



II-115 - DESINFECÇÃO DE EFLUENTE SECUNDÁRIO DO SISTEMA UASB + WETLAND POR FOTOOZONIZAÇÃO CATALÍTICA

Ênio Leandro Machado⁽¹⁾

Químico Industrial, Doutor em Engenharia (UFRGS). Professor Adjunto do Departamento de Química e Física – UNISC

Lourdes Teresinha Kist

Química, Doutora em Química (UFSC). Professora Titular do Departamento de Química e Física – UNISC

Plínio Kuhn Filho

Químico Industrial, Mestrando em Tecnologia Ambiental - UNISC

Carlos Alexandre Lutterbeck

Biólogo, Mestrando em Tecnologia Ambiental - UNISC

Ângela Martins Lourenço

Bióloga, Mestre em Tecnologia Ambiental - UNISC

Endereço⁽¹⁾: Avenida Independência, 2293 – Bairro Universitário – Santa Cruz do Sul - RS – CEP: 96815-900 – Brasil – Tel.: (51)3717-7545. enio@unisc.br

RESUMO

Este trabalho avaliou a aplicabilidade dos processos UV no reator tubular e UV/TiO₂/O₃ no reator tipo coluna para desinfecção de efluentes secundários da ETE piloto UASB + *Wetland* da UNISC. Buscou-se comparar o método mais eficaz de desinfecção vinculado ao projeto integrado do sistema de tratamento de esgoto de baixo custo. Os reatores foram testados com os mesmos tempos de funcionamento, de 0 a 60 minutos, ambos alimentados com os efluentes secundários estudados em pH=7,0. Os ensaios foram realizados com tempo de recirculação de 1 hora, vazão de 180 L h⁻¹ e lâmpadas germicidas de 30 W. Os resultados obtidos demonstraram a aplicabilidade dos reatores tipo tubular e coluna para desinfecção de esgotos tratados, sendo obtidas desinfecção total em tempos de detenção hidráulica de 4 min e 12 min, respectivamente, a partir das inativações de coliformes termotolerantes. Também, os experimentos utilizando o processo UV/TiO₂/O₃ demonstraram maior capacidade de oxidação em função das reduções da alcalinidade total e turbidez, indicando maiores potencialidades para a desinfecção.

PALAVRAS-CHAVE: *Fotoozonização catalítica; POA's, Desinfecção.*

INTRODUÇÃO

Vários estudos sobre a utilização da fotoxidação catalítica com TiO₂ foram realizados nas últimas décadas, aplicados em vários tipos de efluentes: industriais, domésticos, chorume e esgoto secundário (FERREIRA e DANIEL, 2004). Mas a principal aplicação do dióxido de titânio é a desinfecção de esgoto sanitário, que permite o controle de doenças de veiculação hídrica, destruindo os microrganismos patogênicos presentes no esgoto. Não gera subprodutos carcinogênicos tais como os trihalometanos (THM), que pode vir ocorrer no processo por cloração.

Entretanto, os sistemas UV e UV/O₃/TiO₂ aplicados e pesquisados não exploram a potencialidade geradora de ozônio fotoquimicamente. Neste sentido, o presente trabalho objetivou a concepção e aplicação de sistema de fotoozonização catalítica usando dispositivo Venturi para transferência de ozônio do interior do compartimento de fotootoxidação para tanque equalizador visando à desinfecção de efluentes secundários oriundo de sistema piloto UASB + *wetland*.

Especificamente foram pesquisados os seguintes objetivos:

- Caracterização do efluente secundário e comparação dos parâmetros poluentes críticos de acordo com a legislação vigente;
- Execução de estudos comparativos de aplicação dos reatores tubular (UV) e reator tipo coluna (UV/TiO₂/O₃) no tratamento de efluentes secundários visando à desinfecção e redução de outros parâmetros da carga poluente;
- Proposição de integração de processo de desinfecção para tratamento secundário do sistema UASB + *Wetland*.

MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização analítica dos efluentes foi feita com os parâmetros gerais *coliformes termotolerantes*, *alcalinidade*, *pH* e *turbidez* na primeira etapa de desinfecção com os reatores tubulares. Os coliformes foram determinados via procedimento dos tubos múltiplos e alcalinidade via método titrimétrico com indicador misto, conforme o descrito em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 1998.

As caracterizações analíticas dos efluentes secundários para a etapa de ensaios com o fotorreator tipo coluna (Figura 1) foram realizadas com o uso da sonda multiparâmetros IQ Sensor Net WTW. Os parâmetros DBO, DQO, COT, DQO total, DQO dissolvida, turbidez, NH_4^+ , NO_3^- , temperatura e sólidos suspensos totais.

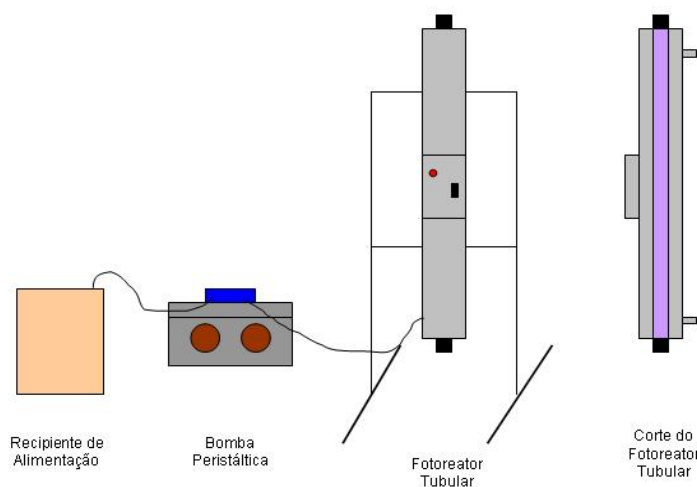


Figura 1: Fotorreatores tubulares – parte interna

O reator tipo coluna foi feito com a seguinte configuração: seis rampas de acrílico acopladas em cascata, cobertas com dióxido de titânio P25 da Degussa; ventiladores nas calhas de distribuição do efluente; dois aeradores pneumáticos de baixa potência (2W); tanque equalizador/ozonizador de recirculação em acrílico (volume útil de 10L); bomba submersa com capacidade de 360 L h^{-1} (Resun P-1000); estrutura de seção circular metálica polida (aço 1020) constituinte da carcaça do fotorreator. A irradiação foi feita com oito lâmpadas germicidas de 30W (UV, $\lambda=254\text{nm}$, Daylight F 3078 GL e Ligth Express LE T8 30WGL), dispostas ao redor da coluna constituinte das rampas acopladas em pontos distantes simetricamente na seção circular.

Os ensaios de desinfecção com o fotorreator catalítico (tipo coluna) envolveram métodos de oxidação avançados na combinação de TiO_2 (fotocatalizador), e oxidantes precursores de radical hidroxila, O_2 e O_3 adsorvidos no fotocatalizador. Considerando estas combinações foi estudada a eficiência de desinfecção do método: UV/ TiO_2 / O_3 .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização Analítica dos Efluentes

Os efluentes da saída dos Wetlands foram caracterizados de acordo com os dados apresentados na Tabela 1. A resolução CONSEMA/RS 128/2006 estabelece que os efluentes do campus universitário são classificados como efluentes domésticos, sendo que os limites de emissão estabelecem parâmetros críticos de controle de até $200 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$.

**Tabela 1: Dados de caracterização do efluente do Wetland 2.**

Parâmetro	Valores Medidos	Resolução CONSEMA/RS 128/2006
DQO _t (mg L ⁻¹)	69,9	≤ 400
DQO _d (mg L ⁻¹)	36,2	-
DBO (mg L ⁻¹)	70,2	≤ 180
COT (mg L ⁻¹)	191	-
SST (mg L ⁻¹)	184	≤ 180
Turbidez (mg L ⁻¹)	145	-
NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	606	20
Coliformes Termotolerantes * (NMP/100 mL)	9,0 x 10 ³	-
NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	2,45	-
Alcalinidade Total (mg L ⁻¹)	202,6	-
Temperatura (°C)	26,3	≤ 40

* Não há limites máximos estabelecidos pela legislação estadual para uma vazão máxima de lançamento de até 200 m³ dia⁻¹.

Conforme a Tabela 1, os parâmetros de caracterização não estão acima dos valores limites, exceto no que se refere ao nitrogênio amoniacal. Assim, a desinfecção dos efluentes da fitorremediação abre possibilidades de reuso para fertirrigação e descargas sanitárias com menor risco de ação patogênica, o que configura um dos principais objetivos deste trabalho.

Eficiência de Desinfecção dos Fotorreatores Tubular e Tipo Coluna

A Tabela 2 mostra as variações das unidades formadoras de coliformes termotolerantes ao longo dos 60 minutos de desinfecção. Na sequência é demonstrada a Figura 2 correspondente às curvas de desinfecção para determinação dos coeficientes angulares e a Tabela 3 com os dados das curvas de regressão linear.

Tabela 2: Resultados de desinfecção para os fotorreator tipo coluna e tubular.

Tempo (min)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) Tubular	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) Coluna
0	22000	90000
4	40	2600
6	<20	1100
10	<20	220
12	<20	20
20	<20	20
30	<20	20
40	<20	<20
50	<20	<20
60	<20	<20

Tabela 3: Comparação de desempenho dos coeficientes de correlação dos fotorreatores tubulares e tipo coluna para os ensaios de desinfecção com os efluentes secundários do wetland.

Processo	Equação de Regressão Linear	Representatividade
Reator Tubular/UV	Log Y = 3,38386-0,22123X	0,79
Reator Tipo Coluna/UV/TiO ₂ /O ₃	Log Y = 4,78877-0,27825X	0,98

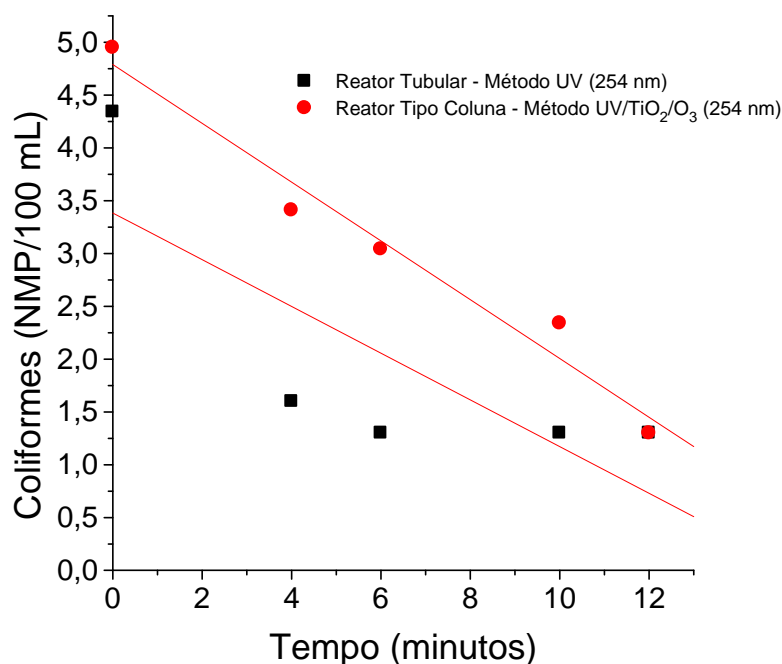


Figura 2: Gráfico das curvas de desinfecção para determinação comparativa dos coeficientes angulares.

Em termos de desempenho de desinfecção o reator tubular apresenta maior taxa por unidade de tempo, pois o quociente entre os coeficientes angulares apresentados na Figura 2 indica um valor 16% superior do método UV. A configuração do fotoreator tubular apresenta a vantagem de possibilitar difusão da radiação sem diminuição da transmitância, pois o diâmetro de 10 cm garante efetividade da densidade de potência irradiada.

No entanto os dados de redução de turbidez, variação de pH e alcalinidade são superiores para o fotoreator tipo coluna, o que demonstra que a nova configuração do fotoreator tipo coluna estabelece desinfecção por processos oxidativos avançados (DANIEL, 2001).

Na Tabela 4 são demonstrados os dados de caracterização dos parâmetros gerais de carga poluente antes e depois da desinfecção no fotoreator coluna.

Tabela 4: Caracterização dos parâmetros gerais de carga poluente antes e depois da desinfecção com o Fotorreator Tipo Coluna.

Parâmetros	Bruto	60 (minutos)
DBO (mg L ⁻¹)	70,2	67,2
DQO _t (mg L ⁻¹)	69,9	67,1
DQO _d (mg L ⁻¹)	36,2	34,9
COT (mg L ⁻¹)	191,0	184,0
pH	7,0	7,0
SST (mg L ⁻¹)	184,0	176,0
NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	606,0	246,0
Turbidez (NTU)	145,0	138,0
Temperatura (°C)	26,3	35,4
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	90000	<20
Alcalinidade Total CaCO ₃ (mg L ⁻¹)	202,6	119,0

A faixa de pH foi mantida neutra, pois é mais favorável à geração de radical hidroxila, tanto por fotoirradiação como através da decomposição radicalar do ozônio dissolvido, conforme Litter (1999).



O parâmetro alcalinidade no fotoreator tubular foi de 88,4 mg L⁻¹ antes do tratamento e após 60 minutos ficou em 92,7 mg L⁻¹, esta pequena diferença pode ser atribuída a um erro experimental, assim acredita-se que não houve variação significativa, conforme mostra a tabela 19. Para o fotoreator tipo coluna houve uma redução de 41,26% na alcalinidade de 202,6 mg L⁻¹ inicial e após o tratamento de 60 minutos passou a 119,0 mg L⁻¹. Este fato demonstra maior capacidade de oxidação em função da redução de alcalinidade total observada, indicando maiores potencialidades para aplicação do fotoreator tipo coluna.

Na Tabela 5 são demonstrados os dados de caracterização dos parâmetros gerais de carga poluente antes e depois da desinfecção no fotoreator tubular. Demonstrando que as variações de parâmetros considerados críticos como alcalinidade total e turbidez são mínimas. Já o parâmetro pH não varia, mantendo-se neutro. Em relação aos coliformes termotolerantes ocorre a desinfecção após o tratamento, demonstrando aplicabilidade para este parâmetro.

Tabela 5: Caracterização dos parâmetros gerais de carga poluente antes e depois da desinfecção com o fotoreator tubular.

Parâmetros	Bruto	60 (minutos)
Turbidez (NTU)	15,77	14,12
Alcalinidade Total CaCO ₃ (mgL ⁻¹).	88,4	92,7
pH	7,0	7,0
Coliformes Termotolerantes (NMP / 100 mL)	22000	<20

CONCLUSÕES

Os testes com o fotoreator tubular revelaram a eficiência de remoção de coliformes termotolerantes para valores abaixo do limite de determinação a partir de tempos de detenção hidráulica de 4 min, enquanto que o reator tipo coluna obteve resultados semelhantes a partir de 12 minutos. Os efluentes secundários tratados via método de desinfecção acrescentam qualidade final que permitiria seu uso em fertirrigação para a maioria das culturas, inclusive aqueles de consumo sem cocção prévia.

Do ponto de vista dos parâmetros físico-químicos e químicos, observaram-se redução do íon amônio, alcalinidade total e turbidez com a aplicação do método de fotoozonização catalítica. Foram observadas reduções de 60% de NH₄⁺, 41,26% de alcalinidade total e 4,8% de redução de turbidez.

Salienta-se que os resultados obtidos utilizando o processo fotocatalítico, confirmam que o sistema concebido pode ser uma alternativa para tratamento secundário de efluente urbano, destacando-se a eficiência e vantagem devido ao amplo espectro de desinfecção que a geração do HO[•] proporciona, não trazendo comprometimento do corpo receptor com subprodutos indesejáveis. Assim, cabe destacar que a utilização de Processos Oxidativos Avançados na desinfecção de efluentes contribui na busca de soluções concretas possibilitando uma minimização do impacto ambiental causado por este tipo de efluente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALONSO, M.D.H. et al, Ozone enhanced activity of aqueous titanium dioxide suspension for photocatalytic oxidation of free cyanide ions. *Applied Catalysis B: Environmental* 39. p. 257-267, 2002.
2. APHA/AWWA - American Public Health Association/American Water Works Association. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 20^a edition, Washington, 1998.
3. BACARIM, Gisele. Degradação de Formaldeído em Efluentes de Laboratório de Anatomia Humana através do Método Uv/O₃/TiO₂. 55p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2007.
4. BÉLTRAN, F.J.; GONZÁLEZ, M.; GONZÁLEZ, J.F. Industrial wastewater advanced oxidation. Part I. UV radiation in the presence and absence of hydrogen peroxide. *Water Research* 31, p. 2405-2414, 1997.
5. DANIEL, Luiz Antonio (coordenador). Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. Rio de Janeiro: Rima Artes e Textos, 139 p., 2001