Instrumental. Ed. Interciência Rio de Janeiro, 2000 pg. 554-569.
5. RESOLUÇÃO CONSEMA Nº 128/2006 – Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no estado do Rio Grande do Sul.
6. RESOLUÇÃO CONSEMA Nº 129/2006 – Dispõe sobre a definição de critérios e Padrões de Emissão para Toxicidade de Efluentes Líquidos lançados em águas superficiais do estado do Rio Grande do Sul.
7. SANTOS, Luciano M. M., Avaliação Ambiental de Processos Industriais, editora ETFOP, Ouro Preto, 2002.
8. SANTOS, Mateus Sales dos.; Ribeiro, Flávio de Miranda, Cervejas e refrigerantes São Paulo: CETESB, 58-p, 2005.
9. TAJRA ADAD, Jesus Miguel; Controle químico de qualidade; Universidade Federal de Minas Gerais; Ed. Guanabara dois S.A.; RJ, 1982; p26-27.