

II-599 - ARRASTE DE GASES EM EFLUENTE SANEANTE DOMISSANITÁRIO

Aline Martins Pinheiro⁽¹⁾

Graduada em Licenciatura e Bacharelado em Química pelo Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia (IQ-UFU). Mestre em Engenharia Civil (Planejamento e Estrutura Urbana) pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia (FECIV-UFU).

Marcio Ricardo Salla

Engenheiro Civil. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

Hélio Correia da Silva Jhuniór

Graduado em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia (FECIV-UFU).

Endereço⁽¹⁾: Av João Naves de Ávila, 2121- Campus Santa Mônica - Uberlândia - MG - CEP: 38408-100 - Brasil - Tel: (34) 3239-4170 - e-mail: ampinheiro@feciv.ufu.br

RESUMO

O efluente saneante domissanitário de uma empresa de fabricação de produtos de limpeza situada em Uberlândia-MG foi tratado com os processos oxidativos $O_3/pH7$, $O_3/pH3$, $O_3/pH10$, $O_3/pH3/Fe^{2+}$, $O_3/pH3/Fe^{3+}$, $O_3/pH3/Mn^{2+}$, $O_3/pH10/Carvão$ Ativado 1 g/L e $O_3/pH10/Carvão$ Ativado 2 g/L. Também o estudo do arraste (ou *stripping*) de compostos orgânicos voláteis do efluente foi avaliado, com utilização do ar comprimido e oxigênio puro (99%) como gases de arraste inertes ou de baixa capacidade de oxidação. Os resultados dos processos de arraste de gases foram avaliados em termos de porcentagem de remoção do parâmetro Demanda Química de Oxigênio (DQO). Também avaliou-se as variações dos valores de cor verdadeira e turbidez obtidos. O espectro de varredura na região do ultravioleta-visível (UV-VIS) foi utilizado como ferramenta auxiliar de análise. A eficiência de remoção de DQO foi baixa tanto em ambos os processo de arraste de gases, alcançando um valor máximo de remoção de 5%, evidenciando que o *stripping* da matéria orgânica volátil por meio do borbulhamento de ar comprimido e oxigênio puro não ocorreu, ou ocorreu em proporções mínimas, na matriz avaliada.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente Industrial, Arraste de Gases, Coluna de Borbulhamento.

INTRODUÇÃO

A indústria dos produtos saneantes domissanitários ou produtos de limpeza destaca-se como uma das indústrias químicas de elevada importância para o desenvolvimento da civilização humana. O alto consumo dos produtos saneantes domissanitários pelas sociedades contemporâneas vem transformando os efluentes domésticos em efluentes com características industriais, principalmente, quando se considera os riscos que estes efluentes podem introduzir nas águas por meio dos seus efeitos tóxicos (AMIGO, 1998). De forma geral, os efluentes industriais são os que apresentam maior impacto ambiental e suas toxicidades estão associadas à presença de compostos recalcitrantes e emergentes em sua composição (ASSALIN; DURÁN, 2007). Dentre os compostos contaminantes emergentes encontram-se os surfactantes amplamente utilizados no consumo doméstico (RAIMUNDO, 2007) através dos produtos saneantes domissanitários.

Os processos de tratamento de efluentes convencionais que atuam na biodegradação da matéria orgânica, sobretudo com relação aos contaminantes emergentes, possuem eficiência limitada, logo existe a necessidade de um tratamento para refino da qualidade final para o descarte de efluentes. Neste sentido, os Processos Oxidativos Avançados (POA) têm grande destaque entre as tecnologias para tratamento químico de contaminantes emergentes. Estes processos se baseiam na degradação dos compostos por meio do forte agente oxidante hidroxila, onde estão incluídas a ozonização e suas derivações (ALMEIDA, E. et al., 2004).

Ao se avaliar a ozonização no efluente saneante domissanitário é importante considerar também, a possibilidade de ocorrer o processo de arraste de gases ou *gas stripping*. Segundo Wang, Hung e Shammas (2004), o procedimento de arraste de gases funciona basicamente da seguinte forma: o borbulhamento de um

gás produz uma condição em que uma grande área de superfície da água a ser tratada é exposta ao ar, o que promove a transferência do contaminante volátil a partir da fase líquida para a fase gasosa, processo conhecido como transferência de massa líquido-gás. Isto ocorre porque, em condições normais, a concentração do contaminante nas bolhas de ar é muito menor do que a concentração na água contaminada. Neste processo, a porção volátil da matéria orgânica é absorvida pelas bolhas proveniente do borbulhamento de gases na massa líquida, sendo lançada para o ambiente quando esta bolha “explode” na atmosfera, ou seja, a parcela volátil da matéria orgânica é arrastada para fora da massa líquida (SALLA, 2006). Logo o estudo da quantificação de arraste de gases é importante para se avaliar a real oxidação da matéria orgânica ocorrida durante o processo de ozonização.

Os princípios do arraste com gás relacionam-se, então, à pressão parcial do gás a ser arrastado e, por consequência, à dissolução desse gás na massa líquida. Se a pressão parcial for reduzida, o gás tenderá a sair da água. Nessas condições, a espécie arrastada sairá da fase líquida na tentativa de restabelecer o equilíbrio. Se o gás de arraste escoar continuamente, em tese chegará um momento em que todo o composto indesejado será removido da fase líquida. Essa transferência de massa da fase líquida para a fase gasosa recebe o nome técnico de dessorção ou simplesmente arraste (SOUTO, 2009).

Atualmente, a forma mais utilizada de *gas stripping* são as torres de arraste com ar (*air stripping towers*), onde a água contaminada é introduzida no topo da coluna e o ar injetado por baixo em contracorrente para “lavar” os gases dissolvidos na água. A eficiência depende da temperatura e da vazão de ar. As torres podem remover compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis, incluindo hidrocarbonetos clorados, gás carbônico (CO_2) e outros (WANG; HUNG; SHAMMAS, 2004).

Segundo estudos realizados Wu et al. (1998) e Salla (2006), o *stripping* de gases tem parcela significativa na remoção de matéria orgânica em processos de ozonização de águas residuárias, uma vez que a remoção de diversos compostos químicos está vinculada à oxidação da matéria orgânica pelo ozônio mas também relacionada ao arraste dos compostos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Efluente estudado

O efluente industrial analisado foi coletado em uma empresa na cidade de Uberlândia-MG, classificada como indústria de transformação - fabricação de produtos de limpeza e polimento (IBGE, 2013). Na unidade fabril estudada são produzidas diferentes versões de cera líquida emulsionada, amaciante de roupas, desinfetante de uso doméstico, lava-louça, limpador perfumado para pisos, limpador multiuso e brilha-pneu. O efluente industrial é constituído então, por águas de limpeza dos tanques reatores e linhas de produção e purga de caldeira, apresentando descontinuidade quanto à sua geração, tanto em vazão, quanto em composição química, variando de acordo com o processo produtivo de cada produto, além de ser constituído de substâncias químicas tais como os surfactantes e corantes, de baixa depuração pelos recursos naturais.

As amostras foram coletadas após a realização do tratamento físico-químico e acondicionadas em recipientes de polietileno de alta densidade - PEAD com capacidade individual de 25 L. Para execução dos ensaios com segurança, o número de recipientes variou entre dez a vinte em cada coleta. O tratamento prévio do efluente industrial saneante domissanitário é feito separadamente do efluente doméstico na empresa, em uma estação de tratamento compacta, composta por três caixas coletoras, tanque de retenção, reator e decantador em batelada e leito de secagem. O tratamento é realizado em batelada, via processo físico-químico com utilização de policloreto de alumínio (coagulante ácido), cal comercial (corretor de pH e auxiliar de coagulação) e polímero floculante aniônico de alto peso molecular.

Coluna de borbulhamento

A coluna de borbulhamento possui 172 mm de diâmetro interno e 2 m de altura. O material acrílico transparente da coluna teve a finalidade de facilitar a visualização das bolhas ascensionais. O difusor de ar instalado da base interna da coluna foi de material microporoso de formato em disco, com diâmetro de 150

mm, de fabricação nacional e capaz de gerar bolhas finas. O conjunto motor-bomba de 1/2 cv foi utilizado para promover a entrada do efluente na coluna e recirculação de água limpa para limpeza da parede interna.

Um rotâmetro graduado de 200 até 2000 L/h possibilitou o ajuste fino da vazão do gás afluente à coluna. Para o controle adequado da pressão de gás, foi utilizado um redutor de pressão na rede, que também evitou dano ao difusor. As coletas das amostras foram feitas na parede lateral da coluna, a uma distância de 250 mm da base. O esquema do aparato experimental está ilustrado na Figura 1.

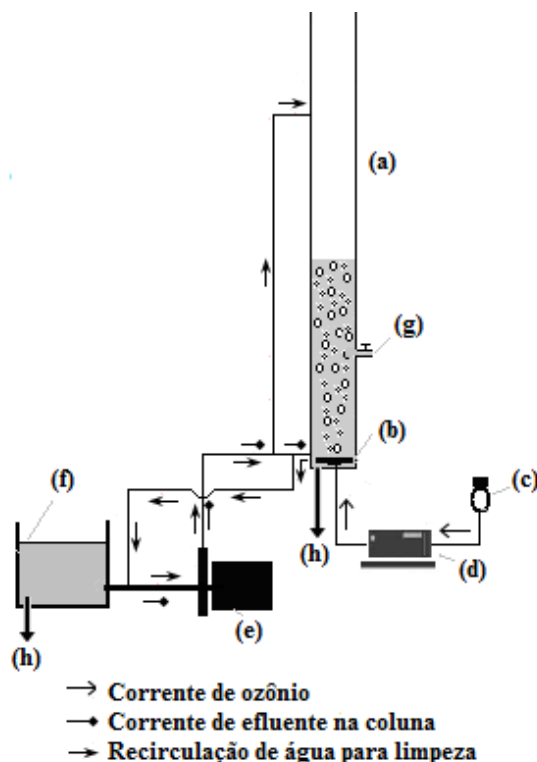


Figura 1: Esquema do aparato experimental: (a) coluna de borbulhamento; (b) difusor microporoso; (c) oxigênio puro / ar atmosférico; (d) equipamento ozonizador (não utilizado no processo de arraste de gases); (e) motor-bomba; (f) depósito 250 L; (g) coleta de amostra; (h) descarte.

Configurações dos ensaios

No presente estudo trabalhou-se com escoamento descontínuo (batelada). O início dos experimentos de arraste de matéria orgânica volátil ocorreu com o enchimento do reservatório de 250 L que abastece a coluna. A fim de reter sujidades e a pequena parcela de lodo carregada durante a coleta, evitando-se a colmatagem do difusor, o efluente foi filtrado em tecido de malha grossa, mais comumente utilizado como pano de limpeza doméstica.

Na sequência bombeou-se do efluente armazenado no reservatório de 250 L para a coluna até o nível líquido desejado (0,5, 1,0 ou 1,5 m). Antes do início do borbulhamento foi coletada uma amostra do efluente bruto. Em seguida, foi iniciado o processo de aeração com a vazão de borbulhamento avaliada (500, 1000, 1500 ou 2000 L/h). Após o início da aeração, foram coletadas amostras de 300 mL nos tempos de contato de 5 e 20 minutos.

Com o término de cada ensaio, a coluna e o reservatório eram esvaziados e limpos através de recirculação de água. Seguiu-se esta mesma sequência experimental para as demais vazões e níveis líquidos. Os experimentos de arraste foram realizados em triplicata, por meio do borbulhamento de ar comprimido e oxigênio puro (99%).

O fluxograma com as configurações experimentais seguidas durante a avaliação do *stripping* do efluente saneante domissanitário, para os dois gases utilizados, está apresentado na Figura 2. Foram seguidas as

recomendações estabelecidas pelo APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012) para as análises dos parâmetros DQO, cor verdadeira e turbidez.

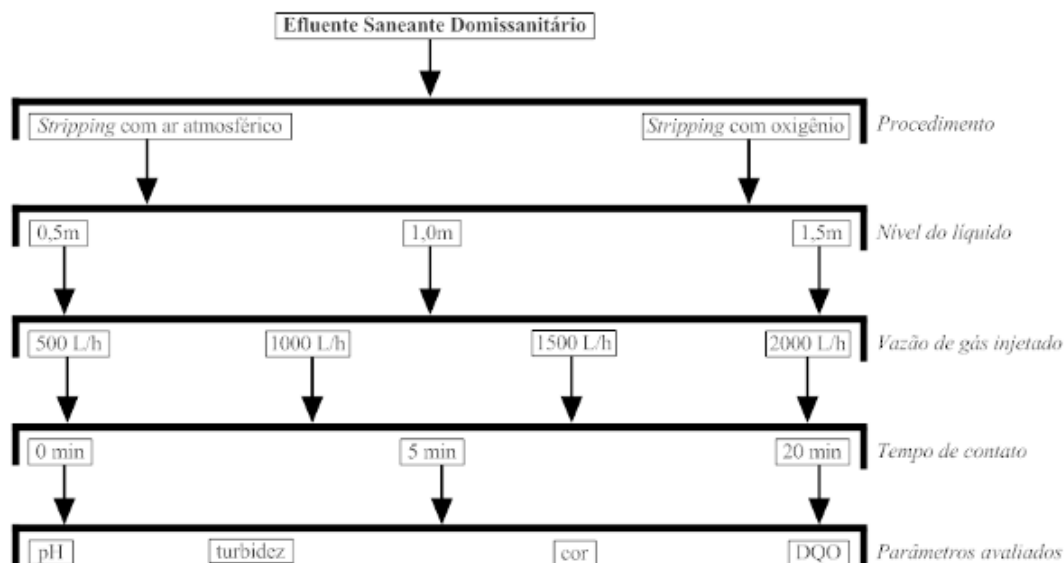


Figura 2: Fluxograma com as configurações experimentais seguidas durante a avaliação do stripping de compostos voláteis no efluente saneante domissanitário.

RESULTADOS OBTIDOS

Os estudos do arraste de matéria orgânica volátil por meio do borbulhamento de ar comprimido e oxigênio puro em efluente saneante domissanitário foram realizados em escoamento descontínuo (batelada), cujas configurações foram mencionadas anteriormente. A Tabela 1 traz a qualidade do efluente bruto na avaliação do arraste de gases utilizando-se ar comprimido como gás de arraste.

Tabela 1: Qualidade do efluente bruto estudado no arraste de gases com ar comprimido.

NÍVEL LÍQUIDO 0,5M								
	MÉDIA ± DP				MÍN - MÁX			
	500 L/h	1000 L/h	1500 L/h	2000 L/h	500 L/h	1000 L/h	1500 L/h	2000 L/h
DQO (mgO ₂ /L)	2511 ± 1252	2546 ± 1317	2407 ± 1377	2628 ± 1493	1050 - 4400	1097 - 4517	942 - 4550	933 - 4567
Cor (mgPt-Co/L)	526 ± 623	560 ± 690	691 ± 892	921 ± 1207	64 - 1740	70 - 1919	44 - 2443	43 - 2628
Turbidez (UNT)	689 ± 671	677 ± 678	641 ± 680	672 ± 887	39 - 1738	39 - 1819	39 - 1879	33 - 1927
NÍVEL LÍQUIDO 1,0M								
	MÉDIA ± DP				MÍN - MÁX			
	500 L/h	1000 L/h	1500 L/h	2000 L/h	500 L/h	1000 L/h	1500 L/h	2000 L/h
DQO (mgO ₂ /L)	3232 ± 1203	3266 ± 1251	3275 ± 1274	3321 ± 1638	1008 - 4433	963 - 4525	967 - 4467	1004 - 4508
Cor (mgPt-Co/L)	948 ± 913	1026 ± 997	921 ± 840	1436 ± 951	87 - 2464	93 - 2652	96 - 2033	90 - 2123
Turbidez (UNT)	716 ± 693	706 ± 694	824 ± 796	1226 ± 842	39 - 1857	38 - 1854	38 - 1813	35 - 1853
NÍVEL LÍQUIDO 1,5M								
	MÉDIA ± DP				MÍN - MÁX			
	500L/h	1000 L/h	1500 L/h	2000 L/h	500 L/h	1000 L/h	1500 L/h	2000 L/h
DQO (mgO ₂ /L)	2548 ± 1152	2505 ± 1142	2553 ± 1225	1560 ± 694	850 - 3883	875 - 3858	871 - 3950	867 - 2254
Cor (mgPt-Co/L)	577 ± 624	571 ± 615	599 ± 656	1046 ± 968	73 - 1807	77 - 1783	74 - 1893	78 - 2013
Turbidez (UNT)	597 ± 653	565 ± 628	572 ± 630	978 ± 919	56 - 1860	50 - 1770	56 - 1783	59 - 1897

A Tabela 2 traz a qualidade do efluente bruto na avaliação do arraste de gases com utilização de oxigênio puro como gás de arraste.

Tabela 2: Qualidade do efluente bruto estudado no arraste de gases com oxigênio puro.

NÍVEL LÍQUIDO 0,5M								
	MÉDIA ± DP				MÍN - MÁX			
	500 L/h	1000 L/h	1500 L/h	2000 L/h	500 L/h	1000 L/h	1500 L/h	2000 L/h
DQO (mgO ₂ /L)	2409 ± 967	2434 ± 984	2434 ± 987	2465 ± 892	1633 - 4067	1667 - 4125	1692 - 4133	1892 - 4008
Cor (mgPt-Co/L)	170 ± 46	182 ± 52	202 ± 53	210 ± 57	96 - 213	101 - 242	117 - 261	116 - 263
Turbidez (UNT)	170 ± 119	165 ± 119	166 ± 120	164 ± 120	48 - 366	46 - 363	46 - 366	46 - 363
NÍVEL LÍQUIDO 1,0M								
	MÉDIA ± DP				MÍN - MÁX			
	500 L/h	1000 L/h	1500 L/h	2000 L/h	500 L/h	1000 L/h	1500 L/h	2000 L/h
DQO (mgO ₂ /L)	2394 ± 874	2376 ± 829	2314 ± 856	2373 ± 873	1750 - 3900	1800 - 3808	1646 - 3783	1708 - 3875
Cor (mgPt-Co/L)	228 ± 93	216 ± 72	220 ± 94	222 ± 97	126 - 380	140 - 335	139 - 377	133 - 384
Turbidez (UNT)	196 ± 103	201 ± 103	198 ± 109	197 ± 106	107 - 371	109 - 375	106 - 384	109 - 377
NÍVEL LÍQUIDO 1,5M								
	MÉDIA ± DP				MÍN - MÁX			
	500L/h	1000 L/h	1500 L/h	2000 L/h	500 L/h	1000 L/h	1500 L/h	2000 L/h
DQO (mgO ₂ /L)	2865 ± 1030	2878 ± 1057	2874 ± 1011	2875 ± 1049	1767 - 3983	1679 - 3983	1792 - 3917	1729 - 3967
Cor (mgPt-Co/L)	252 ± 68	263 ± 61	236 ± 62	248 ± 92	191 - 364	209 - 361	145 - 294	137 - 387
Turbidez (UNT)	133 ± 62	115 ± 43	113 ± 48	161 ± 94	46 - 215	46 - 150	35 - 157	35 - 275

Conforme apresentado nas Tabelas 1 e 2, as características variadas do efluente bruto geraram curvas de eficiência de redução dos parâmetros versus o tempo de contato com comportamento não monotônico. Assim, para cada parâmetro, optou-se por analisar os resultados a partir da média de eficiência de remoção dos experimentos, realizados em triplicata para cada gás avaliado.

Borbulhamento de ar comprimido

O objetivo do estudo de borbulhamento de ar comprimido foi avaliar a ocorrência ou não de arraste de matéria orgânica volátil do efluente saneante domissanitário, representada pela redução do parâmetro DQO. Paralelamente, por razões hidrodinâmicas da coluna, detectou-se uma pequena eficiência de redução da turbidez e cor verdadeira. Foi possível observar que não existiu uma tendência lógica da relação do nível líquido empregado e a vazão de gás injetada nos resultados.

Para cada parâmetro, a maior eficiência de redução foi obtida em configurações experimentais distintas, a saber: nível líquido de 1,0 m, vazão de borbulhamento de 2000 L/h e tempo de contato de 20 minutos para o parâmetro DQO (\cong 5%); nível líquido de 0,5 m, vazão de borbulhamento de 1500 L/h e tempo de contato de 20 minutos para o parâmetro cor verdadeira (\cong 9%) e nível líquido de 1,5 m, vazão de borbulhamento de 1500 e 2000 L/h e tempo de contato de 20 minutos para o parâmetro turbidez (\cong 12% em ambos).

As curvas de eficiência com as maiores remoções alcançadas na avaliação dos parâmetros DQO, cor verdadeira e turbidez estão apresentadas nas Figura 3, Figura 4 e Figura 5, respectivamente.

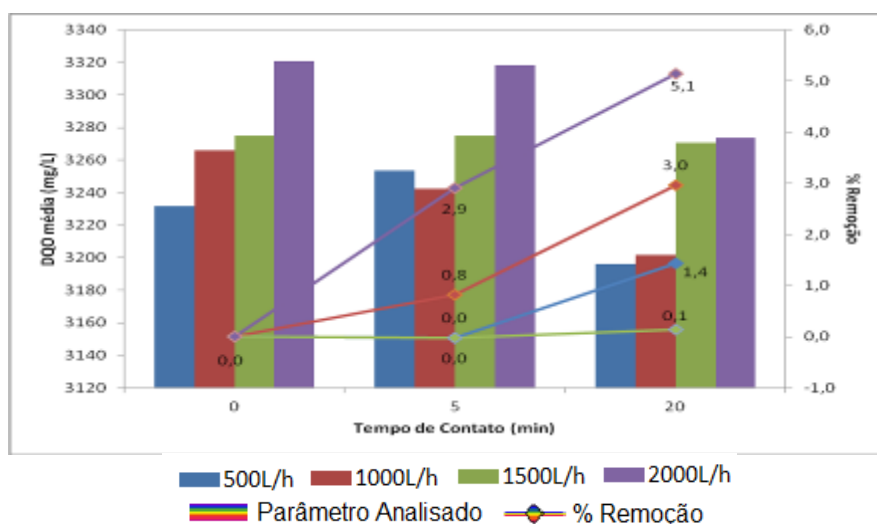


Figura 3: Valores médios de DQO e maior eficiência de remoção, utilizando ar atmosférico como gás de arraste, em nível líquido de 1,0m, vazão de borbulhamento de 2000 L/h e tempo de contato de 20 minutos.

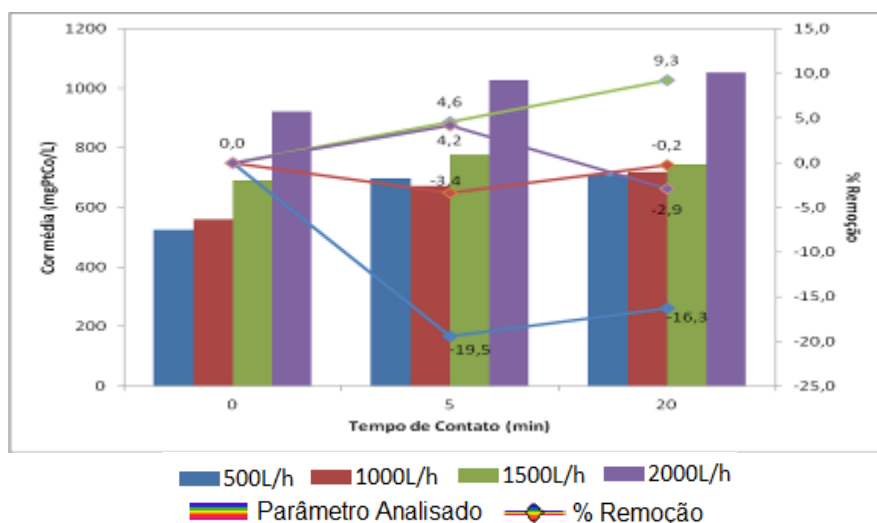


Figura 4: Valores médios de cor verdadeira e maior eficiência de remoção, utilizando ar atmosférico como gás de arraste, em nível líquido de 0,5 m, vazão de borbulhamento de 1500 L/h e tempo de contato de 20 minutos.

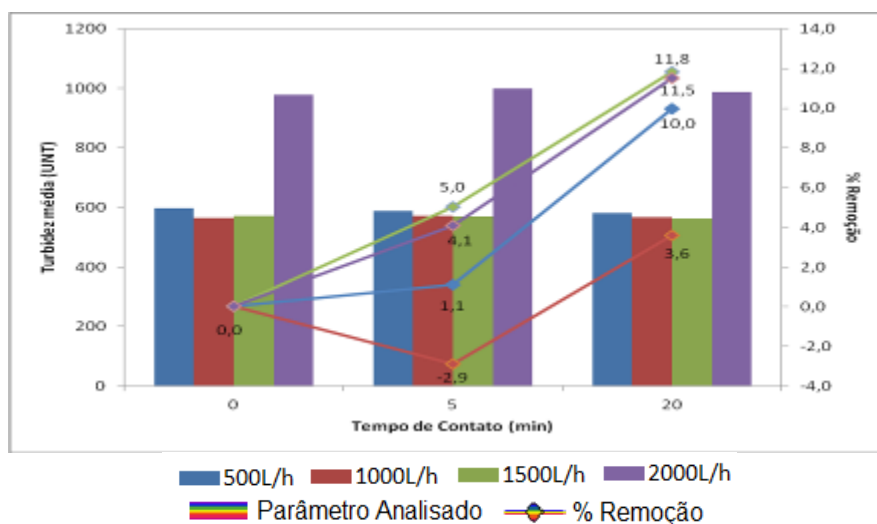


Figura 5: Valores médios de turbidez e maior eficiência de remoção, utilizando ar atmosférico como gás de arraste, em nível líquido de 1,5 m, vazão de borbulhamento de 1500 e 2000 L/h e tempo de contato de 20 minutos.

Nos experimentos em que houve aumento dos parâmetros cor verdadeira, turbidez e DQO (ou porcentagem nula de redução) nos primeiros 5 minutos de borbulhamento, observou-se que o efluente pré-tratado apresentava alta carga de material suspenso inorgânico. Isso proporcionou uma sedimentação gradual do material suspenso após o enchimento da coluna, antes do início de cada experimento, que fez com que os parâmetros analisados no tempo zero apresentassem valores inferiores aos medidos no tempo de contato de 5 minutos. O início do borbulhamento do gás injetado no difusor microporoso acarretou o revolvimento de todo o material depositado no fundo. Ainda nos primeiros 5 minutos, os experimentos que apresentaram diminuição do valor de cada parâmetro têm relação direta com a baixa concentração de sólidos suspensos inorgânicos, juntamente com a matéria orgânica adsorvida. Neste contexto, as eficiências nulas de redução da cor verdadeira e turbidez para a menor vazão (500 L/h) indicam que, independente das características do efluente estudado, esta vazão ocasionou apenas a mistura do efluente na coluna. Já nas vazões maiores, os maiores gradientes de redução observados estão relacionados à flotação do material orgânico e inorgânico adsorvido às bolhas ascensionais.

As maiores eficiências de redução de turbidez, para as vazões elevadas, estão associadas ao maior número de bolhas e, como consequência, à maior área interfacial de contato entre o material coloidal e suspenso com a superfície das bolhas. Por meio da trajetória ascensional das bolhas, o material inorgânico é adsorvido à superfície das mesmas, sendo transportado até a superfície líquida. Neste local, dependendo do tempo de borbulhamento e da quantidade de espuma formada, o material inorgânico e o orgânico adsorvido mantêm-se junto às espumas e, portanto, fora da massa líquida, ou, devido ao acúmulo acentuado de espuma, podem retornar à massa líquida. Esta situação é que ocasionou um comportamento oscilatório na eficiência de redução do parâmetro turbidez.

Com relação ao parâmetro DQO, para as configurações experimentais escolhidas, o arraste de gases por meio do borbulhamento de ar comprimido ocorreu em baixas proporções, alcançando-se reduzidas variações de DQO (máximo de 5%). Acredita-se que tal remoção esteja associada ao arraste da amônia presente na matriz estudada.

Borbulhamento de oxigênio

Similar aos resultados de borbulhamento de ar comprimido, foi observado que não existe uma tendência lógica que relaciona o nível líquido e a vazão injetada nos resultados. Para cada parâmetro, a maior eficiência de redução foi obtida em configurações experimentais distintas, a saber: nível líquido de 1,0 m, vazão de borbulhamento de 500 L/h e tempo de contato de 20 minutos para o parâmetro DQO ($\cong 3\%$); nível líquido de 0,5 m, vazão de borbulhamento de 1500 e 2000 L/h e tempo de contato de 20 minutos para o parâmetro cor verdadeira ($\cong 14\%$ em ambos) e nível líquido de 1,5 m, vazão de borbulhamento de 2000 L/h e tempo de contato de 20 minutos para o parâmetro turbidez ($\cong 13\%$). As curvas de eficiência com as maiores remoções alcançadas na avaliação dos parâmetros DQO, cor verdadeira e turbidez estão apresentadas nas Figura 6, Figura 7 e Figura 8, respectivamente.

O comportamento das curvas de eficiência de remoção da cor verdadeira a partir do borbulhamento de oxigênio puro foi diferente do comportamento obtido a partir do borbulhamento de ar comprimido. A maior capacidade oxidativa do oxigênio puro, em comparação ao ar comprimido, ocasionou, na maioria dos experimentos, eficiência de remoção positiva, fato não constatado no borbulhamento com ar comprimido. A justificativa para o comportamento oscilatório da eficiência de redução de cor verdadeira e turbidez, bem como eficiências de redução nula (ou seja, aumento de seu valor ao longo do tempo) para a menor vazão (500 L/h) em função do tempo de contato, é a mesma descrita no borbulhamento com ar comprimido.

O oxigênio puro borbulhado apresenta certa capacidade oxidativa, podendo ocasionar a redução da matéria orgânica pelo processo de arraste de gases dissolvidos e oxidação da parte orgânica degradável. Todavia, os resultados da eficiência de redução de DQO pelo borbulhamento de oxigênio puro não apresentaram diferenças significativas quando comparados ao processo de borbulhamento de ar comprimido.

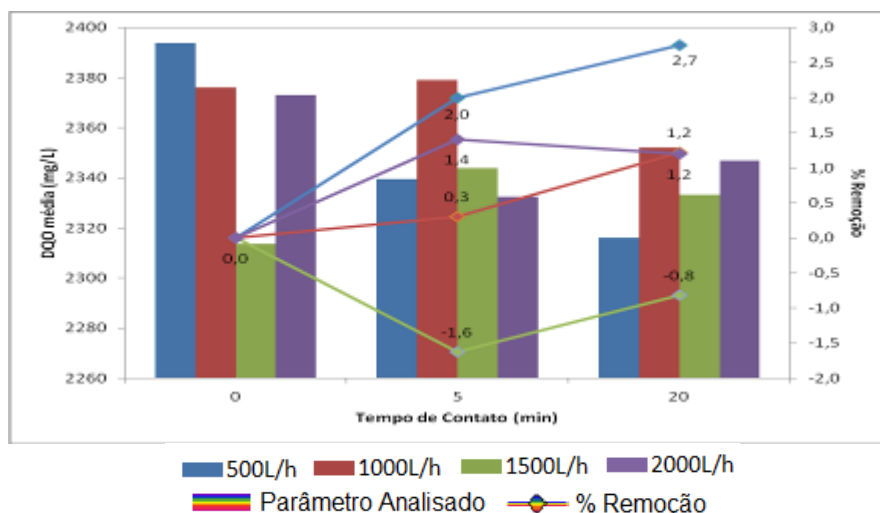


Figura 6: Valores médios de DQO e maior eficiência de remoção, utilizando oxigênio puro como gás de arraste, em nível líquido de 1,0 m, vazão de borbulhamento de 500 L/h e tempo de contato de 20 minutos.

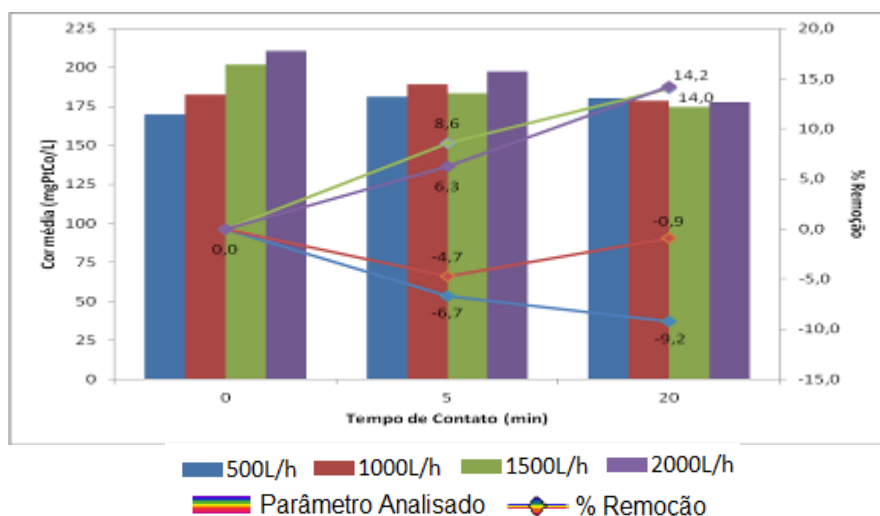


Figura 7: Valores médios de cor verdadeira e maior eficiência de remoção, utilizando oxigênio puro como gás de arraste, em nível líquido de 0,5 m, vazão de borbulhamento de 1500 e 2000 L/h e tempo de contato de 20 minutos.

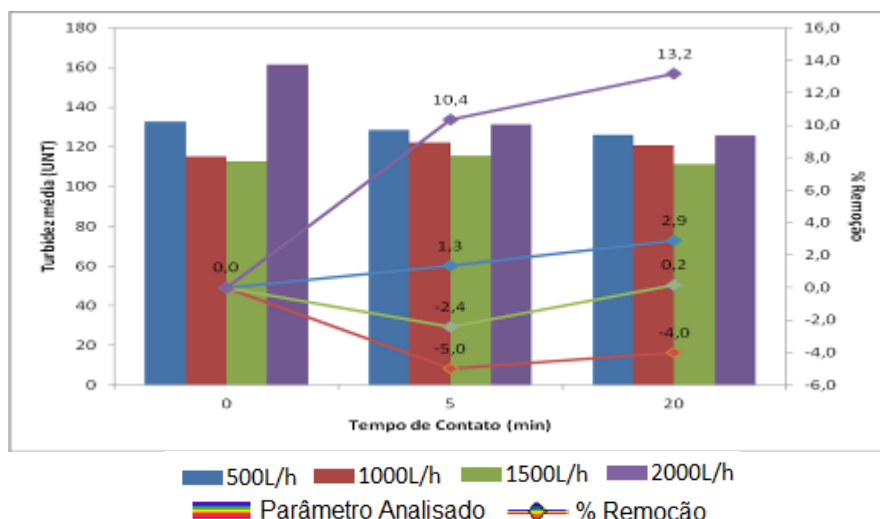


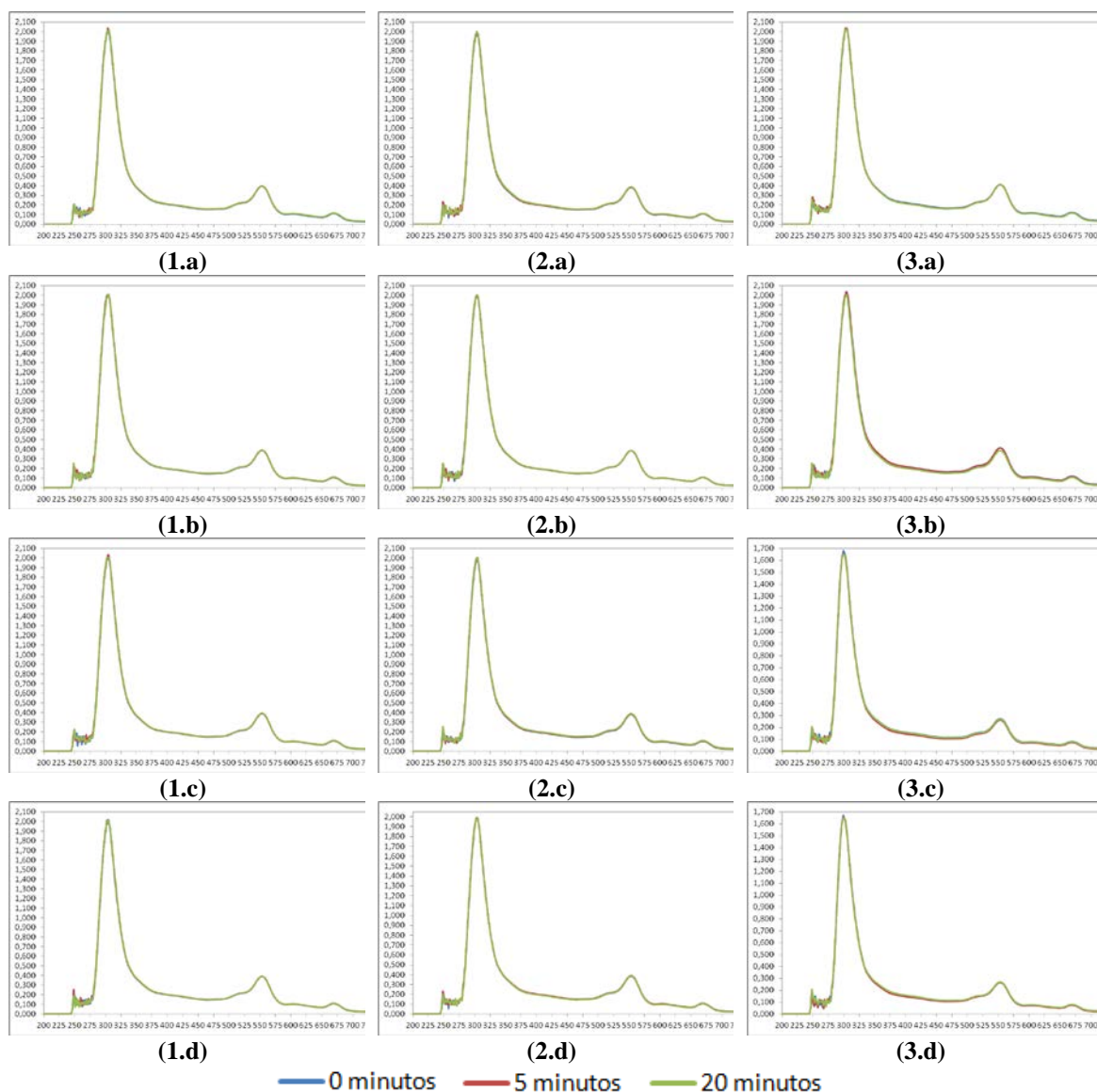
Figura 8: Valores médios de turbidez e maior eficiência de remoção, utilizando oxigênio puro como gás de arraste, em nível líquido de 1,5 m, vazão de borbulhamento de 1500 e 2000 L/h e tempo de contato de 20 minutos.

Espectro de Varredura UV-VIS

A Figura 9 apresenta os espectros de varredura UV-VIS obtidos nos ensaios de arraste de gases com borbulhamento do oxigênio puro em efluente saneante domissanitário, para os três níveis líquidos e as quatro vazões empregadas. Não foram lidos os espectros nos ensaios de arraste com ar comprimido uma vez que a varredura UV-VIS foi introduzida à metodologia do trabalho exatamente pelas reduzidas remoções de DQO observadas nos ensaios empregando-se ar comprimido como gás de arraste.

Através das curvas apresentadas na Figura 9 percebe-se que acontece uma sobreposição das linhas dos espectros, para 0, 5 e 20 minutos de tempo de contato, indicando que não houve alterações nas estruturas químicas das substâncias presentes no efluente após o borbulhamento de oxigênio puro. Apenas para o maior nível líquido (1,5 m) e para as maiores vazões de gás afluente (1000, 1500 e 2000 L/h) foi possível perceber um leve deslocamento das curvas, visíveis nas Figuras 9 (3.b), 9 (3.c) e 9 (3.d).

Assim, com a obtenção dos espectros, é reforçada a constatação de que não aconteceu, ou aconteceu em proporções mínimas, o arraste de matéria orgânica volátil do efluente saneante domissanitário, já verificada através das mínimas remoções de DQO obtidas.



Eixo Abscissa: Comprimento de Onda (nm) e Eixo ordenada: Absorbância (abs).

Figura 9 - Espectros de varredura UV-VIS no arraste com oxigênio puro para os níveis líquidos de: (1) 0,5 m, (2) 1,0 m e (3) 1,5 m; e vazão de gás afluente de: (a) 500 L/h, (b) 1000 L/h, (c) 1500 L/h e (d) 2000 L/h.

CONCLUSÕES

Para o efluente industrial saneante domissanitário estudado e para as configurações experimentais escolhidas, o stripping da matéria orgânica volátil por meio do borbulhamento de ar comprimido e oxigênio puro não ocorreu, ou ocorreu em proporções mínimas, baseados nos baixos resultados de remoção de DQO observados. Também as leituras dos espectros de varredura indicaram sobreposição das curvas referentes aos diferentes tempos de contato gás-líquido no processo de arraste com utilização de oxigênio puro, indicando que não houve alterações nas estruturas químicas dos contaminantes presentes no meio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; ROSA, M. A.; DURÁN, N. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. Química Nova, v. 27, n. 5, p. 818-824. 2004.
2. AMIGO, N. A de. Propriedade das normas de lançamento de esgoto. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Saneamento Ambiental) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 1998.
3. APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 ed. Washington DC, 2012.
4. ASSALIN, M.R.; DURÁN, N. Novas tendências para a aplicação de ozônio no tratamento de resíduos: ozonização catalítica. Revista Analytica, n. 26, p. 76-86. 2007.
5. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa CNAE. 2013. Disponível em: <<http://www.cnae.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 fev. 2014.
6. RAIMUNDO, C. C. M. Ocorrência de interferentes endócrinos e produtos farmacêuticos nas águas superficiais da bacia do rio Atibaia. 2007. 108f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2007.
7. SALLA, M. R Sistema de ozonização em esgoto de reator anaeróbio: estudo da hidrodinâmica e das respostas oscilantes de DQO. 2006. 443f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006.
8. SOUTO, G. D. B. Lixiviado de aterros sanitários brasileiros - estudo de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar ("*stripping*"). 2009. 371f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-19022009-121756/pt-br.php>>. Acesso em: 03 fev. 2014.
9. WANG, K. L.; HUNG, T. Y.; SHAMMAS, K. N. Advanced physicochemical treatment processes. New Jersey: Humana Press, v. 4. 2004.
10. WU, J.J. et al. The effect of storage and ozonation on the physical, chemical, and biological characteristics of swine manure slurries. Ozone Science and Engineering, v. 20, p. 35-50.1998.