

CAPÍTULO 2 - Primeiro colocado na Categoria “Mestrado ou Doutorado” do Prêmio Sanepar de Tecnologias Sustentáveis

DESENVOLVIMENTO DE CÂMARA DE DESSORÇÃO NO CONTROLE DE EMISSÃO DE GASES DISSOLVIDOS EM EFLUENTE DE REATOR UASB: MINIMIZAÇÃO DE MAUS ODORES E MITIGAÇÃO DE EFEITO ESTUFA

Belinazir Costa do Espírito Santo¹

Lucas Martins Machado¹

Tamile Dafne Marinho¹

Cláudio Leite de Souza²

¹Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - UFMG

²Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Professor e Pesquisador do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG

RESUMO

Realizaram-se experimentos de desenvolvimento da técnica de Câmara de Dessorção (CD) em escalas piloto e demonstração como alternativa para o controle de sulfeto de hidrogênio e metano dissolvidos no efluente de reator UASB no tratamento de esgoto doméstico. Para o sistema operando como CD simplificada, as eficiências de remoção de metano e sulfeto de hidrogênio se situaram aproximadamente entre 40 e 60%. Com a colocação de enchimento (anéis plásticos), as eficiências se elevaram bastante, alcançando valores entre 70 e 90%. Os principais parâmetros operacionais aplicados foram: altura útil de queda d'água de 1,2 e 1,5 m; carga hidráulica superficial de 0,15 a 0,35 m³.m⁻².min⁻¹; e relação entre vazões gás/líquido de 0,05 a 18. Portanto, concluiu-se que a CD se constitui em alternativa simples e eficiente para o controle de gases de maus odores (sulfeto de hidrogênio) e de efeito estufa (metano), devendo ser aplicada em escala real para os últimos ajustes e acertos para mais ampla disseminação tecnológica.

Palavras-Chave: Metano dissolvido. Sulfeto de hidrogênio dissolvido. Câmara de Dessorção. Reator UASB. Esgoto doméstico.

INTRODUÇÃO

No contexto brasileiro, o uso do reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) como tecnologia para tratamento de esgotos domésticos apresenta ótimas vantagens, como baixos custos de implantação e operação. Porém, possui como um dos principais desafios o gerenciamento dos gases formados no processo de conversão dos compostos orgânicos. Entre estes gases, têm-se como os mais importantes o metano (CH_4) e o sulfeto de hidrogênio (H_2S). A presença desses gases dissolvidos no efluente, com consequentes emissões descontroladas dos mesmos, causa preocupações em âmbitos sociais, ambientais e econômicos, tais como: ocorrências de maus odores e corrosão pelo H_2S , efeito estufa e perda de energia química contida no CH_4 .

O processo de remoção envolvendo a transferência de massa de gases (desgaseificação) a partir da água para o ar é denominado de dessorção. Obviamente, em sistemas completos, ainda há necessidade de apresentar, após a dessorção dos gases, uma etapa de oxidação de compostos alvo, no sentido de atingir o efetivo tratamento da fase gasosa. Em sistema de remoção de gases dissolvidos para efluente de reator UASB, o líquido é inteiramente direcionado para uma unidade de dessorção/desgaseificação, ao mesmo tempo em que um gás (frequentemente ar atmosférico) é também direcionado para a mesma unidade. Ressalta-se a importância do devido controle da quantidade de ar atmosférico admitida, a fim de evitar a formação de misturas potencialmente explosivas. Os gases dissolvidos (CH_4 e H_2S) dessorvem-se para a atmosfera interior e a fase líquida deixa a unidade com concentrações menores desses gases. Por sua vez, o ar deixa a unidade com uma concentração desses gases mais alta do que quando entrou. Ao sair da unidade, o gás flui para outra unidade de tratamento (ex. biofiltro) onde é oxidado (BROWN, 2006).

Os principais tipos de técnicas para transferência de massa na remoção de gases dissolvidos são basicamente três, a saber: Câmara de Dessorção com enchimento, Câmara de Dessorção de pratos e Câmara de Dessorção de *spray* (BROWN, 2006). Adicionalmente, pode-se elencar outro tipo de câmara simplificada, baseada somente na queda d'água. A essa unidade denomina-se Câmara de Dessorção (CD) simplificada, uma vez que não apresenta qualquer atributo interno diferenciador relevante (CORSI *et al.*, 1992).

Apesar de constar em algumas poucas referências bibliográficas internacionais, a tecnologia de CD não é apresentada de forma prática para ser mais efetivamente aplicada nesse contexto brasileiro. Nacionalmente, os trabalhos iniciais com CD simplificada foram desenvolvidos por Souza (2010), o qual obteve remoções de CH_4 e H_2S relativamente baixas, cerca de 35%, mas o experimento foi

bem incipiente e a CD piloto tinha somente 0,50 m de altura. Na sequência, estudos desenvolvidos por Gloria *et al.* (2016) utilizaram CD simplificada piloto de 0,5 e 1,0 m com carga hidráulica superficial (CHS) de 0,13 m³.m⁻².min⁻¹ e relação de vazões ar/líquido (r_Q) de 0,8 a 1,6, encontrando eficiências de remoção de CH₄ na faixa de 60 a 70% e de H₂S de 57 a 80%. Santo *et al.* (2017) também desenvolveram experimentos com CD piloto com altura de queda de 1,0 m, variações de CHS (0,13 a 1,28 m³.m⁻².min⁻¹) e de r_Q (0,04 a 159,7), obtendo remoções de cerca de 50% de CH₄ e de H₂S. Também em escala piloto, Huete *et al.* (2018) utilizaram uma CD com enchimento (anéis plásticos) de 1,0 m, CHS de 0,9 e 1,7 m³.m⁻².min⁻¹ e r_Q de 0,5 e 1,0, alcançando remoções de 99% de CH₄ e de 31% de H₂S.

Assim, diante do desenvolvimento ainda parcial, mas com grande potencial demonstrado, no presente trabalho, desenvolveu-se a técnica de CD simplificada e com enchimento, em escalas piloto e demonstração.

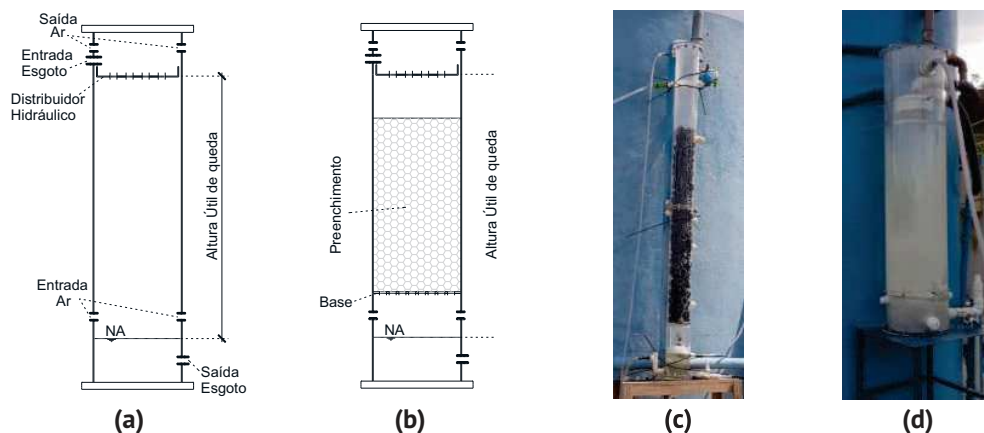
METODOLOGIA

Aparato experimental

Os experimentos foram desenvolvidos no Centro de Pesquisa e Treinamento em Saneamento (CePTS UFMG/COPASA), localizado junto à ETE Arrudas, com esgoto da região metropolitana de Belo Horizonte. Foi utilizado um reator UASB em escala demonstração (altura de 4,5 m, 14,0 m³ de volume, tempo de detenção hidráulica de 7 a 10 h). O efluente desse reator teve saída abaixo da superfície do decantador. Em seguida, o efluente foi direcionado para as unidades piloto e demonstração de CD, instaladas 0,50 m abaixo da saída. As CDs utilizadas foram dos tipos: CD simplificada (Figura 1a) e CD com enchimento (Figura 1b). Testou-se também de uma variação da CD com enchimento, mas com aplicação de baixa vazão de ar para avaliar a possibilidade de recuperação de metano (CD de recuperação). Os materiais de enchimento aplicados foram anéis plásticos: tipo Pall (diâmetro de 4,0 cm; altura de 3,5 cm) na escala piloto e recortes de eletrodutos corrugados (diâmetro de 2,0 cm; altura de 5,0 cm) na escala demonstração. As CDs são de formato cilíndrico, construídas em material acrílico, com alturas úteis de 1,5 m (piloto, Figura 1c) e 1,2 m (demonstração, Figura 1d). As CDs, com diâmetros de 13 cm (piloto) e 35 cm (demonstração), tinham orifícios de entrada do esgoto por cima e saída por baixo. Também orifícios que permitiam a entrada (por baixo) de ar atmosférico e saída (por cima) do gás residual contendo os gases dessorvidos, a partir do sistema de exaustão movimentado por meio de compressores e bombas peristálticas. As coletas de amostras dos líquidos afluente e efluente e do gás residual produzido pelas CDs

foram realizadas durante os anos de 2017 a 2018.

Figura 1 - Esquema de Câmara de Dessorção (a) simplificada, (b) com enchimento, e foto de Câmara de Dessorção (c) com enchimento - piloto, (d) simplificada - demonstração



Etapas experimentais e métodos analíticos

As etapas experimentais avaliadas foram as seguintes mostradas na Tabela 1, em termos de parâmetros operacionais, em suas respectivas escalas e tipos de CD. O regime de vazões aplicado foi constante para cada fase operacional. As principais análises desenvolvidas foram de CH₄ e H₂S dissolvidos nos afluentes e efluentes das CDs. O CH₄ dissolvido foi analisado pelo método de *headspace* (SOUZA *et al.*, 2011) e o H₂S dissolvido foi analisado pelo método colorimétrico (PLAS *et al.*, 1992). Também se mediram H₂S e CH₄ no gás residual gerado nas CDs por meio de analisador portátil LANDTEC® tipo GEM™ 5000. Além disso, outras análises foram realizadas: sulfato, enxofre, tiosulfato, DQO, sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos, seguindo métodos padrões (APHA, 2012).

Tabela 1 - Parâmetros operacionais para as CDs experimentais

Tipo de Câmara de Dessorção	Sigla	CD piloto – Vol. 20 L		CD demonstração – Vol. 136 L	
		CHS	rQ	CHS	rQ
		(m ³ .m ⁻² .min ⁻¹)	(Q _g .Q _l ⁻¹)	(m ³ .m ⁻² .min ⁻¹)	(Q _g .Q _l ⁻¹)
Simplificada	CD _{simp}	0,32	12,5	0,17	3,5
		0,35	5,7	0,27	2,3
Enchimento	CD _{ench}	0,30	17,7	0,15	3,9
				0,27	2,3
Recuperação	CD _{rec}	0,30	0,10	0,17	0,05
		0,34	0,06		

Onde: Vol. = Volume da CD; Q_g = Vazão do gás residual; Q_l = Vazão de líquido; CHS = Carga hidráulica superficial; rQ = razão entre vazões (Q_g/Q_l).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Desenvolvimentos em escala piloto

Na Tabela 2 mostra-se grande parte dos resultados para CD na escala piloto. Percebe-se claramente que, no geral, as concentrações afluentes estiveram próximas de 22 mg/L e 10 mg/L, respectivamente para metano e sulfeto dissolvidos. Somente na última condição o metano e sulfeto dissolvidos se apresentaram com concentrações mais baixas no afluente à CD_{rec} (15 e 7 mg/L). Por sua vez, os efluentes das CDs variaram em função das dinâmicas de eficiências em cada condição, mas, em geral, concentrações maiores na CD_{simp} (CH₄ e H₂S, 9 e 5 mg/L), intermediárias na CD_{rec} (CH₄ e H₂S, 6 e 2 mg/L) e as menores concentrações na CD_{ench} (CH₄ e H₂S, 2 e 1 mg/L). Ressaltando que a CD_{rec}, também é dotada de enchimento, contudo, o ajuste de r_Q é bem menor para proporcionar concentrações de metano maiores no gás residual. No Gráfico 1, que mostra as eficiências de remoção de metano dissolvido, em formato *boxplot*, tem-se que para CD simplificada (CHS e r_Q, cerca de 0,3 e 12,5-5,7) as eficiências situaram-se próximas de 60% (média e mediana), o que é um efeito bastante positivo em se tratando de unidade, de fato, muito simplificada. Por sua vez, adicionando o enchimento (anéis plásticos tipo Pall), mantendo condições operacionais relativamente próximas, as eficiências foram bastante incrementadas, atingindo valores próximos de 90%. Na sequência, buscou-se a alternativa de diminuição do r_Q (cerca de 0,10) para tornar a CD recuperadora de metano. Inicialmente, a eficiência reduziu pouco (75%), e com a operação continuada a eficiência apresentou valores bem mais reduzidos, próximos a 60% ou menos.

Tabela 2 - Concentrações de CH₄ e H₂S dissolvidos nas CDs piloto

Tipo de CD			CD _{simp}		CD _{ench}	CD _{rec}	
Parâmetros operacionais	CHS	(m ³ .m ⁻² .min ⁻¹)	0,32	0,35	0,3	0,3	0,34
	r _Q	(Q _g .Q _i ⁻¹)	12,5	5,7	17,7	0,1	0,06
CH ₄ (mg/L)	Afluente	Média	23,2	23,4	21,3	22,1	14,9
		DP/ N	4,2/13	1,7/8	1,9/10	1,0/9	2,6/39
	Efluente	Média	8,4	8,9	2,3	5,1	6,7
		DP/ N	2,0/12	0,4/5	0,7/10	1,4/7	2,4/39
H ₂ S (mg/L)	Afluente	Média	9,9	10,3	9,2	10,8	6,9
		DP/ N	2,0/13	2,4/7	3,8/9	2,9/9	2,5/34
	Efluente	Média	4,9	5,4	1,1	1,3	2,6
		DP/ N	2,4/12	2,9/6	0,6/9	1,4/5	2,1/33

Onde: CHS = Carga hidráulica superficial; r_Q = razão entre vazões (Q_g/Q_i); DP = desvio padrão; N = número de dados.

Gráfico 1 - Eficiências de remoção de CH₄ nas CDs em escala piloto

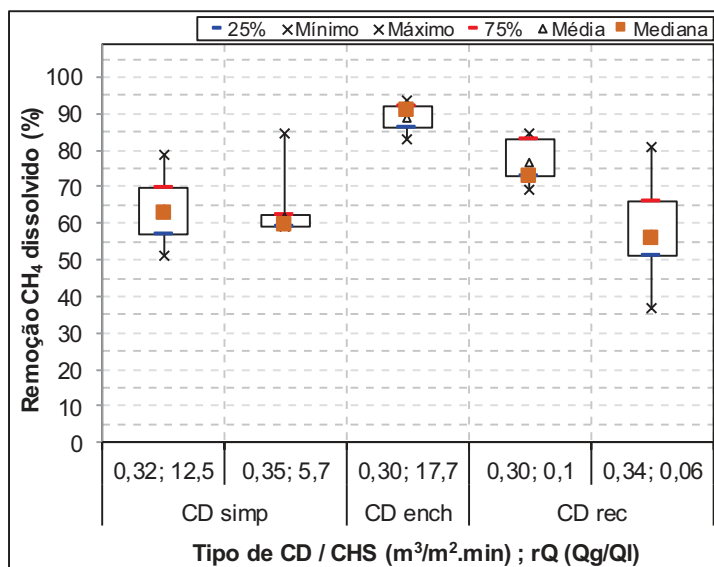
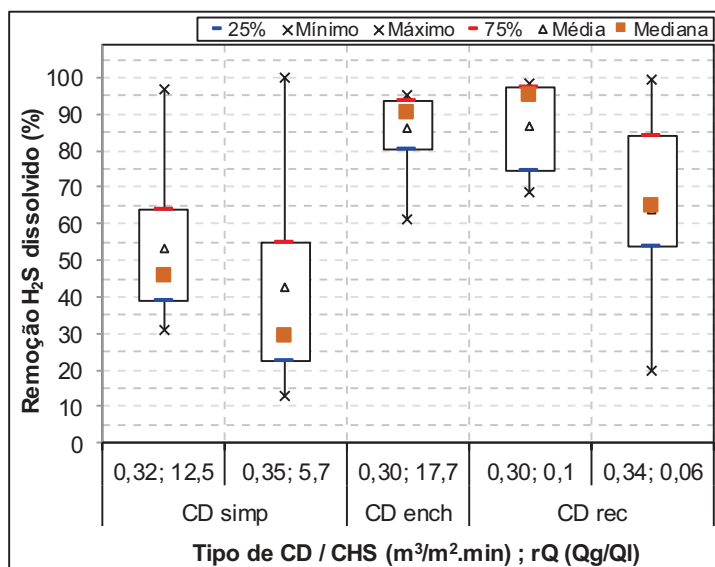


Gráfico 2 - Eficiências de remoção de H₂S nas CDs em escala piloto



No Gráfico 2, que mostra as eficiências de remoção de sulfeto dissolvido, em formato *boxplot*, tem-se que para CD simplificada as eficiências foram bastante reduzidas, próximas ou menores que 40% (médias e medianas). Contudo, com enchimento, as eficiências aumentaram a 85%, o que pode ser traduzido em grande controle de emissão de maus odores (H₂S). Para subsidiar a recuperação de metano, a CD_{rec}, inicialmente, manteve eficiências similarmente elevadas, mas novamente, com a

operação continuada com esse propósito, reduziram-se as eficiências para valores em torno de 65%. Adicionalmente, observou-se uma tendência de acúmulo de sólidos/lodo nos interstícios do material de enchimento, muito certamente em função da operação prolongada e continuada (24 horas) e elevada carga (CHS). Na Tabela 3, têm-se apresentados os resultados de concentração de metano e sulfeto de hidrogênio no gás residual das CDs. Claramente, percebe-se que os valores são mais baixos para CD simplificada, naturalmente em função das menores eficiências. Por sua vez, com as maiores eficiências para CD com enchimento, as concentrações se mostram relativamente maiores, da ordem de 500 ppm de H₂S e 0,5% de CH₄, mesmo com r_Q cerca de 18. Com esse gás residual, para se ter completa a solução, há necessidade de filtros biológicos para remoção de sulfeto de hidrogênio, os quais já são bem conhecidos e também simplificados. Para metano, biofiltros específicos vêm sendo desenvolvidos com tempos de detenção da ordem de minutos e enchimento com vermiculita expandida (BRANDT *et al.*, 2016). A seu turno, a busca por recuperação do metano dissolvido apresentou boas evidências iniciais, apesar das eficiências apresentarem reduções relevantes com a operação continuada (mostrada anteriormente). As concentrações obtidas com a redução do r_Q, além do enchimento, foram da ordem 17 a 22%, portanto, já bem mais viáveis de aproveitamento direto ou mesmo por mistura com o próprio biogás.

Tabela 3 - Concentrações de CH₄ e H₂S no gás residual das CDs piloto

Tipo de CD	Parâmetros operacionais		Gás residual			
	CHS	r _Q	CH ₄ (%)		H ₂ S (ppm)	
	m ³ .m ⁻² .min ⁻¹	Q _g .Q _i ⁻¹	Média	DP/ N	Média	DP/ N
CD _{simp}	0,32	12,5	0,4	0,4/10	231	196/7
	0,35	5,7	0,8	0,3/5	276	204/3
CD _{ench}	0,30	17,7	0,5	0,3/11	523	207/8
CD _{rec}	0,30	0,10	21,7	1,5/5	1426	652/6
	0,34	0,06	17,1	5,7/26	702	494/28

Onde: CHS = Carga hidráulica superficial; r_Q = razão entre vazões (Q_g/Q_i); DP = desvio padrão; N = número de dados.

Desenvolvimentos em escala demonstração

Na Tabela 4 mostra-se grande parte dos resultados obtidos para a CD na escala demonstração. Percebe-se claramente que, no geral, as concentrações afluentes estiveram próximas de 13 mg/L e 7 mg/L, respectivamente, para metano e sulfeto dissolvidos. Somente na última condição o metano e sulfeto dissolvidos se apresentaram com concentrações maiores no afluente à CD_{rec} (19 e 15 mg/L). Por sua vez, os efluentes das CDs variaram com as eficiências de cada condição, mas em geral, houve concentrações maiores na CD_{rec} CH₄ e H₂S, 11 e 8 mg/L), intermediárias

na CD_{simp} CH₄ e H₂S, 5 e 3 mg/L) e as menores concentrações na CD_{ench} CH₄ e H₂S, 3 e 1 mg/L). Ressalta-se que a CD_{ench} foi dotada de enchimento, contudo, com material diferente ao aplicado na escala piloto. Nesta escala demonstração o material de enchimento foram anéis de eletroduto (diâmetro de 2,0 cm; altura de 5,0 cm). A CD_{rec} foi também dotada do mesmo material.

Tabela 4 - Concentra es de CH₄ e H₂S dissolvidos nas CDs demonstração

Tipo de CD			CD _{simp}		CD _{ench}		CD _{rec}
Parâmetros operacionais	CHS	(m ³ .m ⁻² .min ⁻¹)	0,17	0,27	0,15	0,27	0,23
	rQ	(Q _g .Q _i ⁻¹)	3,5	2,3	3,9	2,3	0,05
CH₄ (mg/L)	Afluente	Média	14,2	13,6	12,4	13	18,6
		DP/ N	1,8/21	1,7/22	2,9/10	3,4/14	1,6/13
	Efluente	Média	5,4	5,1	2,2	3,3	10,6
		DP/ N	1,0/22	0,6/10	0,8/10	1,2/14	1,6/13
H₂S (mg/L)	Afluente	Média	7	6,8	5,9	7,3	14,9
		DP/ N	3,9/24	2,4/9	3,6/9	2,6/17	1,4/13
	Efluente	Média	3,1	3,9	0,8	0,8	6,8
		DP/ N	1,9/24	1,7/9	0,7/9	1,0/17	0,9/13

Onde: CHS = Carga hidráulica superficial; rQ = razão entre vazões (Q_g/Q_i); DP = desvio padrão; N = número de dados.

No Gráfico 3, que mostra as eficiências de remo o de metano dissolvido, em formato *boxplot*, tem-se que para CD_{simp} (CHS de 0,2; 0,3 e rQ de 2; 4) as eficiências situaram-se próximas de 60% (m dias e medianas). O que confirma as eficiências obtidas na escala piloto em condi es operacionais próximas. Com isso, mesmo com a amplia o de escala (piloto para demonstração) e redu o de altura de queda útil (1,5 m para 1,2 m) as eficiências se mantiveram bastante relevantes na perspectiva de contribui o no controle de emissão desse gás de efeito estufa. Por sua vez, adicionando o enchimento (anéis de eletroduto), mantendo condi es operacionais relativamente próximas, as eficiências foram bastante incrementadas, atingindo valores próximos de 85% (CHS de 0,15 e rQ de 3,9) e um pouco menor, próximos de 75% com CHS de 0,27 e rQ de 3,9. Na fase seguinte, com a diminui o drástica do rQ (valor de 0,05) para a condi o de CD_{rec}, a eficiência reduziu bastante, para cerca de 43%, provavelmente redu o essa influenciada pela menor efetividade na transferência de massa entre as fases líquida e gasosa, mas, possivelmente, também, pela evolu o da progressão do acúmulo de sólidos/lodo no material de enchimento.

Gráfico 3 - Eficiências de remoção de CH₄ nas CDs em escala demonstração

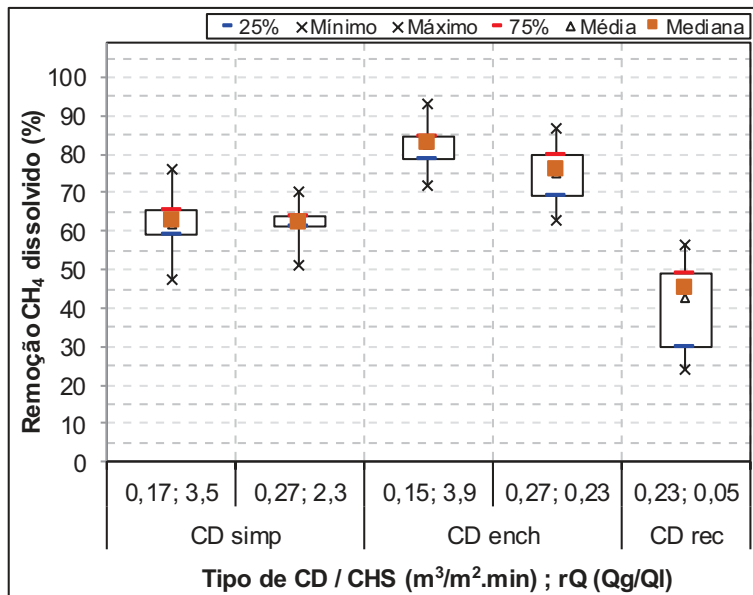
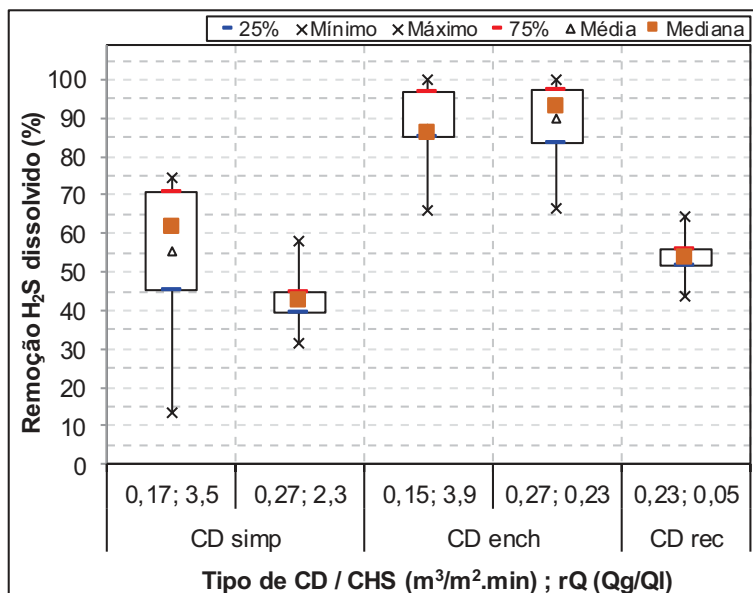


Gráfico 4 - Eficiências de remoção de H₂S nas CDs em escala demonstração



No Gráfico 4, que mostra as eficiências de remoção de sulfeto dissolvido, tem-se que para CD_{simp} as eficiências foram inicialmente da ordem de 55% (CHS de 0,17 m³.m⁻².min⁻¹ e rQ de 3,5), mas tenderam a reduzir para cerca de 43% (média e mediana) com o aumento de CHS (0,27 m³.m⁻².min⁻¹) e redução de rQ (2,3).

Contudo, com o enchimento, a CD_{ench} apresentou eficiências aumentadas, para próximas a 85%, novamente em concordância com os experimentos na escala piloto. Isto provavelmente se deve ao aumento da área superficial de transferência de massa entre fases gás-líquido-biofilme, proporcionado pelo material de enchimento, permitindo, assim, que a remoção do sulfeto de hidrogênio acontecesse também por rotas alternativas, como oxidação para outros compostos de enxofre (principalmente sulfato). Diferente do que aconteceu na CD_{simp} , quando essas rotas se mostraram menos efetivas.

Na sequência, ainda com a CD_{ench} , apesar do novo aumento da CHS ($0,27 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$) e diminuição do rQ (2,3), as eficiências se mantiveram bem elevadas, atingindo valores de 90%, o que significa potencial de controle praticamente pleno dos maus odores no efluente do reator UASB, naturalmente complementando com a simples, compacta e já bem conhecida tecnologia por biofiltro de H_2S , para o tratamento do gás residual.

Na continuidade dos experimentos, para investigação de incremento do potencial energético, com a CD_{rec} em escala demonstração, as eficiências reduziram-se para em torno de 54% de sulfeto dissolvido total, o que novamente revela o caráter incipiente desse desenvolvimento tecnológico. Portanto, entende-se que a modalidade da CD_{ench} esteja em excelentes condições para nova ampliação de escala, para a real, ao passo que a CD_{rec} , com a recuperação do metano e elevada remoção de H_2S , necessita de novos ajustes e desenvolvimentos ainda nas escalas experimentais.

As concentrações do CH_4 no gás residual também se mantiveram em valores próximos para as etapas de operação para as CDs simplificada e enchimento (Tabela 5). Contudo, mesmo com a menor eficiência de remoção de CH_4 na CD recuperação, a concentração do composto no gás residual foi de 19,9%, isto devido à menor vazão de ar que adentra à câmara com a redução drástica no parâmetro rQ . As concentrações médias de H_2S no gás residual da CD_{simp} (CHS de $0,15 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ e $0,27 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$) foram de 333 e 360 ppm, respectivamente. Por sua vez, para CD_{ench} (CHS de $0,17$ e $0,27 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$) foram de 158 e 200 ppm, respectivamente, portanto menores, apesar da maior eficiência de remoção. Esse contraste, de forma bem evidenciada, demonstra que o mecanismo mais relevante de remoção na CD é a oxidação dos compostos de enxofre. Particularmente para a CD_{ench} , as concentrações de sulfato aumentaram, em média, da entrada para a saída, respectivamente, de 13,5 mg/L para 23,6 mg/L. Por fim, para a CD_{rec} , houve elevada concentração de H_2S no gás residual, chegando à média de 963 ppm, devido à redução drástica no parâmetro rQ .

Tabela 5 - Concentrações de CH₄ e H₂S no gás residual da CD escala demonstração

Tipo de CD	Parâmetros operacionais		Gás residual			
	CHS	rQ	CH ₄ (%)		H ₂ S (ppm)	
	m ³ .m ⁻² .min ⁻¹	Q _g .Q _i ⁻¹	Média	DP/ N	Média	DP/ N
CD_{simp}	0,17	3,5	0,5	0,13/19	333	183/17
	0,27	2,3	0,7	0,19/7	360	142/9
CD_{ench}	0,15	3,9	0,4	0,12/10	158	121/9
	0,27	2,3	0,8	0,27/17	200	115/14
CD_{rec}	0,23	0,05	19,9	6,2/13	963	387/13

Onde: CHS = Carga hidráulica superficial; rQ = razão entre vazões (Q_g/Q_i); DP = desvio padrão; N = número de dados.

CONCLUSÃO

Entende-se que a tecnologia de Câmara de Dessorção esteja bem desenvolvida em escala piloto e demonstração (melhores condições com eficiências de 70 a 90% para CH₄ e H₂S dissolvidos). Devendo, assim, ser desenvolvida na escala real, mas iniciando por pequenas ETEs para a devida confirmação dos parâmetros, eficiências e concentrações nas condições totalmente reais de variação de vazões de esgoto. Particularmente, há que se atentar no que diz respeito à minimização de riscos de inflamabilidade do gás residual, quando houver aumentos da concentração de metano, para maior que 5%, o que não deve ocorrer na operação habitual em função das vazões de exaustão elevadas ($rQ > 2$), nas quais foram encontradas concentrações abaixo de 1%. Nesse sentido, recomendam-se os seguintes parâmetros para o dimensionamento de uma câmara de dessorção em escala real para uma pequena ETE: H = 1,5 m; CHS = 0,15 m³.m⁻².min⁻¹; rQ = 4; enchimento com camada de 1 m de anéis plásticos (>3", área específica cerca de 100 m².m⁻³). A opção por elementos de enchimento maiores, do que os avaliados no presente trabalho, deu-se em função de minimização de acúmulos de lodo e sólidos.

REFERÊNCIAS

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington: American Public Health Association; 2012, 1360 p.

BRANDT, E.M.F.; DUARTE, F.V.; VIEIRA, J.P.R.; MELO, V.M.; SOUZA, C.L.; ARAÚJO, J.C.; CHERNICHARO, C.A.L. The use of novel packing material for improving methane oxidation in biofilters. **Journal of Environmental Management**. n.182, p. 412-420, 2016.

BROWN, N. **Methane dissolved in wastewater exiting UASB reactors: concentration measurement and methods for neutralization**. Masters' Thesis- Sustainable Energy Engineering- Royal Institute of Technology, 2006, 174 f.

CORSI, R.L.; CHANG, D.P.Y.; SCHROEDER, E.D. A modeling approach for VOC emissions from Sewers **Water Environment Research**, v.64, n.5, p. 734-741, 1992.

HUETE, A.; COBOS-VASCONCELOS, D.; GÓMES-BORRAZ, T.; MORGAN-SAGASTUME, J.M.; NOYOLA, A. Control of dissolved CH₄ in a municipal UASB reactor effluent by means of a desorption - biofiltration arrangement. **Journal of Environmental Management**, n.216, p. 383-391, 2018.

PLAS, C., HARANT, H., DANNER, H., JELINEK, E., WIMMER, K., HOLUBAR, P.; BRAUN, R. Ratio of biological and chemical oxidation during the aerobic elimination of sulphide by colourless sulphur bacteria. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.36, n.6, p. 817-822, 1992.

SANTO, B.C.E.; GLÓRIA, R.M.; MACHADO, L.M.; SOUZA, C.L. Avaliação de câmara de dessorção para remoção de metano e sulfeto de hidrogênio dissolvidos em efluentes de reatores UASB tratando esgoto doméstico. **Congresso ABES/FENASAN-2017**, São Paulo, p. 1-13 II-572, out. 2017.

SOUZA, C.L. **Estudo das rotas de formação, transporte e consumo dos gases metano e sulfeto de hidrogênio resultantes do tratamento de esgoto doméstico em reatores UASB**. Tese de Doutorado-Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos- Universidade Federal de Minas Gerais, 2010, 127 f.

SOUZA, C.L., CHERNICHARO, C.A.L., AQUINO, S.F. Quantification of dissolved methane in UASB reactors treating domestic wastewater under different operating conditions. **Water Science Technology**, v.11, n.64, p. 2259-2264, 2011.