



APERFEIÇOAMENTO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTE EM INDÚSTRIA DE BALAS COM A MODIFICAÇÃO DO LODO EM REATOR ANAERÓBIO

Alcindo Neckel – Geógrafo, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, alcindoneckel@upf.br
Universidade de Passo Fundo

Alexsandro Luiz Julio – Biólogo, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, alexsandrojulio@yahoo.com.br
Universidade de Passo Fundo

Vanessa Rita dos Santos – Química, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, vanessars7@yahoo.com.br
Universidade de Passo Fundo

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo procurar solucionar a deficiência de uma indústria de bala no tratamento de seu efluente com a substituição do lodo do reator anaeróbio para sua melhor sustentabilidade. Trata-se de um estudo de caso, onde propõe-se duas alternativas com lodos de características distintas para que o pH e a concentração de DQO do efluente que sai do reator tenha características que facilitem o restante do processo. Após as análises podemos concluir que o lodo 1, foi o que apresentou melhor rendimento para solucionar o problema.

Palavras-chave: Efluentes, Reator anaeróbio, Balas.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido junto a uma indústria alimentícia do setor de balas, localizada no estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de melhorar a qualidade do processo de tratamento dos efluentes industriais por ela gerados, procurado atender as normas ambientais vigentes naquele estado.

Assim, foi desenvolvido o estudo de caso de uma alteração do lodo de um reator anaeróbio da estação de tratamento desta indústria de balas, a qual, não apresenta bom funcionamento, e está dificultando o tratamento para que seja cumprindo o que determina a legislação ambiental, quanto aos parâmetros de DQO e pH, conforme a norma técnica SSMA n° 01/89, buscando assim sanar este problema.

Os reatores anaeróbios é uma tecnologia consagrada no Brasil, para o tratamento de efluentes da agroindústria de natureza carboidratada, mas para efluentes de natureza

protéica ou complexa, em certos casos, eles têm sido considerados como de difícil adequação (KOETZ et. al, 1995).

Segundo Israilides *et al* (2001), efluente é a água que sobra de vários processos industriais ou mesmo de uso doméstico, sempre carregada de substâncias orgânicas ou inorgânicas.

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; esgotos sanitários dos funcionários (Giordano, 2004).

Os resíduos líquidos coletados devem retornar ao corpo receptor ou para o solo. A questão complexa de quais contaminantes devem ser removidos para proteger o ambiente, e em que extensão, deve ser respondida especificamente para cada caso. A resposta para esta questão requer análises das condições locais e necessidades, junto com a aplicação de conhecimentos científicos, julgamento técnico baseado em experiências passadas e considerações sobre as regulamentações (COSSICH, 2006).

O tratamento sistemático de efluentes líquidos aconteceu no final do século 19 e início do século 20. O desenvolvimento da teoria do germe por Koch e Pasteur, na última metade do século 19 marcou o começo de uma nova era no saneamento. Antes disso, a relação entre poluição e doenças era pouco entendida (COSSICH, 2006).

No Brasil e em vários países, a legislação ambiental regula o descarte de efluentes sobre corpos d'água limitando a carga poluidora lançada de acordo com o tipo de uso estabelecido para a água do corpo receptor (classe da água) (TEIXEIRA, 2008).

Esta situação mudou, no início gradualmente, e mais recentemente de forma mais acelerada com o advento da industrialização. Como resultado de uma grande variedade de processos industriais, efluentes industriais muito diversificados, requerendo processos de tratamento mais complexos, têm surgido (COSSICH, 2006).

Em resumo, para o tratamento tanto de efluentes domésticos como de industriais, novas tecnologias, novos processos, além de modificações de processos antigos estão em discussão, em função da qualidade da água desejada, e de padrões estabelecidos por regulamentação federal, estadual ou regional (COSSICH, 2006).

A legislação ambiental é muito complexa, mesmo aquela somente aplicada à indústria. Como estamos estudando o tratamento dos efluentes industriais necessitamos conhecer os padrões de lançamento dos efluentes. No Estado do Rio Grande do Sul as concentrações de DBO e DQO variam inversamente com a carga orgânica. Sendo assim quanto maiores às cargas orgânicas menores são as concentrações permitidas para lançamento (GIORDANO, 2004).

A indústria que permitiu o estudo possui uma vazão na ordem de 80 m³ dia, sendo um dado relevante para este estudo e operação da estação. Os valores finais de concentração da DQO e do pH, conforme a norma técnica 01/89 da SSMA, estão apresentados no Quadro 1 e no Quadro 2.

Quadro 1 - Limites para concentração de DQO, em unidades poluidoras já existentes.

Vazão (m ³ /dia)		DBO (20 °C) (mg/l)	DQO (mg/l)	SS (mg/l)	
	Q <	20	≤ 200	≤ 450	≤ 200
20	≤ Q <	200	≤ 150	≤ 450	≤ 150
200	≤ Q <	1.000	≤ 120	≤ 360	≤ 120

1.000	$\leq Q <$	2.000	≤ 80	≤ 240	≤ 80
2.000	$\leq Q <$	10.000	≤ 60	≤ 200	≤ 70
10.000	$\leq Q$		≤ 40	≤ 160	≤ 50

Fonte: SSMA, Norma Técnica n° 01/89

Quadro 02 - Parâmetros gerais para que um efluente possa ser lançado em um corpo receptor.

6.1.1.1	Temperatura	$<40\text{ }^{\circ}\text{C}$
6.1.1.2	Cor	Não deve conferir mudança de coloração acentuada ao corpo receptor, no ponto de lançamento
6.1.1.3	Odor	Livre de odor desagradável
6.1.1.4	Espumas	Ausentes
6.1.1.5	Materiais flutuantes	Ausentes
6.1.1.6	Sólidos Sedimentáveis	$\leq 1,0\text{ ml/l}$ em teste de 1 (uma) hora em "Cone Imhoff"
6.1.1.7	pH	Entre 6,0 e 8,5
6.1.1.8	Dureza	$\leq 200\text{ mg/l CaCO}_3$
6.1.1.9	Óleos e Graxas: Vegetal ou Animal	$\leq 30\text{ mg/l}$
	Óleos e Graxas: Mineral	$\leq 10\text{ mg/l}$
6.1.1.10	Coliformes Fecais	$\leq 300\text{ NMP/100 ml}$

Fonte: SSMA, Norma Técnica n° 01/89.

2. Metodologia

Inicialmente, coletaram-se amostras do efluente do reator a ser estudado e estas foram encaminhadas a laboratório para que fossem realizadas análises que mensurassem os valores das variáveis objetivos do estudo (pH e DQO).

Após a análise preliminar verificou-se que a amostra apresentava valores que dificultavam um posterior tratamento nas demais fases do sistema. Assim, se propôs a análise usando diferentes tipos de lodos de estações de tratamento de efluentes industriais da indústria alimentícia. Foram usados lodos de uma indústria vinícola do tipo floculado (2) e lodo de uma indústria de processamento de soja do tipo granulado (1).

Os lodos a serem testados foram colocados juntamente com o efluente em um sistema de DQO de refluxo fechado, para que fossem digeridos, sendo realizadas duas repetições para cada fator. Foi usado um volume de cinco mililitros, diluído vinte vezes. Após o processo de digestão, foi analisado com a ajuda de um espectrofotômetro o valor da das absorvâncias, e determinados os valores de DQO através do cálculo da curva, conforme se apresenta a fórmula abaixo:

$$C_{DQO} = (3213,2 \times Abs_{med} - 26,901) \times (V_{dil}/V_{am})$$

Para o cálculo do pH do efluente e dos lodos, foi utilizado um peagamêtro digital, sendo mensurado o valor do pH do efluente e dos lodos a serem testados antes e depois da digestão da DQO, sendo igualmente executadas repetições.

Como meio de tentar solucionar a acidez do efluente, procedeu-se em ambas as amostras de lodo uma correção do pH, tornando-os levemente alcalinos, tendo seus valores apresentados nos resultados da pesquisa.

Após o levantamento destes dados, os mesmos foram lançados no programa computacional estatístico Minitab, no qual foram analisados os mesmos, com uma análise de variância, para que fosse apontada gráfica e estatisticamente qual a melhor opção: a permanência da atual microbiota, a substituição por um dos sistemas estudados, ou a busca por novos lodos que venham a satisfazer o problema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados abaixo citados foram obtidos pela metodologia acima descrita, e analisados individualmente e em interação simultânea entre os dois fatores pesquisados.

As mensurações derivadas permitiu uma comparação do valor do pH inicial com o pH final, e dos Lodos 1 e Lodo 2, conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Valor do pH inicial e pH final do efluente e dos lodos analisados.

Amostra		pH _i	pH _f
Efluente	rep 1	6,0	4,5
	rep 2	6,0	4,7
Lodo 1a	rep 1	5,5	5,6
	rep 2	5,5	6,4
Lodo 2a	rep 1	5,5	6,0
	rep 2	5,5	6,7
Lodo 1b	rep 1	8,0	5,8
	rep 2	8,0	6,0
Lodo 2b	rep 1	8,0	5,6
	rep 2	8,0	5,5

Obs.: a: lodo natural; b: lodo corrigido.

O pH do efluente bruto possuía valor que se enquadrava dentro do que determina a norma SSMA nº 01/89, porém após passar pelo reator anaeróbio, o mesmo apresentava valores de pH baixos, isso vinha a dificultar o restante do tratamento.

Tentando chegar a uma resposta que solucionava este problema, foi proposta a alteração do pH dos lodos, sendo que testou-se ambos com seus valores de pH natural, e os outros com valor corrigido. Podemos observar que para a amostra 1a apresentou uma melhor equalização, apresentando valores finais entre 6,0 e 6,7.

Os valores finais de pH apontados na tabela acima dizem respeito à medida após o tratamento no reator ou após a digestão em laboratório.

Para encontrar os valores de remoção de DQO, foi usada a análise de refluxo fechado. Previamente se determinou o valor da concentração de DQO do efluente bruto. Após, foram colocados os lodos a serem testados e o efluente e realizada a digestão, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de Concentração de DQO analisadas para o efluente com lodo original e lodos testados.

Amostra	C _{DQO i} (mg/l)	C _{DQO f} (mg/l)	E _{DQO} (%)
Efluente	19.490,3	15.592,3	45,8
Lodo 1a	19.490,3	23.111,1	19,7
	19.490,3	22.436,4	22,0
Lodo 2a	19.490,3	9.776,4	66,9
	19.490,3	8.973,1	69,6
Lodo 1b	19.490,3	19.094,6	33,6
	19.490,3	18.094,6	34,4
Lodo 2b	19.490,3	11.318,7	61,7
	19.490,3	10.708,2	63,7

Obs.: a: lodo natural; b: lodo corrigido.

Os valores de concentração de DQO final tiveram a influencia da DQO dos lodos, que contribuem para a elevação desta concentração. Por este motivo deve se feito um ajuste na fórmula para calcular a eficiência percentual da mesma que é $E = [1 - (CDQOf / (CDQOef + CDQO(lodo))) \times 100]$, onde:

E: eficiência;

CDQOf: concentração final de DQO;

CDQOef: concentração de DQO do efluente;

CDQO (lodo): concentração de DQO do lodo.

Para avaliar se o pH possui influencia no valor final da DQO do efluente analisado para ambos os lodos, foram plotados gráficos de interação para se analisar quanto um tem relação com o outro. Para isso foi usada a análise de variância (ANOVA), com o uso do programa computacional MINITAB, que forneceu as tabelas e os gráficos que são representados na Tabela 3.

Tabela 3 - Tabela de análise de variância (ANOVA): pHf versus tipo de lodo; pH_i.

Análise de variância para pHf					
Fator	DF	SS	MS	F	P
C1	1	0	0	0	1
pHi	1	0,405	0,405	2,85	0,166
C1xpHi	1	0,2112	0,2112	1,49	0,289
Erro	4	0,5675	0,1419		
Total	7	1,1838			
S=0,376663		R-Sq=52,06%		R-Sq (ajustado)=16,10%	

Para a Tabela 3, os valores P da análise de variância demonstram que o tipo de lodo não tem relação com o pH_i (inicial), devido ao valor de significância ficar acima dos 5%. Também existe o fato de o pH ser do efluente em teste, que passou pelo tratamento microbiológico com os lodos testados.

Abaixo é apresentada a tabela 4, com as análises envolvendo os fatores concentração final de DQO (CDQOf) em comparação ao pH_i, analisados logo na Tabela 4.

Tabela 4 - Tabela de análise de variância (ANOVA): C (DQO(f)) mg/l versus tipo de lodo; pH_i.

Análise de variância para C _{DQOf} (mg/l)					
Fator	DF	SS	MS	F	P
C1	1	228291011	228291011	1198,4	0
pHi	1	2317369	2317369	12,17	0,025
C1xpHi	1	14744122	14744122	77,4	0,001
Erro	4	791959	190490		
Total	7	246114462			
S= 436,451		R-Sq= 99,69%			R-Sq (ajustado)=99,46%

Os valores P apresentados pela análise de variância apontam que há uma interação entre o valor do da concentração inicial de DQO (CDQOf) com o tipo de lodo que foi testado, com os valores de pH_i(inicial), os quais estavam próximos ou dentro dos valores determinados pela norma técnica SSMA n° 01/89. Isso vem demonstrar que um bom índice de pH, colabora com um bom consumo de DQO por parte dos microorganismos.

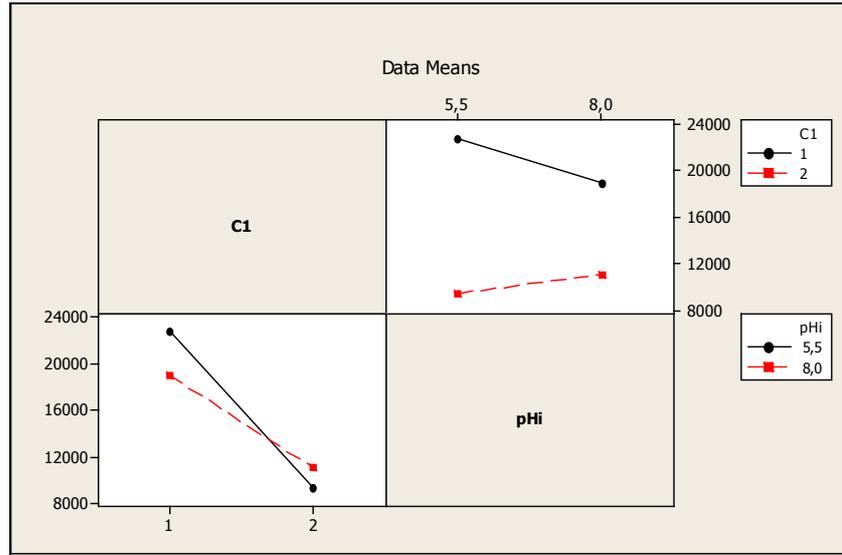
A Tabela 5 mostra a relação entre a eficiência na remoção de DQO - E (DQO)%, tendo como parâmetros o pH_i (inicial) e os tipos de lodo analisados. Analisemos os resultados.

Tabela 5 - Tabela de análise de variância (ANOVA): E (DQO)% versus tipo de lodo; pH_i.

Análise de variância para E _{DQO} %					
Fator	DF	SS	MS	F	P
C1	1	2893	2893	1300,8	0
pHi	1	29,1	29,1	13,8	0,022
C1xpHi	1	175,4	175,4	78,6	0,001
Erro	4	8,9	2,2		
Total	7	3106,4			
S=1,49131		R-Sq=99,71%			R-Sq(ajustado)=99,50%

A análise nos leva a concluir que a eficiência também possui relação com os lodos testados, e o pH_i (inicial), baseado no valor de significância P das ANOVA, apontando que há relação entre estes fatores. O gráfico representado pela Figura 1, vem demonstrar isso de forma mais expressiva.

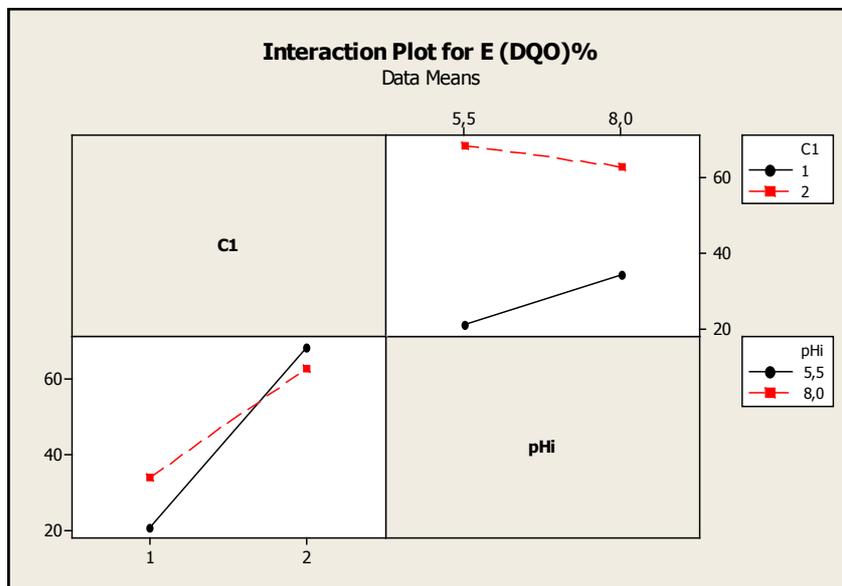
Figura 1 - Interação entre o tipo de lodo, seu pH e CDQOf.



Podemos concluir que para o lodo 2, quanto menor o pH menor a concentração final de DQO, mesmo tendo seu valor de pH baixo, mostrou-se mais eficiente que o lodo original da estação. Para o lodo 2, mesmo com pH alcalina, foi mais eficiente na remoção. Quanto ao lodo 1, o mesmo mostrou-se pouco eficiente para termos uma concentração final de DQO satisfatória.

Para avaliar qual dos lodos apresentou melhor eficiência na remoção de DQO, com os diferentes índices de pH, o gráfico abaixo apontou que:

Figura 2 - Interação entre o tipo de lodo, seu pH e DQO%.



A validação do modelo estatístico empregado se dá pela distribuição normal dos resíduos. Os gráficos das Figuras 3 e Figura 4 mostram que existe este fator que é requisito para a validação deste modelo, sendo apresentados os resíduos da eficiência na remoção de DQO e da concentração final de DQO.

Figura 3 - Gráficos de validação do modelo empregado.

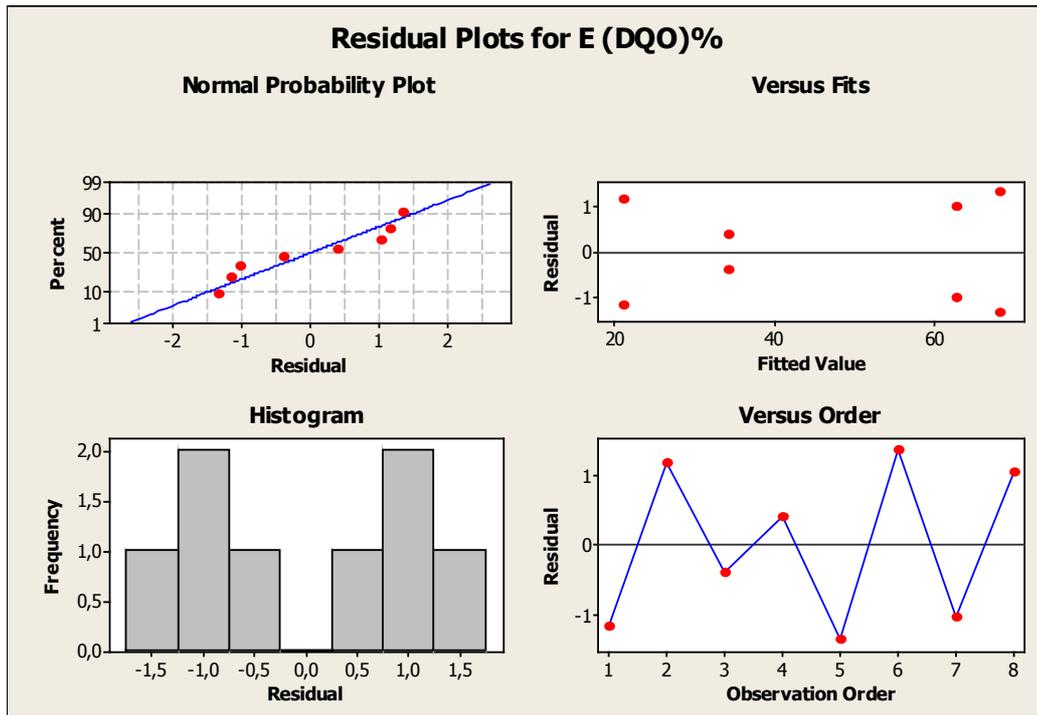
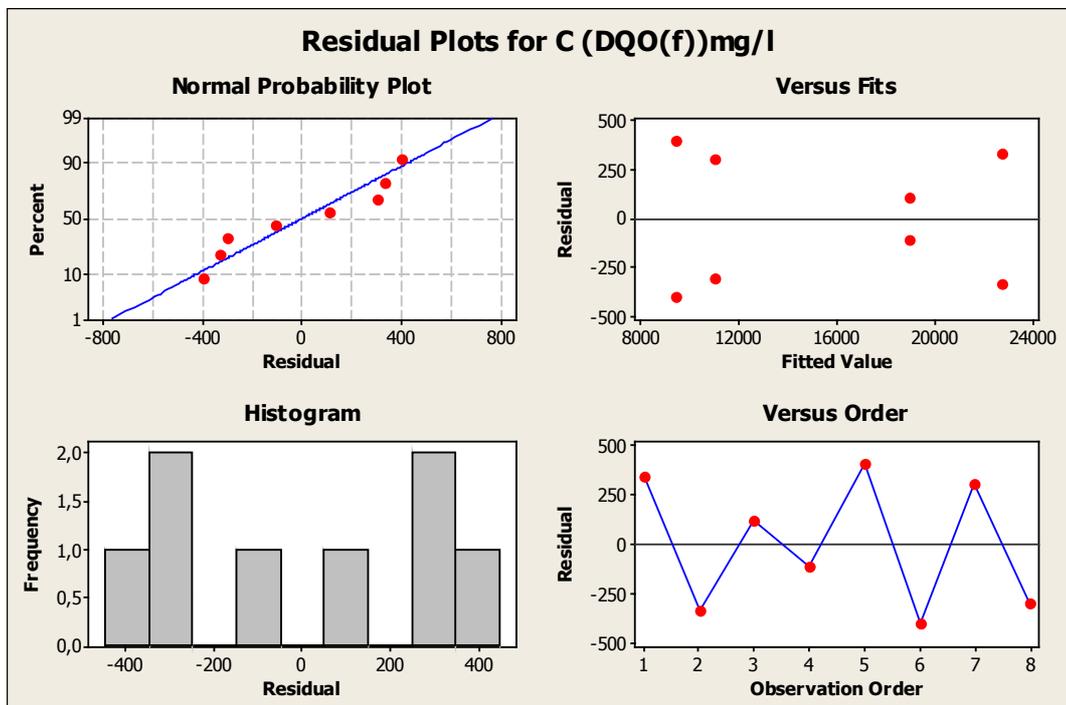


Figura 4 - Gráficos de validação do modelo empregado.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao finalizar este experimento podemos chegar a conclusão que a alteração do lodo do reator anaeróbio estudado deve ser alterado fundamentado nas seguintes observações:



- a) Houve uma melhor remoção na carga de DQO ao final dos testes com a utilização de um lodo alternativo, neste caso o número 2, sem que seu pH seja alterado, assim facilitando o restante do tratamento do efluente;
- b) Para a problemática do valor de pH que vinha sendo apresentada a alteração do lodo também se mostrou eficiente, pois com a nova microbiota que esta incorporada a ele conseguiu sanar este problema e com isso conseguiu-se alcançar parâmetros que cumprem a norma SSMA n° 01/89.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSSICH, Eneida S. **Tratamento de efluentes - Classificação dos Processos de Tratamento**. Maringá-PR, 2006. Disponível em: <www.deq.uem.br/pós-graduação>. Acessado em: 30 de jun. de 2008.

GIORDANO, Gandhi, Tratamento e controle de efluentes industriais. Revista ABES, n° 76. Rio de Janeiro, 2004.

KOETZ, Paulo R., FARIA, Osvaldo, L.V. WOLNEY, A. Tratamento de efluentes homogêneos de curtume por digestão anaeróbia em reatores de fluxo ascendente. Rev. Brás. de AGROCIÊNCIA, v. 1, n°1, Jan.-Abr., 1995.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Estado da Saúde e Meio Ambiente. Porto Alegre, Norma técnica n° 01/89. **D.O.E.** 16 de março de 1989.

TEIXEIRA, Luiz A. C. Tratamento de efluentes industriais. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <www.dcm.puc-rio.br>. Acessado em 01 de jul. de 2008