



AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO POTENCIAL DE REÚSO DE EFLUENTE GERADO EM INDÚSTRIA DE ALIMENTOS DEGRADADO POR VIA FOTOQUÍMICA

*Andréia Eliane Marchini, Verônica Radaelli Machado, Simone Stülp**

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, RS, Brasil

**E-mail: stulp@univates.br*

RESUMO

O reúso de efluente gerado no processo industrial é uma alternativa interessante, principalmente nos dias atuais, em que sérios problemas ambientais são enfrentados diariamente pela população. Essa prática reduz a geração de águas residuárias e gera economia para as empresas. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de reúso de um efluente gerado em um segmento industrial alimentício por meio da utilização de processo fotoquímico, com incidência de radiação UV direta. As amostras do efluente bruto e tratado foram submetidas aos ensaios de pH, condutividade, carbono orgânico total (TOC), espectrofotometria, turbidez, sólidos totais, fixos e voláteis e toxicidade. Com o tratamento fotoquímico houve a completa descoloração do efluente, e uma redução de 92% da quantidade de carbono orgânico total e redução nos níveis de toxicidade aguda, o que indica a eficiência desse processo para a remoção de agentes contaminantes em efluentes industriais. O valor de carbono inorgânico mostrou-se elevado, indicativo de uma concentração elevada de carbonatos e bicarbonatos dissolvidos no efluente. Para classificar este efluente tratado, conforme legislação vigente, necessita-se de um detalhado monitoramento de outros parâmetros. Com os ensaios realizados para este trabalho, pode-se concluir que um efluente gerado na linha de produção pode ser aproveitado pela empresa e, para um futuro não muito longe, direto na linha de produção.

Palavras-chave: Efluente industrial. Reúso. Tratamento fotoquímico.

1 Introdução

O aumento da população e o acelerado crescimento da economia têm gerado, entre outros problemas, um grande volume de águas residuárias contaminadas com efluentes domésticos e industriais, muitas vezes lançados no meio ambiente sem o tratamento adequado, com altas cargas de matéria orgânica e contaminantes, prejudicando a flora e a fauna aquática [1].

O reúso do efluente acaba se tornando uma alternativa muito importante para a redução do uso das águas superficiais e subterrâneas. De acordo com estudos, existem grandes possibilidades do reúso direto planejado (na agricultura, na indústria, uso potável, entre outros), e também como alternativa para diluir os despejos nos corpos d'água receptores [2].

A questão da escassez da água tornou-se um problema ambiental mundial, em muitas regiões o controle do consumo de água potável é uma realidade, principalmente em função dos condicionantes legais sobre a gestão de recursos hídricos. Assim, mesmo com custos iniciais consideráveis de implantação, reutilizar o efluente é uma forma de reciclar a água, trabalhando de maneira sustentável, contribuindo para a redução dos impactos ambientais que as atividades industriais geram [1,3].

A reciclagem da água é o reúso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição [4]. Com esta atividade interna, a empresa também se beneficia economicamente, pois reduz custos com a cobrança para o tratamento da água, refletindo no preço do produto final [5].

Conforme estudos, os fatores que afetam a qualidade da água para reúso incluem: (1) qualidade na fonte geradora; (2) processo de tratamento de água residuária; (3) confiabilidade do processo de recuperação da água; (4) projeto e operação dos sistemas de distribuição [1,3].

Muitos trabalhos têm citado como alternativa para o tratamento do efluente final os processos oxidativos avançados (POAs), podendo citar a aplicação do Ozônio, foto-Fenton, Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2), Radiação UV, entre outros. O objetivo principal dessas técnicas é a descontaminação para posterior reúso de acordo com o estabelecido pela legislação vigente [6-9].

Com base na Constituição de 1988, foi elaborada a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433 de 1997) [10], que define a água como um bem de domínio público, dotado de valor econômico. No seu Capítulo IV trata dos instrumentos definidos para gestão dos recursos hídricos, como a outorga pelo direito de uso da água e a cobrança correspondente. A

primeira regulamentação que tratou de reúso de água no Brasil foi a norma técnica NBR-13.696 [11], de setembro de 1997 [5].

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) publicou em 2005 a Resolução 54, que estabelece os critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água [12].

As legislações federais que incorporam esses conceitos são o CONAMA 357 de 17 de março de 2005 [13], que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e, a Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25 de março de 2004, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade [14].

Depois de ser utilizada, a água é restituída ao seu ambiente natural e não deve comprometer os possíveis usos que podem ser feitos, tanto públicos como privados. A contaminação é uma modificação da qualidade da água, provocada, geralmente, pelo homem, de tal forma a torná-la danosa ao consumo humano, à indústria, à agricultura, à pesca, às atividades recreativas, aos animais domésticos e aos selvagens.

Assim, este trabalho tem como objetivo estudar as possibilidades de tratamento, via processos de fotodegradação, para posterior reúso, de um efluente gerado em uma indústria de alimentos, levando-se em consideração a possível reutilização na linha de produção do processo industrial, ainda que atualmente este procedimento não seja autorizado, este estudo faz-se necessário, pois com o esgotamento e diminuição da disponibilidade hídrica, estas práticas podem ser maximizadas e priorizadas.

2 Parte Experimental

Foram coletadas amostras do efluente final de uma empresa do setor alimentício localizada no município de Lajeado – RS, com licença ambiental para uma vazão de $200\text{m}^3\text{ dia}^{-1}$.

O efluente é originado nos processos de fabricação da indústria, na lavagem dos equipamentos e pisos, no refeitório e banheiros. Os insumos usados na fábrica são muito diversificados em função dos diferentes produtos fabricados. Podem ser citadas algumas das matérias-primas usadas: açúcares, sucos de frutas, óleos essenciais, leite, manteiga ou gorduras comestíveis, amido, geleias, licores, mel, gelatina, lecitina, goma arábica, aromatizantes, corantes, ácidos, entre outros.

Em função da diversidade dos insumos usados, o efluente tende a apresentar caráter ácido, além de muito material orgânico dissolvido, principalmente açúcares e gordura, e cor e aroma em função do tipo de produto que está sendo

fabricado. A Demanda Química de Oxigênio (DQO) do efluente bruto varia em torno de 15.000 a 20.000 mg L^{-1} de O_2 .

Assim, a estação de tratamento de efluentes da empresa é composta por três processos distintos. No primeiro tratamento busca-se a remoção de sólidos mais grosseiros que podem ser arrastados do processo para a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) como restos de plásticos, embalagens, palitos plásticos, entre outros. Posteriormente, o efluente passa para o segundo tratamento em uma caixa de gordura, onde esta deve ser removida. O sistema é adequado à vazão do efluente gerado, pois ele permanece no tanque tempo suficiente para ter a temperatura abrandada, de 40°C para 30°C , em relação à entrada. O sistema não sofre turbulências em função da vazão e nem em função de chuvas, pois possui cobertura. Assim, praticamente toda a gordura consegue ser separada do efluente, flota e pode ser removida do sistema.

Em seguida, o efluente passa ao tanque de acúmulo. No tanque de acúmulo já ocorre um abrandamento de carga e pH, pois o efluente bruto é misturado com uma parte do efluente tratado que, em vez de ser lançado ao corpo hídrico, retorna ao sistema. Dali é recalado para o tanque de recirculação, onde sofre o ajuste do pH periódico com auxílio de um medidor automatizado e um dosador automático de produto químico (hidróxido de sódio), antes do ingresso no sistema biológico.

Na sequência, o efluente com a carga já abrandada e o pH ajustado, vai ao tratamento biológico anaeróbio, tipo UASB. Assim, além dos ajustes anteriores de pH e carga, esta etapa sofre o controle periódico de alcalinidade total e acidez orgânica volátil. A acidez e alcalinidade são parâmetros de extrema importância para a digestão anaeróbia. Os ácidos graxos devem estar em equilíbrio com a alcalinidade do sistema. A inibição do processo anaeróbio por ácidos graxos voláteis está associada ao pH. No sistema anaeróbio é removida em torno de 80% da carga do efluente, porém, este tratamento necessita de uma etapa posterior, pois apresenta dificuldades de produzir um efluente compatível com a maioria dos padrões de lançamento.

No sistema de lodo ativado, como pós-tratamento de efluente do reator anaeróbio, grande parte da matéria orgânica já foi removida. Assim, o crescimento da biomassa é menor (menor disponibilidade de alimentos), ou seja, a produção de lodo no sistema é mais lenta. Por fim, o efluente passa por um decantador e segue para o corpo receptor.

Segundo a licença de operação emitida pelo órgão ambiental do estado (Fepam), a empresa tem permissão de lançar ao meio ambiente uma vazão máxima de $200\text{ m}^3/\text{dia}$ de efluente tratado. Porém, conforme acompanhamento na organização, ela lança uma quantidade em torno de $150\text{ m}^3/\text{dia}$ de efluente, volume menor do que o máximo permitido.

2.1 Tratamento por fotólise direta em Reator de Fluxo Ascendente e outros ensaios

A degradação fotoquímica foi realizada com a adição do efluente bruto (pós-tratado pela empresa) em um Barrilete de 20 L, usando a força da gravidade para a sua passagem por uma tubulação de 2 cm de diâmetro até o Reator de Fluxo Laminar Ascendente, composto por uma célula de vidro, um tubo de quartzo e uma lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão de potência sem o bulbo de vidro externo (Osram HQL 400 W), construída pelo Núcleo de Eletrofotoquímica e Materiais Poliméricos – Nemp/Univates, Figura 1 [15,16].

Durante a realização dos ensaios fotoquímicos, alíquotas do efluente tratado foram coletadas para posterior caracterização por meio do uso de técnicas analíticas como: Carbono Orgânico Total e Carbono Inorgânico TOC/IC (Equipamento – TOC-VCPH da SHIMADZU), Espectrofotometria UV/Vis (Espectrofotômetro UV-Visível Perkin Elmer lambda 25 UV/Vis.), pH (pHmetro 827– METROHM), Condutividade (Condutivímetro 856 – METROHM) e Turbidez (Turbidímetro DM-TU – Digimed).

Concomitantemente, foram realizados ensaios de Toxicidade [17], com avaliações de germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa*), em triplicata e, os ensaios para a Determinação de Sólidos Totais (ST), Sólidos Fixos (SF) e Sólidos Voláteis (SV) – Método Gravimétrico [18].

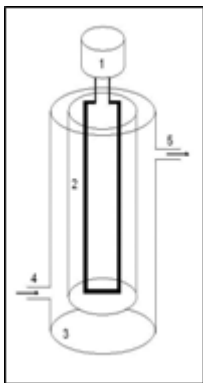


Figura 1. Esquema do reator contínuo: 1 – filamento de lâmpada UV, 2 – tubo de quartzo, 3 – célula, 4 – entrada do efluente e 5 – saída do efluente.

Em função de o pH inicial do efluente final da empresa (Bruto) ser básico, em torno de 8,0, houve a necessidade de seu ajuste para pH = 6,0, com adição de Ácido Clorídrico 0,1 mol L⁻¹, aumentando assim, a eficiência do processo por fotólise direta. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

3 Resultados e discussões

Foi monitorado durante cinco semanas o funcionamento da ETE, as amostras do efluente foram coletadas em datas aleatórias, sempre na primeira hora da manhã, sendo as análises realizadas poucas horas depois, evitando a ocorrência de interferências nos resultados.

O processo de fotólise direta ocorreu mediante a incidência de radiação ultravioleta no efluente bruto para a sua degradação fotoquímica. Observou-se uma eficiente remoção da cor, de um tom de azul claro para incolor. A água pura é virtualmente ausente de cor, a presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão altera a cor da água, dependendo da quantidade e natureza do material presente. A cor é sensível ao pH e a sua remoção é mais fácil a pH baixo [19].

Após a passagem do efluente no Reator, as alíquotas foram separadas para os ensaios posteriores. Na Tabela 1 estão expressos os resultados do efluente tratado e bruto.

Tabela 1. Dados de pH, condutividade, carbono orgânico total e carbono inorgânico do efluente bruto do efluente tratado – submetido à aplicação do processo de fotólise direta em reator contínuo.

Tratamento	pH ±σ	Condutividade ±σ (mS cm ⁻¹)	TOC ±σ (mg L ⁻¹)	IC ±σ (mg L ⁻¹)
Efluente Bruto	8,3±0,1	3,1±0,1	124,9±52,9	641,6±52,6
Efluente Tratado	6,9±0,2	4,2±0,1	8,7±2,9	395,6±14,8

Onde TOC = Carbono Orgânico Total, IC = Carbono Inorgânico.

O tratamento fotoquímico mostrou-se eficiente para a redução de carbono orgânico total, num percentual de 92 %, indicando uma boa degradação da matéria orgânica presente no efluente.

O índice de redução do carbono inorgânico ficou em 38 %, uma redução consideravelmente baixa, quando comparado com o carbono orgânico. Este teor elevado de carbono inorgânico está relacionado com a adição de Óxido de Cálcio no reator anaeróbico, pois para a ocorrência das reações bioquímicas, o pH favorável é alcalino.

Verificou-se que o pH do efluente após o tratamento por fotólise direta encontra-se dentro do permitido pela legislação [20], porém com caráter mais ácido em função da adição de HCl 0,1mol L⁻¹, sendo que o mesmo foi utilizado para aumentar a eficiência do processo oxidativo, extremamente dependente do pH do sistema.

A capacidade da água de conduzir corrente elétrica denomina-se condutividade e, depende da concentração dos íons presentes na solução [21]. Nos testes de condutividade

houve um aumento de 26,25%, demonstrando que a quantidade média de íons presentes no sistema aumenta, devido à quebra de moléculas presentes pela técnica de fotólise direta.

Sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura preestabelecida durante um tempo fixado. As operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis). Para o recurso hídrico, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas [19]. Na Tabela 2, tem-se os resultados dos ensaios de sólidos realizados, bem como de turbidez.

Tabela 2. Dados sólidos totais, fixos, voláteis e turbidez do efluente bruto e tratado – submetido à aplicação do processo de fotólise direta em reator contínuo.

Tratamento	Sólidos Totais $\pm\sigma$ (g L ⁻¹)	Sólidos Fixos $\pm\sigma$ (g L ⁻¹)	Sólidos Voláteis $\pm\sigma$ (g.L ⁻¹)	Turbidez (uT)
Efluente Bruto	3,0 \pm 0,1	2,8 \pm 0,1	0,20 \pm 0,01	35,1
Efluente Tratado	2,3 \pm 0,2	2,2 \pm 0,2	0,12 \pm 0,02	3,7

Comparando os resultados obtidos – Tabela 2, constatou-se um percentual de redução médio de 28 % no teor de sólidos totais, fixos e voláteis após o tratamento fotoquímico.

A Turbidez é um parâmetro associado ao grau de transparência da água. Quanto maior for a quantidade de material em suspensão na água, mais turva ela será. Na análise de turbidez constatou-se uma redução de 89,4 %, de acordo com a Portaria 518 do Ministério da Saúde [14], o valor máximo de turbidez é 5 uT, assim, observa-se uma importante eficiência da radiação fotoquímica na redução deste parâmetro, tendo também impacto direto na coloração do efluente.

Além dos ensaios citados, foi avaliada a Toxicidade do efluente antes e após o tratamento fotoquímico. Testes de toxicidade são ensaios laboratoriais realizados sob condições experimentais específicas e controladas, utilizados para estimar a toxicidade de substâncias, efluentes industriais e amostras ambientais (águas ou sedimentos). Nesses ensaios, organismos-teste são expostos a diferentes concentrações de amostra e os efeitos tóxicos produzidos sobre eles são observados e quantificados [22], [23].

Amostras do efluente bruto e tratado foram submetidas ao ensaio de toxicidade aguda com sementes de alface *Lactuca*

sativa, sem a incidência de luz, por um período de 48 horas. As análises foram realizadas em triplicatas, utilizando água deionizada como controle negativo e o ácido bórico como controle positivo em amostras de fluente bruto e tratado em diferentes diluições [17] apresentadas na Tabela 3.

Comparando-se o efluente bruto e o efluente tratado (e diluições), constatou-se que a medida do crescimento médio foi maior nas placas de Petry com o efluente tratado, em ambas as diluições, com germinação de raízes e caules. Desta forma, o percentual de germinação também foi maior, demonstrando a eficiência da fotodegradação para a remoção de agentes contaminantes em efluentes industriais, neste caso efluente alimentício.

Tabela 3. Dados do ensaio de toxicidade com sementes de alface (*Lactuca sativa*).

Amostras	Média (cm)	Desvio-Padrão (cm)	germinação (%)
Água deionizada	3,5	1,6	100
Ácido bórico	0,0	0,0	0,0
Efluente bruto	0,4	0,1	12,0
Efluente bruto 10%	3,4	0,1	98,0
Efluente bruto 30%	2,9	0,2	83,0
Efluente bruto 50%	2,0	0,3	57,7
Efluente bruto 80%	0,9	0,3	27,6
Efluente tratado	1,4	0,1	61,2
Efluente tratado 10%	3,7	0,6	100,0
Efluente tratado 30%	3,0	0,2	71,0
Efluente tratado 50%	2,4	0,2	56,0
Efluente tratado 80%	1,7	0,1	41,0

Ainda, durante o estudo, alíquotas das amostras foram separadas e submetidas a varreduras de absorvância, com análise espectrofotométrica. A Figura 2 apresenta a varredura de absorvância na faixa do UV/Vis das amostras do efluente bruto e tratado por fotólise direta.

Verificando-se os espectros, pode-se observar que há uma redução de 32,38 % dos valores de absorvância pela aplicação do processo de fotólise, em comprimentos de onda em torno de 630 nm (comprimento característico da coloração do efluente), indicando uma boa eficiência na remoção de coloração do efluente bruto (tom de azul bem claro) para o tratado (incolor).

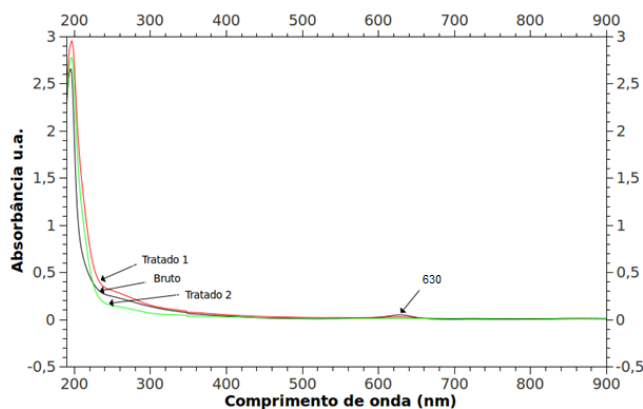


Figura 2. Espectro de absorvância do efluente bruto e após o tratamento por fotólise direta.

4 Conclusões

Neste trabalho, avaliou-se a possibilidade de reúso de um determinado efluente com boas características finais, dentro do estabelecido pela legislação, testando-se o uso de radiação UV diretamente sobre a amostra. O uso desse processo para a remoção de patogenicidade, redução de matéria orgânica, redução de coloração, entre outros parâmetros importantes para o descarte e/ou reúso de efluente industrial, mostra-se como uma alternativa eficiente e com uma grande vantagem de não gerar passivos ambientais (resíduos pós-tratamento).

Com base no exposto e nos resultados obtidos, conclui-se que o tratamento de fotodegradação mostrou-se eficiente na remoção da coloração do efluente, comprovada pela avaliação visual, ensaios de turbidez e espectrofotometria UV/Vis. Além disso, houve uma boa eficiência na redução da concentração de carbono orgânico total (92%), redução esta não observada em termos de valores de carbono inorgânico contido nas amostras analisadas. Ainda, o tratamento promoveu a redução da toxicidade do efluente, demonstrando a eficiência na eliminação de contaminantes no efluente.

Com base nos resultados obtidos, por meio dos parâmetros testados, a possibilidade de reúso de efluente industrial é vislumbrada, não apenas no seu uso indireto, mas com grandes possibilidades de reúso direto na linha de produção. Salienta-se a importância de continuidade dos estudos, com avaliação de outros parâmetros e metodologias aplicáveis, para que se possa classificar o efluente de acordo com a legislação vigente para o seu reúso, sendo que com os parâmetros analisados neste estudo, vislumbra-se a classificação do efluente em Classe II.

Agradecimentos

Ao Núcleo de Eletrofotoquímica e Materiais Poliméricos – Nemp/Univates pelo apoio para o desenvolvimento dos testes analíticos e, à FAPERGS (pelo auxílio financeiro concedido).

PRELIMINARY EVALUATION OF THE POSSIBLE REUSE OF A FOOD INDUSTRY EFFLUENT DEGRADED VIA PHOTOCHEMISTRY

ABSTRACT: The effluent reuse in industrial processes is an interesting alternative, especially nowadays, because of the serious environmental problems faced by the population every day. This practice reduces wastewater generation and saves money for the companies. This study aimed to evaluate the possible reuse of a food industry effluent through the use of a photochemical process, with direct UV radiation incidence. The samples of the raw and treated effluent were tested to measure pH, conductivity, total organic carbon (TOC), spectrophotometry, turbidity, total solids, fixed and volatile solids and toxicity. The photochemical treatment caused complete removal of the effluent color, a 92% reduction of the total organic carbon, and a reduction of the levels of acute toxicity, what indicates the efficiency of the photodegradation in removing contaminating agents in industrial effluents. The inorganic carbon value was high, indicating a high concentration of carbonate and bicarbonate dissolved in the effluent. To classify this treated effluent, according to current legislation, it is necessary to monitor other parameters in details. According to the tests performed for this work, it is possible to conclude that a company can make use of an effluent generated on the production line and, in a not very distant future, direct on the production line.

Keywords: Industrial Effluent. Reuse. Photochemical Treatment.

Referências

- [1] OLIVEIRA, E. C. M. de. Desinfecção de efluentes sanitários tratados através da Radiação Ultravioleta. 2003. 97 f. Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Título de mestre em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- [2] SOUZA, M. A. A. Reúso de Água. Programa de Educação Continuada em Tecnologia Apropriada e Saneamento para Professores Universitários. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente: Organización Pan-Americana de Saúde, 1997.
- [3] FELIZATTO, M. R. II-081 – ETE CAGIF: Projeto Integrado de Tratamento Avançado e Reúso Direto de Águas Residuárias. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Trabalhos Técnicos, p. 1-17, 2006. Disponível: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/brasil/ii-081.pdf>. Acesso em 21/06/2011.
- [4] GOHRINGER, S. S. Uso urbano não potável de efluentes de estações de tratamento de esgoto sanitário. Estudo de caso: Município de Campo Largo/PR. 2006. 217 f. Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Gestão Urbana,

- Programa de Pós Graduação em Gestão Urbana, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2006.
- [5] Conservação e Reuso da Água. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf>. Acesso em 01/06/2011.
- [6] PAWLOWSKY, U.; JUNIOR, A. O.; Eng. Sanit. e Ambiental. Vol.12, p.305-316, 2007.
- [7] ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; ROSA, M. A.; DURAN, N.; Quím. Nova, Vol. 27, p. 818-824, 2004.
- [8] ZANELLA, G.; SCHARF, M.; VIEIRA, G. A.; ZAMORA, P. P. Quím. Nova, Vol. 33, p. 1039-1043, 2010.
- [9] FIORI, S. *et al.* Ambiente Construído, Vol. 6, p. 19-30, 2006.
- [10] Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/legislacao.aspx>. Acesso em 01/06/2011.
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAPYAD/nbr-13969-97>. Acesso em 15/05/2011.
- [12] Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=14. Acesso em 15/05/2011.
- [13] Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2005>. Acesso em 15/05/2011.
- [14] Portaria do Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518.pdf. Acesso em 01/06/2011.
- [15] MARMITT, S.; PIROTTA, L. V.; STÜLP, S.; Quím. Nova, Vol. 33, p. 384-388, 2010.
- [16] SILVA, C. P. da.; *et al.*; Eng. Sanit. e Amb., Vol. 13, p. 73-77, 2008.
- [17] GARCIA, J. C. *et al.*; Jour. of Braz. Chem. Soc., Vol. 20, p. 1589-1597, 2009.
- [18] APHA - American Public Health Association; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed., American Public Health Association: USA, 2005.
- [19] VASCONCELOS, D. V.; GOMES, A.; Cadernos UNIFOA, Vol. 11, p. 35-46, 2009.
- [20] Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente. 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. <http://www.bioensaios.com.br/legisla/FEPAM%20CONSEMA128%20Efluentes.pdf>. Acesso em 27/06/2011.
- [21] Caderno Pedagógico Química. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1701-6.pdf>. Acesso em 01/06/2011.
- [22] COSTA, C. R.; OLIVI, P.; BOTTA, C. M. R.; ESPINDOLA, E. L. G. A.; Quím. Nova, Vol. 31, p. 1820-1830, 2008.
- [23] MACHADO, V. R.; STÜLP, S.; Rev. Destaq. Acadêm. Vol. 2, p.39-47, 2010.