

X-046 - MINIMIZAÇÃO DO ODOR EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO OXIDANTE DE SULFETO DE HIDROGÊNIO

Marcos Lopes de Souza⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental (UFSC). Pesquisador da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

Fernanda Armelinda Cardoso

Química Ambiental (PUC/PR) e Bióloga (UTP). Pesquisadora da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

Cinthia Monteiro Hartmann

Engenheira Civil (UFPR). Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (UFPR). Pesquisadora da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

Débora Gomes

Graduanda de Engenharia Ambiental (PUC/PR). Ex-estagiária da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

Charles Carneiro

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciência do Solo e Doutor em Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Gerente da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

Endereço⁽¹⁾: Rua Engenheiros Rebouças, nº 1376. Bairro Rebouças – CEP: 80.215-900. Curitiba-PR- Brasil.
Tel: 41- 3330 3107 –e-mail: marcosls@sanepar.com.br

RESUMO

O principal composto odorífero gerado em ETE's consiste no gás sulfídrico (H_2S). Na Sanepar, o controle deste gás é realizado principalmente através da oxidação de sulfetos (S^{2-}) (forma dissolvida do H_2S) com cloro gasoso (Cl_2). O cloro tem apresentado baixa eficiência, custo elevado e a alta periculosidade. Como alternativa ao Cl_2 foi avaliado o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em uma ETE de 70 L/s e concentração média de sulfetos totais de 7,45mg/L na saída do reator anaeróbio. Com uma dosagem de 1,50:1 (mg H_2O_2 /mg S^{2-}), após 5 minutos de reação, obteve-se uma redução média de 90% da concentração de inicial de S^{2-} . Oxigênio dissolvido e pH do efluente não foram alterados, atestando a compatibilidade do uso deste produto com o processo de tratamento da estação. Desta forma, pode-se dizer que o H_2O_2 é eficaz na oxidação de S^{2-} e, portanto, na minimização da emissão de odores em ETE's.

PALAVRAS-CHAVE: Peróxido de hidrogênio, controle de odor, gás sulfídrico, ETE.

INTRODUÇÃO

O mau odor emitido em ETE's tem se configurado como um dos principais problemas a serem resolvidos pela Sanepar. Tal problema tem se agravado nos últimos anos devido ao aumento das restrições legais quanto à emissão odorífera. Este fator tem sido preponderante para que empresas de saneamento sejam alvo de ações jurídicas motivadas por reclamações de moradores vizinhos.

O principal gás odorífero em estações de tratamento de esgoto é o gás sulfídrico, o qual é gerado por bactérias anaeróbias em ambientes sépticos, que agem reduzindo sulfatos a sulfetos (Hvitved-Jacobsen & Vollertsen, 2001). Os sulfetos dissolvidos (HS^-) em meio líquido são facilmente liberados na atmosfera na forma de gás sulfídrico (H_2S).

Na SANEPAR, o tratamento de esgoto é predominantemente realizado por RALF (Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado), o qual decorre de um processo de tratamento internacionalmente conhecido como UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) (Aisse *et al*, 2000). A digestão da matéria orgânica no reator ocorre através de processos anaeróbios, portanto, o efluente a jusante do reator contém elevada concentração de sulfetos, precursor do gás sulfídrico. Esse gás pode ser percebido pelo olfato humano em concentrações tão baixas quanto 0,5 ppb, com odor característico de ovo podre, podendo causar problemas de corrosão no sistema de tratamento, impactos ambientais e, além disso, afetar a qualidade de vida da população vizinha (Stuetz *et al*.

2001). Diante disso, o seu controle é de extrema importância e pode ser realizado através do tratamento químico do sulfeto dissolvido no meio líquido com agentes oxidantes (Yang & Hobson, 2001).

O produto utilizado na maioria das ETE's da SANEPAR é o gás cloro (Cl_2). No entanto, o gás cloro apresenta riscos operacionais, além de uma grande ameaça à segurança pública devido à sua alta periculosidade em caso de vazamento, pois dispersa no meio atmosférico, podendo ser letal e atingir um raio maior que os limites da ETE. Além disso, na presença de matéria orgânica, o cloro livre forma trihalometanos (THM), compostos orgânicos estáveis cujos efeitos podem ser nocivos ao homem e ao meio. Diante desse problema, aliado às necessidades da obtenção de melhor eficiência e custo, através dessa pesquisa tem-se como objetivo avaliar o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) como alternativa ao cloro para o controle de odor nas estações.

O peróxido de hidrogênio foi indicado para teste em escala real pelo fato de que em testes realizados em escala de bancada para neutralização de sulfetos, este oxidante apresentou o melhor desempenho frente aos critérios avaliados: eficiência, economia, segurança e ambiental.

De acordo com Nuvolari (2003), o peróxido de hidrogênio tem elevado poder oxidativo, promovendo a oxidação dos sulfetos dissolvidos de maneira rápida, eliminando na fonte a possibilidade de presença de H_2S através da manutenção de condições aeróbias, pois adiciona oxigênio retardando a septicidade à jusante. Sua implantação e operação são simplificadas, sendo que sua eficiência reacional ocorre em um curto espaço de tempo e sua aplicação normalmente é feita em quantidades reduzidas de 5 a 20 mg/L, o que contribui para baixos custos de tratamento.

Segundo a WEF (Water Environment Federation, 1995) o peróxido de hidrogênio apresenta plena compatibilidade ambiental não gerando subprodutos químicos em sua decomposição. De acordo com sua Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico, somente concentrações superiores a 200 mg/l resultam em ação inibitória sobre as instalações de tratamento biológico.

O pH no qual a oxidação dos sulfetos ocorre, afetará a quantidade de peróxido de hidrogênio que será requerida. Quanto mais alcalino, maior será a existência de H_2S , portanto maior a quantidade de H_2O_2 requerida (Campos & Pagliuso, 1999). A tabela 1 apresenta as reações de oxidação em função do pH do meio.

Tabela1: Reações de oxidação do H_2S em função do pH

Reações	Condições de pH
$\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{S}^0 + 2\text{H}_2\text{O}$	Ácido / Neutro
$\text{S}^{2-} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$	Alcalino

Fonte: Adaptado de Nuvolari, 2003.

MATERIAIS E MÉTODOS

O teste foi realizado na ETE Menino Deus, localizada no município de Quatro Barras. Pelo caráter experimental deste projeto, foi escolhida uma estação de pequeno porte, cuja vazão média aproximada é de 70 L/s. A estação é composta por unidades de pré-tratamento (gradeamento e desarenação), tratamento por um RALF e pós-tratamento composto por uma lagoa facultativa.

Foi realizada uma vistoria onde foram observados os possíveis pontos de aplicação do produto. Foi verificado que a principal fonte de gás sulfídrico corresponde ao RALF e a caixa de distribuição do efluente para a lagoa facultativa. A partir desta avaliação, o sistema de dosagem foi instalado nas calhas coletoras do efluente do RALF. Desta maneira, ao se promover a oxidação do sulfeto logo no efluente do reator anaeróbico acarretaria também em uma redução da concentração deste composto na caixa de entrada lagoa.

A dosagem do produto foi definida a partir do que é recomendado em literatura, ou seja, entre 1,50 e 2,00 $\text{mgH}_2\text{O}_2/\text{mgS}^{2-}$. O sistema de aplicação do produto foi por gravidade sendo composto por um contentor de 1m^3 , tubulação de PVC e válvulas para controle de vazão.

A eficiência do produto foi verificada através de análise de amostras do efluente coletadas antes e após a dosagem do produto. Os seguintes parâmetros foram monitorados: Sulfetos Totais, Sulfatos, Demanda

Química de Oxigênio (DQO), pH, Oxigênio Dissolvido e H_2O_2 residual. Estes parâmetros foram monitorados em dois pontos principais: na saída do RALF e na entrada da lagoa.

Em cada dia de campanha inicialmente eram coletadas amostras sem a dosagem do Peróxido de Hidrogênio (amostras testemunhas) e após a adição do produto nos períodos da manhã e tarde. Para as amostras coletadas após a dosagem do Peróxido de Hidrogênio era adicionada Catalase para que houvesse a paralisação da oxidação dos sulfetos até o momento da análise.

Antes da dosagem do produto, era verificada a concentração de sulfetos no efluente do RALF para determinação da dosagem ideal do peróxido de hidrogênio. O teste era realizado somente quando a concentração fosse superior a 4,0 mg/l. Esta condição, estabelecida pela Unidade de Serviço de Esgoto (USEG), apresenta uma maior probabilidade de reclamação de maus odores na estação.

As análises de sulfeto, sulfato e DQO foram realizadas conforme a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 21st edition (2005). Para as amostras que apresentaram uma concentração de sulfetos entre 0 e 1,0 mg/L foi utilizado o método usualmente conhecido como azul de metileno (Método 4500-S2- D, p. 4-174) com posterior leitura em espectrofotômetro. As amostras que apresentaram concentrações superiores a 1,0 mg/L, o sulfeto total foi determinado através de titulometria pelo método iodométrico, (Método 4500 S2-- F, p. 4-176) onde o iodo reage com sulfetos em solução ácida, oxidando-o para anidrido sulfuroso.

Quanto à determinação de sulfato, a quantificação ocorreu através do método turbidimétrico conforme o método 4500-SO₄²⁻ E (p. 4-188).

As análises de DQO (Demanda Química de Oxigênio) foram realizadas de acordo com o método 5220 D (p. 5-18) que descreve os procedimentos analíticos para determinação da Demanda Química de Oxigênio utilizando o método colorimétrico de refluxo fechado.

RESULTADOS

Sulfetos Totais

A figura 1 apresenta os resultados de eficiência obtidos em função das diferentes dosagens aplicadas. Na faixa de dosagem compreendida entre 0,93 e 2,94: 1 (mg H_2O_2 /mgS²⁻), a concentração média de sulfetos totais da amostra testemunha (sem aplicação de H_2O_2), foi de 7,45 mg/l. Para as amostras coletadas após a aplicação do Peróxido de Hidrogênio a concentração média obtida na saída do RALF foi de 1,49 mg/L e na caixa de entrada do efluente na lagoa foi de 0,93 mg/L. Em termos de eficiência média global, nesta faixa de dosagem, a eficiência na saída do reator foi de 80,00% e na caixa de entrada da lagoa de 87,51%.

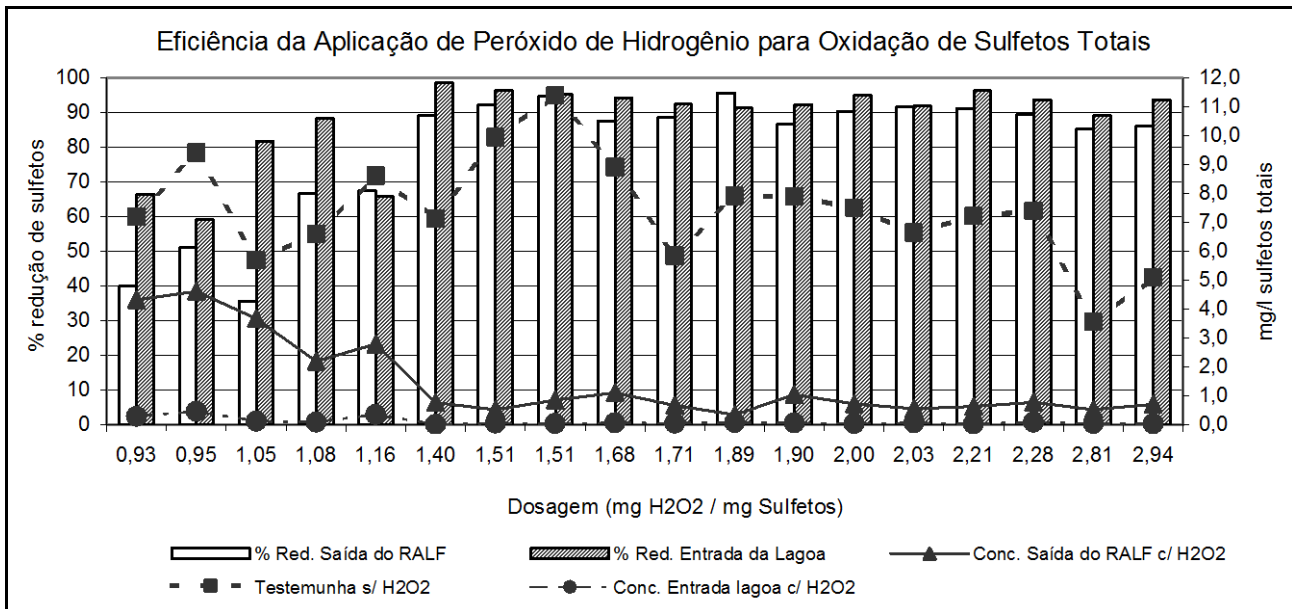


Figura 1: Eficiência em função da dosagem de Peróxido de Hidrogênio

A eficiência na caixa de entrada da lagoa é maior devido ao maior tempo de contato do oxidante com o sulfeto do efluente, aproximadamente 12 minutos. Até a saída do RALF o tempo estimado foi de 5 minutos.

Avaliando as dosagens aplicadas foi verificado que os melhores resultados foram obtidos quando a quantidade de produto aplicado correspondia a uma razão de mínima de 1,40: 1 ($\text{mgH}_2\text{O}_2 / \text{mgS}^{2-}$). Nesta condição a eficiência encontrada foi de 89,19% na saída do reator e 98,60% na entrada da lagoa, sendo a concentração da amostra testemunha de 7,15 mg/L. Para as dosagens superiores à razão 1,40: 1 não foi observado um incremento de eficiência na mesma proporção do aumento de dosagem, sendo a eficiência média encontrada na saída do RALF de 90,53% e 93,58% na caixa de entrada da lagoa.

Para dosagens inferiores a 1,40: 1 a eficiência média encontrada na saída do reator foi de 52,17% e na caixa de distribuição para a lagoa 72,39%, apresentando respectivamente uma concentração média após a aplicação do oxidante de 3,54mg/L na saída do reator e 2,2 mg/L na entrada da lagoa.

Com relação ao padrão de lançamento para sulfetos, após a adição do Peróxido de Hidrogênio na dosagem mínima de 1,40: 1 a concentração média do efluente logo na saída do reator foi sempre inferior a 1,0 mg/l, que é o preconizado pela legislação. Na faixa de dosagem entre 1,40 e 2,94: 1 a concentração média na saída do reator foi de 0,71 mg/L e na caixa de entrada da lagoa foi de 0,45 mg/L.

Ao minimizar a concentração de sulfetos totais logo na origem, que é na saída do reator, evitou-se que este composto fosse emitido para a atmosfera na forma de gás sulfídrico em pontos localizados a jusante do RALF, dentro da própria estação ou até mesmo fora do seu limite.

A redução da concentração dos sulfetos totais no líquido promovida pelo uso de peróxido de hidrogênio foi acompanhada por uma drástica redução da percepção olfativa do mau odor causado pelo H_2S .

Sulfato

O objetivo da análise de sulfatos foi verificar a interferência do Peróxido de Hidrogênio na concentração deste composto, justamente pelo fato de que o sulfato, em condições anaeróbicas, é reduzido a sulfeto e facilmente liberado para o ar na forma de gás sulfídrico.

Analisando a figura 2, constata-se que não existem diferenças significativas de concentração em função da dosagem aplicada. Exceto a dosagem de 1,90 mg/l de H_2O_2 , as demais apresentaram uma tendência de igualdade de concentração entre as amostras testemunhas e as amostras com Peróxido de Hidrogênio coletadas na saída do RALF e na entrada da lagoa.

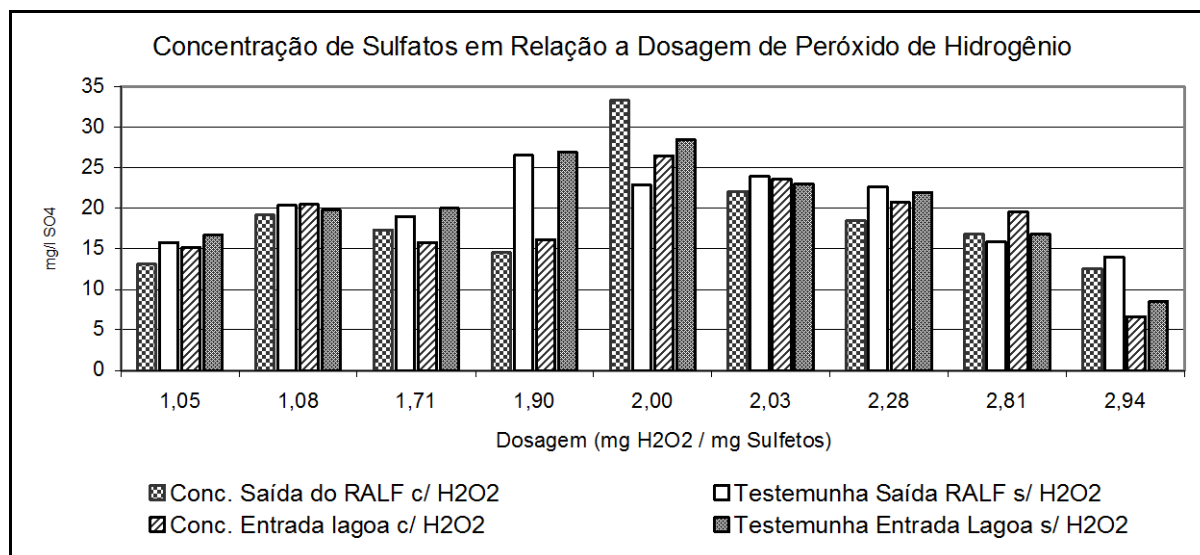


Figura 2: Concentração de sulfatos antes e após a aplicação de Peróxido de Hidrogênio

A concentração média das amostras sem Peróxido de Hidrogênio foi de 20,22 mg/L e das amostras com o oxidante foi de 18,44 mg/L.

Demanda Química de Oxigênio

Os resultados mostraram um aumento da DQO após a aplicação do Peróxido de Hidrogênio. O valor da DQO tendeu a aumentar em função da distância do ponto de aplicação do oxidante, sendo que as maiores concentrações foram observadas na caixa de entrada da lagoa.

Acredita-se que o aumento da DQO ocorreu em virtude do arraste de material desprendido da superfície da tubulação, pois o Peróxido de Hidrogênio tem como característica promover uma limpeza inicial do sistema devido à capacidade de retirar incrustações e matéria orgânica dos dutos. Porém, após operação contínua do Peróxido de Hidrogênio a grande tendência é a redução deste efeito, uma vez que o sistema tende a se estabilizar.

Para avaliar o possível efeito do arraste de materiais no aumento da DQO foram realizados testes em escala de bancada em "Jar Test". A partir desses testes, foram obtidos os resultados da Tabela 2.

Tabela 2. Resultados DQO (mg/L) em escala de bancada.

Amostras	DQO Sem H ₂ O ₂				DQO Com H ₂ O ₂	
	1	2	3	4	5	6
Série 1	47	61	62	70	84	45
Série 2	69	52	53	35	75	48

Observa-se que em bancada, não foi observada a mesma proporção de aumento da DQO ocorrida em escala real o que acaba por reforçar a possibilidade do aumento deste parâmetro associado ao arraste de matéria orgânica.

Peróxido de Hidrogênio Residual

Os valores obtidos de H_2O_2 residual indicam que o maior consumo de oxidante ocorre no próprio RALF, entre os pontos de aplicação e a Calha de Saída do efluente tratado. A Figura 3 apresenta o consumo de produto em cada etapa ao longo do tratamento do efluente, sendo a última referente ao residual de Peróxido de Hidrogênio que se mantém na entrada da lagoa.

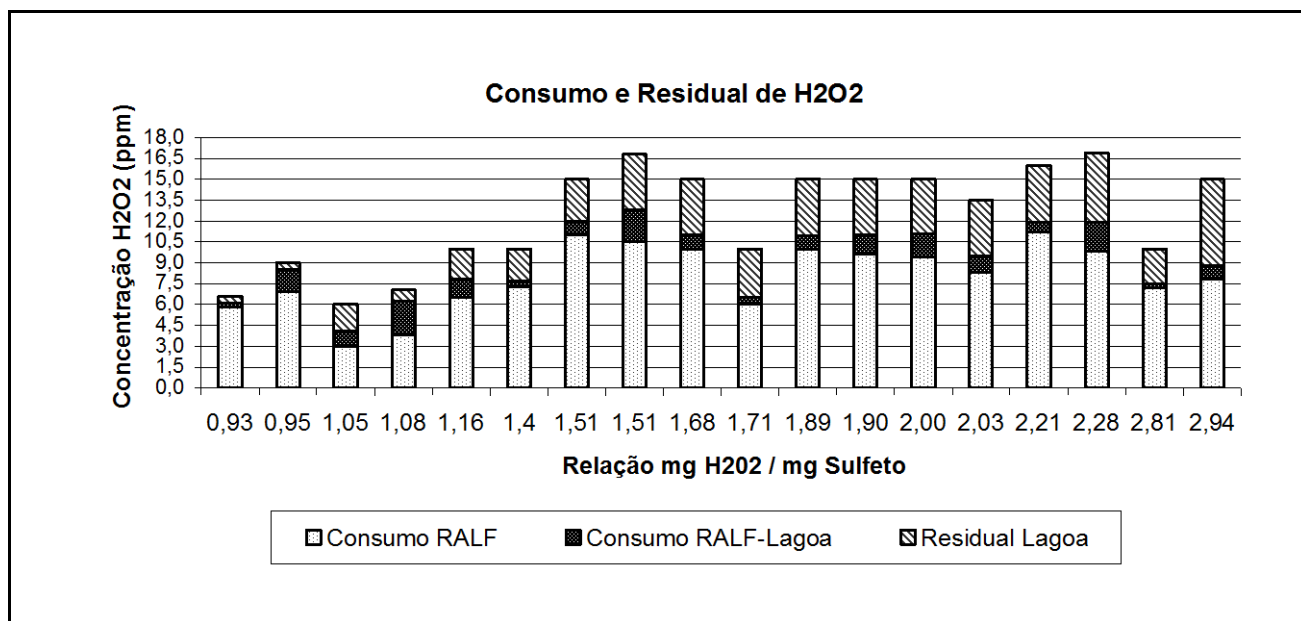


Figura 3. Consumo de H_2O_2 por etapa em relação à dosagem aplicada.

Estabelecendo um comparativo entre o consumo de Peróxido de Hidrogênio e a eficiência na redução do teor de Sulfetos Totais, pode-se constatar que o incremento na eficiência mantém-se proporcional ao aumento no consumo de H_2O_2 e aumento da relação H_2O_2 / Sulfeto. Conforme apresentado na Figura 4, entre as relações 1,51 e 2,00 consideráveis eficiências de redução foram obtidas paralelamente a um consumo de H_2O_2 entre 10 e 12 ppm até a entrada da lagoa.

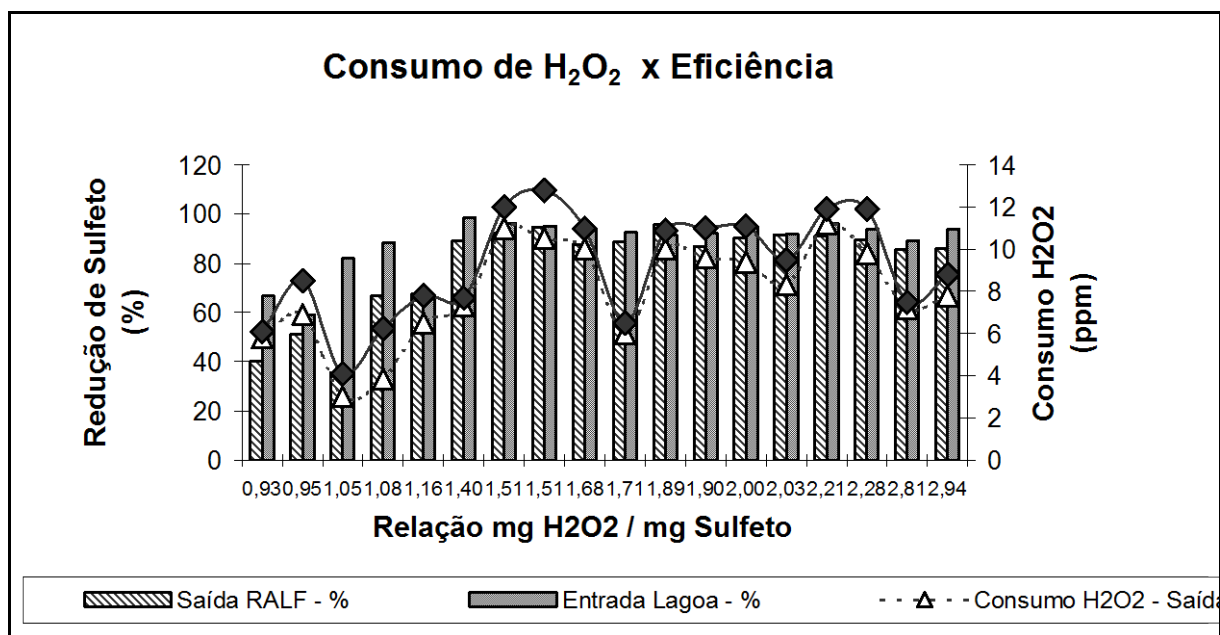


Figura 4. Gráfico comparativo entre consumo de H_2O_2 e a eficiência de redução de Sulfeto

Oxigênio Dissolvido

Após o acompanhamento analítico de Oxigênio Dissolvido realizado durante três dias, com três medições por dia, pode-se afirmar que as variações nos resultados entre amostragem prévia a aplicação de H_2O_2 e após o tratamento oxidativo não se mostram relevantes.

Conforme apresenta a Tabela 3, o incremento de Oxigênio Dissolvido observado entre os pontos de coleta Saída RALF e Entrada da Lagoa também foi verificado no sistema isento de dosagem de H_2O_2 .

Portanto, nas concentrações aplicadas de Peróxido de Hidrogênio para o abatimento de Sulfetos Totais não ocorre elevação nos teores de Oxigênio Dissolvido. Entretanto, sugere-se uma futura reavaliação deste parâmetro analítico através de metodologia alternativa a detecção de OD por sonda de luminescência.

Tabela 3. Resultados obtidos em análises de Oxigênio Dissolvido.

Nº Medição	Dosagem H_2O_2	Relação H_2O_2 /Sulfeto	OD (mg/L) Efluente RALF (pré- H_2O_2)	OD(mg/L) Saída RALF	OD(mg/L) Entrada da Lagoa
1	0	-	0,25	0,46	1,4
2	0	-	0,35	0,33	1,37
3	15 ppm	2,00	0,29	0,18	0,34
4	0	-	0,26	0,4	1,67
5	15 ppm	2,94	0,3	0,28	1,31
6	15 ppm	1,89	0,17	0,17	0,24
7	0	-	0,19	0,38	1,61
8	10 ppm	1,71	0,21	0,09	1,07
9	10 ppm	1,16	0,19	0,11	0,33

pH

Foram realizadas 8 medições entre os meses de julho e agosto. Os resultados constatados durante o monitoramento de pH estão presentes na Tabela 4. Pode-se afirmar que a aplicação de Peróxido de Hidrogênio nas concentrações envolvidas no estudo não implicam em alteração de pH no efluente da ETE Menino Deus. As medições realizadas foram bastante constantes e estáveis, situando-se sempre entre 6,7 e 6,9 nos três pontos de amostragem avaliados, em efluente de RALF prévio a aplicação de H_2O_2 e após a aplicação na saída do Reator e na entrada da Lagoa.

Tabela 4. Resultados obtidos no monitoramento de pH.

Número Medição	Dosagem H ₂ O ₂	Efluente RALF (pré-H ₂ O ₂)	Saída RALF	Entrada da Lagoa
1	15 ppm	6,8	6,8	6,8
2	15 ppm	6,8	6,8	6,8
3	10 ppm	6,8	6,8	6,8
4	10 ppm	6,8	6,8	6,8
5	6,0 ppm	6,8	6,9	6,9
6	7,1 ppm	6,9	6,9	6,9
7	9,0 ppm	6,8	6,8	6,8
8	16,9 ppm	6,9	6,9	6,8

CUSTO DO TRATAMENTO

A avaliação do custo do tratamento consistiu em comparar o custo mensal para oxidação de sulfetos na ETE Menino Deus com gás cloro (Cl₂) e o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) com concentração de 50%.

Sendo a concentração média de sulfetos na ETE de 7,45 mg/L e sua vazão de 70L/s, calculou-se que são gerados 45,05 kg de sulfetos por dia.

De acordo com Nuvolari (2003), para realizar a oxidação de sulfetos, a dosagem prática de peróxido de hidrogênio em meio neutro e ácido é de 1,5: 1 (mgH₂O₂/mgS²⁻) e de Gás Cloro é de 8,8: 1 (mgCl₂/mgS²⁻). Portanto, considerando operação contínua (24h), estima-se que seriam gastos mensalmente 2.027 Kg de produto com Peróxido de Hidrogênio e 11.895,20 Kg de Gás Cloro.

Em levantamento realizado no segundo semestre de 2009, foi constatado que o preço do quilo do peróxido de hidrogênio (concentração de 50%) foi de R\$ 2,30 e do gás cloro foi de R\$ 4,00. Aplicando-se esses valores ao consumo mensal de produtos recomendado para oxidação total de sulfetos, obteve-se o custo mensal de R\$ 4.662,67 com o uso de peróxido de hidrogênio e R\$ 52.338,91 com o uso de Gás Cloro, conforme mostra a Figura 6.

De acordo com dados operacionais, atualmente o custo médio mensal com gás cloro é de R\$ 12.152,00, com aplicações intermitentes. Tais aplicações diminuem a concentração de sulfetos, minimizando o odor, mas não o elimina totalmente, devido à baixa dosagem aplicada. A Figura 5 ilustra a comparação do gasto atual e do gasto com aplicação da dosagem recomendada.

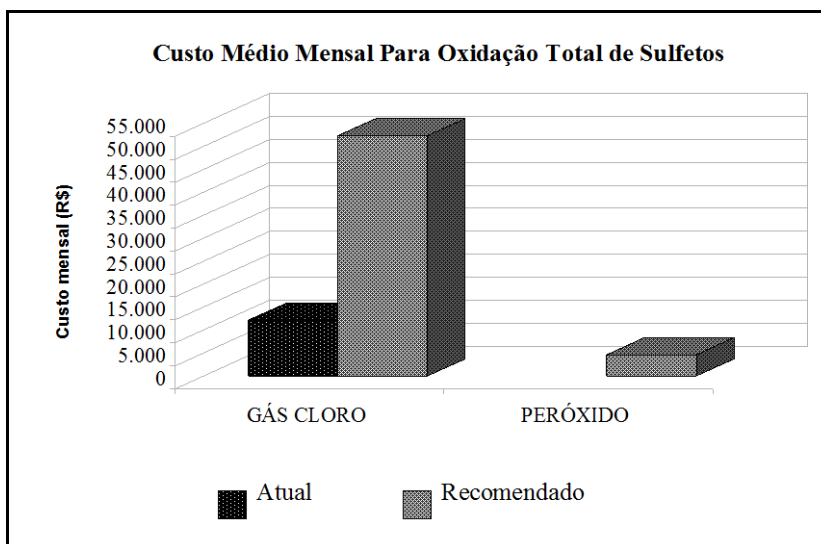


Figura 5. Comparação do custo estimado do tratamento com Gás Cloro e Peróxido de Hidrogênio 50%

CONCLUSÕES

O Peróxido de Hidrogênio respondeu de forma muito eficiente para oxidação dos sulfetos contidos no efluente do reator. Quando o produto foi dosado na razão mínima de 1,40: 1 ($\text{mgH}_2\text{O}_2 / \text{mgS}^{2-}$), foi obtida uma eficiência aproximada de 89%, sendo esta dosagem mínima recomendada para aplicações nas ETE's.

O experimento mostrou que o sulfeto oxidado no processo é preponderantemente abatido até a saída do RALF, ou seja, nas canaletas superficiais. Este fator é muito positivo pelo fato de que a superfície do reator corresponde em uma das principais fontes odoríferas de ETE's com tratamento anaeróbio.

Com relação ao sistema de dosagem, quando o peróxido de hidrogênio foi aplicado em todas as canaletas do RALF a percepção do odor característico de gás sulfídrico foi reduzida drasticamente. Sob estas condições os maus odores característicos da espuma flotada no RALF, da espuma removida contida nas caçambas e do lodo no leito de secagem eram mais intensos que o gás sulfídrico.

A adição de Peróxido de Hidrogênio no efluente não interferiu na concentração de sulfatos, bem como no pH. Com relação a DQO, após a adição do oxidante ocorreu um aumento da concentração deste parâmetro, que pode estar associada ao arraste de matéria orgânica incrustada no sistema.

Do ponto de vista técnico sob as condições avaliadas pode-se afirmar que o Peróxido de Hidrogênio é um ótimo agente oxidante de sulfetos de efluentes de reatores anaeróbicos, e por isso se qualifica como um produto de grande potencial para uso em escala real para controle de odores das ETE's com tratamento anaeróbio.

Para a ETE Menino Deus, a substituição do Gás Cloro pelo Peróxido de Hidrogênio acarretaria em uma economia de aproximadamente 23% dos custos atuais, além de uma eficiência em média 60% superior à obtida atualmente com o Gás Cloro.

Quanto à segurança, o Peróxido de Hidrogênio apresenta uma maior segurança operacional que o gás cloro. A instalação de unidades de dosagem de Peróxido de Hidrogênio apresenta um manuseio simplificado, conferindo ao operador uma maior segurança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21ª ed. Washington, 2005.
2. AISSE, M, M.. Tratamento de Esgotos Sanitários por Processos Anaeróbios: Monitoramento de Reatores Tipo RALF. In: Tratamento de Esgotos Sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo: Coletânea de trabalhos técnicos. 1ª ed. São Carlos: editora, 2000, p. 1- 8.
3. CAMPOS, J. R.; PAGLIUSO, J. D. Tratamento de Gases Gerados em Reatores Anaeróbios. In: Tratamento de Esgotos Sanitários por processos Anaeróbios e Disposição Controlada no Solo. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1999, p. 249- 270.
4. HVITVED-JACOBSEN, T.; VOLLERTSEN, J. Odour formation in sewer networks. In: Odours in Wastewater Treatment Measurement: Modelling and Control. 1ª ed. UK: IWA Publishing, 2001, p. 33- 65.
5. NUVOLARI, A. Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher., 2003.
6. PERÓXIDOS DO BRASIL. Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico: Peróxido de Hidrogênio Solução Aquosa com concentração entre 20% e 60% em peso. Curitiba: [s.n.], 2007. Disponível em: <http://www.peroxidos.com.br/docroot/chem_brazil/static_files/attachments/di0_fr_0101_rev_07.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2010.
7. STUETZ, R.; GOSTELOW, P.; BURGESS, J. Odour perception. In: Odours in Wastewater Treatment Measurement: Modelling and Control. 1ª ed. UK: IWA Publishing, 2001, p. 3-13.
8. YANG, G.; HOBSON, J. Use of chemicals for septicity and odour prevention in sewer networks In: Odours in Wastewater Treatment Measurement: Modelling and Control. 1ª ed. UK: IWA Publishing, 2001, p. 269- 292.
9. WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF); AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE). Manual of Practice N°22; Manuals and Reports on Engineering Practice N°82: Odor Control in Wastewater Treatment Plants. [S.l.: s.n.], 1995.