

II-032 – EMISSÃO DE METANO EM LAGOAS DE DECANTAÇÃO NO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS E INDUSTRIAIS**Antonio Carlos dos Santos⁽¹⁾**

Engenheiro Elétrico pela Faculdade de Engenharia Industrial. Mestre em Engenharia Civil na área de Saneamento e Ambiente pela Universidade estadual de Campinas (FEC/UNICAMP). Gerente Operacional da Companhia Saneamento de Jundiaí.

Edson Aparecido Abdul Nour

Engenheiro de Alimentos (UNICAMP), Tecnólogo em Saneamento (UNICAMP), Mestre em Engenharia Civil (UNICAMP), Doutor em Hidráulica e Saneamento (EESC/USP). Atualmente é professor Associado do Depto. de Saneamento e Ambiente da FEC/UNICAMP.

Pedro Sérgio Fadini

Bacharelado em (UFSCar), Mestre em Engenharia Civil (UNICAMP), Doutor em Química (UNICAMP). Atualmente é professor Adjunto I do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos.

Endereço⁽¹⁾: Av. Prefeito Luiz Latorre, 15.500 – Jd. Novo Horizonte - Jundiaí - SP - CEP: 30310-760 - Brasil
- Tel: (11) 4599-2922 - e-mail: antonio@saneamento.com.br

RESUMO

O estudo verificou a contribuição nas emissões de metano para a atmosfera pela Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiaí, em duas campanhas de coletas em suas lagoas de decantação, com as amostragens sendo realizadas em pontos próximos à entrada e à saída das lagoas. Utilizou-se um coletor de gás semelhante ao concentrador de gás interno do reator UASB, a técnica da câmara estática para amostragem dos fluxos totais e a câmara estática adaptada para a coleta dos fluxos difusivos, na qual foi instalado um anteparo para impedir a coleta dos fluxos ebulitivos. Para a análise dos fluxos foram medidas as variáveis ambientais, pressão e temperatura. Os fluxos foram medidos e divididos por tipo: difusivos (liberados para a atmosfera por meio da difusão mássica) e ebulitivos (liberados para a atmosfera por meio de bolhas). O fluxo ebulitivo representou cerca de 95% da liberação total de metano para a atmosfera, e um valor médio de 9.008 mg CH₄/m² d. O fluxo difusivo teve valor médio de 421 mg CH₄/m² d. Devido a pouca variação nas temperaturas não foi possível verificar a sua correlação com os fluxos de metano. Porém com a altura do manto de lodo no interior das lagoas a correlação foi direta. Na estimativa do potencial energético do metano, os 471 kg CH₄/d que poderiam ser recuperados, gerariam até 196 MWh/mês de energia elétrica, desconsiderando-se as perdas do sistema. Considerando-se o fluxo total médio e a área total das quatro lagoas de decantação, a emissão anual de metano foi de 264 Mg CH₄. Estas estimativas ainda conservam uma incerteza devido às extrapolações das medidas realizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Fluxo de Metano, Fluxo Ebulitivo, Fluxo Difusivo, Efeito Estufa, Aquecimento Global, Esgoto Sanitário Doméstico.

INTRODUÇÃO

Atualmente tem-se discutido que o incremento no efeito estufa mudará o clima em todo o mundo. Este incremento representa um aumento na temperatura média global, o que poderá, por sua vez, trazer vários efeitos negativos à vida na Terra. Assim, é importante a identificação dos fatores que causam esta elevação nas temperaturas para que possam ser tomadas medidas imediatas de controle, para evitar algum tipo de catástrofe.

Na virada do século, segundo Baird (2002), ao contrário da depleção da camada de ozônio estratosférica, que tem se manifestado de forma espetacular, com falhas na camada de ozônio, conhecidos como “buracos”, o fenômeno de aquecimento global devido ao efeito estufa não foi observado de maneira a convencer a todos de sua existência.

Passados oito anos, as evidências do aquecimento global tornaram-se maiores, mas mesmo assim, os reais compromissos com o controle do problema parecem “tímidos”, como se o momento fosse uma fase de consciência global e não de controle eficiente.

A Terra como um corpo aquecido, irradia energia, e esta energia irradiada deveria ser igual à energia absorvida, para que não existisse variação na temperatura, porém gases presentes no ar podem absorver uma parte desta energia irradiada, reemitindo-a em várias direções aleatórias, sendo parte devolvida à superfície da Terra, provocando o aquecimento adicional tanto da superfície como do ar (BAIRD, 2002).

Um dos principais gases responsáveis por reemitir a energia para a superfície da Terra é o metano. O metano é o hidrocarboneto mais abundante na atmosfera terrestre e desempenha um papel importante nos seus processos químicos e é um dos principais sumidouros do radical hidroxila ($\bullet\text{OH}$), o qual indica o poder oxidante da atmosfera.

Presume-se que o aumento do metano atmosférico seja consequência de atividades humanas, como o aumento da produção de alimentos, o uso de combustíveis fósseis, o desflorestamento e a queima de biomassa. Cerca de 70% das emissões atuais de metano são de origem antrópica. Sua produção primária tem origem na decomposição de matéria orgânica por bactérias em meios anaeróbios, como em áreas alagadas naturais: pântanos, várzeas e mangues; sistemas de tratamento de efluentes e resíduos: lagoas anaeróbias, lagoas de decantação e aterros sanitários; bem como o trato de sistemas digestivos de ruminantes e outros animais (CHANG & YANG, 2003).

A concentração atmosférica do metano mais que dobrou em relação ao seu valor pré industrial, o que é muito preocupante, pois o seu potencial estufa é cerca de 21 vezes maior que o do dióxido de carbono, devido à relativa maior eficiência das moléculas de metano em absorver radiação infra-vermelha emitida a partir da superfície terrestre (LAY et al. 1996). Outros sumidouros do gás metano são as reações com o solo e a perda para a estratosfera. O tempo de vida médio do metano atmosférico é de 10 a 15 anos (BAIRD, 2002).

O objetivo do presente trabalho foi contribuir na elaboração de uma estimativa da quantificação da emissão de metano de uma Estação de Tratamento de Esgotos constituída por 2 lagoas aeradas por difusores de membranas, operando em paralelo, seguidas de 4 lagoas de decantação, também operadas em paralelo. Para tanto foram avaliados métodos para a captação e quantificação dos fluxos ebulitivos e difusivos de metano, em separado, comparando os valores obtidos com dados de outras regiões, de forma a verificar o potencial de contribuição das lagoas de decantação quanto à emissão desse gás.

MATERIAL E MÉTODOS

A estação de tratamento de efluentes alvo deste estudo é constituída por 2 lagoas aeradas por difusores de membranas, operando em paralelo, seguidas de 4 lagoas de decantação, também operadas em paralelo (Figura 1). Dentre as quatro lagoas de decantação existentes na planta foram selecionadas para estudo as lagoas de decantação nº 3 e nº 4, porque ambas apresentavam um manto de lodo maior e uma dificuldade, também maior, de remoção do lodo sedimentado. Em uma primeira etapa de amostragem, as coletas foram realizadas na lagoa nº 3, já durante a segunda etapa, as coletas ocorreram na lagoa nº 4.

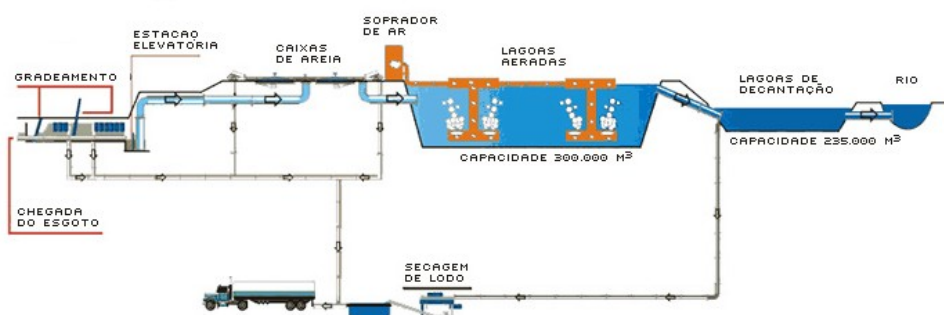


Figura 1: Fluxograma da estação de tratamento de esgoto alvo do estudo, sendo a lagoa de decantação a unidade onde foi avaliada a emissão de metano.

Conforme foi citado, no fundo das lagoas de decantação o lodo sedimentado forma um manto de lodo (depósito de material orgânico biologicamente ativo). A altura deste manto é um dado importante no controle

operacional do processo, pois quanto maior a espessura desse manto de lodo, menor é o volume da coluna de líquido, consequentemente menor o tempo de detenção hidráulica nas lagoas, o que pode prejudicar a qualidade do efluente, principalmente pelo arraste de sólidos. Para controle do manto de lodo foi realizada uma batimetria por mês. Foram aproveitadas as localizações de alguns destes pontos para a realização das coletas do biogás.

Basicamente, a técnica de amostragem consistiu na coleta de amostras de gás, realizadas a cada 30 dias na primeira campanha e a cada 15 dias na segunda, para a determinação do fluxo de metano. Todas as amostras de biogás, para envio ao laboratório, foram armazenadas em “bags” apropriados, fabricados em polietileno com registro para abertura e fechamento (Figura 2), com capacidade para armazenamento de até 1 litro de amostra.



Figura 2: Recipiente (“Bag”) para armazenamento das amostras de gás.

Existiram duas etapas de amostragem conforme descritas a seguir:

1. Primeira Campanha de Amostragem do Biogás

Nesta etapa as amostras do gás foram coletadas utilizando-se um equipamento de desenvolvimento próprio, construído na oficina da ETEJ, o qual foi batizado pela equipe de “Chapéu Chinês”, o qual passou a ser chamado no decorrer do trabalho por coletor de biogás. Todas as amostragens foram realizadas na lagoa de decantação n.º03.

O coletor de biogás, basicamente, é um cone com diâmetro de base muito maior que sua altura (parecido com uma tampa de chaminé), tendo um pequeno orifício no topo do cone, onde foi fixado um tubo para passagem do gás. No cone foram fixadas duas metades de uma bóia circular do tipo “salva-vidas”, para que o conjunto possa flutuar, mantendo todo o cone e parte do tubo, submersos. Um cone de menor tamanho, basculante, foi adaptado ao conjunto para proteção do “bag” contra a ação de ventos fortes, meramente para evitar a ocorrência de qualquer dano ao mesmo (Figuras 3 e 4). O formato final deste coletor de biogás se assemelha ao sistema trifásico de separação de sólidos e coleta de biogás existente nos reatores UASB (reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo), o qual apresenta uma boa eficiência em conjunto com o defletor para recolher e coletar o biogás gerado no interior desses reatores.



Figura 3: Coletor de biogás.



Figura 4: Detalhe do tubo de passagem do gás montado no coletor de gás.

Na Figura 5, pode-se observar o coletor de gás instalado no ponto de amostragem mais próximo ao final da lagoa (saída). O coletor de biogás foi “ancorado” por meio de uma corda fixada nas margens da lagoa. A fixação do coletor de biogás se fez necessária, porque o mesmo é flutuante e a ação do vento o faria mudar de posição na superfície da lagoa.



Figura 5: Posicionamento do coletor de gás, com o “bag” acoplado para início de amostragem.

O deslocamento na lagoa foi feito por meio de um barco de alumínio, até o ponto de amostragem. Ao se aproximar do ponto de amostragem tomou-se o cuidado de mover lentamente o barco, a fim de evitar perturbações elevadas na região. Após a parada do barco aguardava-se 5 minutos para a instalação do coletor e após o seu posicionamento correto era acoplado ao “bag” que tinha o seu registro aberto. Transcorrido o tempo de amostragem o registro do “bag” era fechado e desacoplado do coletor, para envio ao laboratório.

A amostragem era realizada em dois pontos da lagoa um próximo ao final da lagoa e outro próximo ao início; o tempo de coleta do biogás era de 3 à 4 horas. A coleta do primeiro ponto foi realizada num dia e a do segundo ponto realizada no dia seguinte. Este procedimento foi repetido mensalmente. Em cada amostra de gás coletada na ETEJ eram determinadas as concentrações de Dióxido de Carbono – CO_2 (ppm v/v), Oxigênio – O_2 (ppm v/v), Metano – CH_4 (ppm v/v) e Sulfeto de Hidrogênio – H_2S (mg/Nm^3).

Ainda com o coletor posicionado no local foi medido o fluxo do gás transferido do meio líquido para a atmosfera, por meio da utilização de uma proveta preenchida com um volume inicial de água e montada com a boca para baixo, parcialmente submersa na lagoa para evitar a saída da água exatamente na direção do tubo de saída das bolhas do biogás (do coletor de biogás), de maneira que as bolhas liberadas no meio líquido entrassem na proveta. Depois de um determinado tempo, cronometrado, foi medido o volume de biogás, sendo este equivalente ao volume de água deslocado no interior da proveta. Estas variáveis foram utilizadas no cálculo do fluxo de biogás (Figura 6).



Figura 6: Medição das variáveis tempo e volume para auxílio no cálculo do fluxo de biogás.

2. Segunda Campanha de Amostragem do Biogás

Na segunda etapa de amostragem, foi inserido mais um equipamento para a coleta do biogás, porque se concluiu que o coletor de biogás utilizado na primeira campanha não possibilitava a quantificação dos fluxos difusivos, existentes entre o meio líquido e a atmosfera.

Nesta etapa, todas as coletas foram realizadas na lagoa de decantação nº 4, sendo que as amostras de biogás foram coletadas utilizando-se simultaneamente dois amostradores: o coletor de biogás descrito anteriormente e uma câmara estática.

A câmara estática, basicamente, é uma cúpula cilíndrica, construída em PVC. No seu interior foi instalada uma ventoinha para ser ligada durante o momento da coleta de cada amostra, a fim de promover uma boa homogeneização do ar em seu interior. A câmara era sustentada por um flutuador de poliuretano expandido fixado na parte externa, em toda a sua circunferência. As amostras eram retiradas do interior da câmara por meio de uma pequena mangueira do tipo cristal, com 5 cm de comprimento e diâmetro de 3 mm, instalada na câmara a meia altura, e com o auxílio de uma seringa de 60 mL (Figuras 7 e 8).



Figura 7: Câmara estática



Figura 8: Seringa para retirada da amostra do interior da câmara estática.

Na Figura 9, pode-se observar a câmara instalada em um dos pontos de amostragem, mais próximo à entrada da lagoa. Da mesma forma que para o coletor de gás, a câmara estática foi “ancorada”, para evitar o deslocamento com o vento.



Figura 9: Posicionamento da câmara estática para início de amostragem.

No posicionamento da câmara foram tomados os mesmos cuidados que para o coletor de gás, tanto no movimento do barco como na espera de 5 minutos para a instalação da câmara. Transcorrido o tempo necessário para a coleta do biogás, utilizava-se a seringa para retirar as amostras e transferi-las aos “bags” (idênticos aos descritos anteriormente), sendo então enviados ao laboratório.

As amostragens também eram realizadas em dois pontos da lagoa (próximo ao final da lagoa e próximo ao início), porém nesta etapa o coletor de gás e a câmara eram instalados juntos. Este procedimento foi repetido quinzenalmente. Em cada amostra de biogás foram determinadas apenas as concentrações de CH_4 (ppm v/v).

3. Adaptação da Câmara Estática para Coleta Somente do Fluxo Difusivo

Foi instalado um anteparo logo abaixo da abertura da câmara estática (Figuras 10 e 11), porém sem fechá-la, de maneira a impedir que as “bolhas” de biogás liberadas do fundo da lagoa de decantação alcançassem a atmosfera dessa câmara, de forma a possibilitar a amostragem somente do fluxo por difusão, pois a câmara ficava com água em seu interior até o flutuador e no nível acima deste existia uma camada de ar, sendo que na interface líquido-ar ocorria constantemente a transferência de massa por difusão. A câmara com o anteparo a partir daqui será chamada de câmara adaptada.



Figura 10: Vista de topo da instalação do anteparo na câmara estática.



Figura 11: Câmara estática adaptada.

4. Determinação dos Fluxos de Metano

A determinação do fluxo de metano emitido pelas lagoas de decantação foi calculada de maneira diferente para a câmara estática e para o coletor de biogás.

Para a câmara estática, a determinação foi feita a partir da variação temporal da concentração do metano no seu interior. A concentração de metano em uma amostra de gás pode ser escrita como a razão entre o número de moles de CH_4 (n_{CH_4}) e o número total de moles da mistura (n_t). O número de moles de uma substância presente na amostra é dado pela razão entre a massa da substância (m_{CH_4}) e sua massa molar (M_{CH_4}).

Segundo Marani (2007), adotando-se uma variação no número de moles de metano (Δn_{CH_4}), e aplicando-se a equação dos gases ideais ($PV = nRT$), pode-se escrever:

$$\frac{\Delta n_{\text{CH}_4}}{n_t} = \frac{\Delta m_{\text{CH}_4} \times R \times T}{M_{\text{CH}_4} \times R \times T} \quad (1)$$

$$\Delta m_{\text{CH}_4} = \frac{\Delta x_{\text{CH}_4} \times P \times V}{M_{\text{CH}_4} \times R \times T} \quad (2)$$

sendo:

P: pressão total (atm)

V: volume total (litros)

M_{CH_4} : massa molar do metano (16,03 g/mol)

R: constante dos gases (0,082 atm L mol⁻¹ K⁻¹)

T: temperatura (K)

m_{CH_4} : massa de metano (g)

X_{CH_4} : concentração de metano (ppm v/v)

Admitindo-se que a variação do fluxo através da área A (m²) é constante durante um intervalo de tempo Δt , pode-se escrever o fluxo Φ_{CH_4} (em mgCH₄/m² d) como:

$$\Phi_{\text{CH}_4} = \frac{P \times V \times M_{\text{CH}_4}}{A \times R \times T} \times \frac{dx_{\text{CH}_4}}{dt} \quad (3)$$

A variável mais importante em na equação (3) é dx_{CH_4}/dt , que é a derivada das medidas de concentração. Todas as demais variáveis foram medidas diretamente no momento da coleta. A grandeza dx_{CH_4}/dt é estimada a partir da regressão linear, considerando-se dx_{CH_4}/dt como o “b” em $x = x_0 + bt$, e o coeficiente de correlação “r” é uma medida da incerteza.

Esta determinação é válida somente para fluxos constantes. No fluxo difusivo o metano produzido pela degradação do lodo em meio anaeróbio se difunde lentamente na água até atingir a superfície do líquido e ser transferido para a atmosfera por difusão, fluxo este aproximadamente constante.

No fluxo ebulitivo, a transferência de metano produzido pela degradação do lodo em meio anaeróbio ocorre por intermédio de bolhas. Este tipo de fluxo é aleatório e as quantidades emitidas normalmente são maiores que no fluxo difusivo. O fluxo ebulitivo não pode ser considerado constante, portanto o fluxo médio, neste caso, tem que ser calculado a partir da diferença entre as concentrações inicial e final no interior da câmara.

Para o coletor de biogás, por sua configuração construtiva e por estar totalmente submerso, o volume de metano coletado representa somente o fluxo ebulitivo.

O volume de biogás coletado por esse amostrador foi considerado aquele volume de biogás transferido para a atmosfera em um determinado tempo, medido por meio da proveta (Figura 5). Do volume total é calculada a parcela somente do metano, por meio da concentração obtida na cromatografia gasosa realizada na amostra do gás analisada em laboratório. A partir da densidade calculada para as condições de pressão e temperatura locais, pode-se estimar o fluxo médio de metano (ebulitivo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As câmaras, com diferentes formas construtivas, são as metodologias mais empregadas para este tipo de coleta de gás ou biogás, sendo utilizados em solos e em meios líquidos, como lagos, pântanos, lagoas, represas oriundas das hidrelétricas, etc. Contudo, outros modelos têm surgido, como o utilizado por Rosa et al. (2000), sendo que o aspecto mais importante é definir corretamente o seu uso de maneira a causar a menor alteração ao meio estudado e procurando-se representar da melhor forma possível as diferentes condições encontradas no local de estudo, principalmente, porque, segundo Fearnside (2008), as medidas dos fluxos de metano têm sido realizadas por extrapolações a partir de poucas medidas diretas, em alguns pontos do local estudado, presumindo-se emissões médias por unidade de área.

No presente estudo não foi diferente: os fluxos foram determinados a partir de alguns pontos pré estabelecidos nas lagoas de decantação nº 3 e nº 4, por meio dos amostradores e as respectivas área de coletas de gases, sendo então calculada a emissão total por extrapolação, para a superfície total das quatro lagoas de decantação.

Na Tabela 1 são apresentados os fluxos médios de metano, por ebulição (captados pelo coletor de biogás), por difusão (captados pela câmara estática adaptada com o anteparo) e total (calculado a partir da soma destes dois fluxos).

Tabela 1: Valores dos fluxos médios de metano do conjunto das lagoas de decantação nº 3 e nº 4.

Tipo de Fluxo avaliado	Fluxo médio de metano calculado (mg CH₄/m²d)	Equipamentos utilizados nas coletas
Ebulitivo	9.008	coletor de biogás
Difusivo	421	câmara estática adaptada
Total	9.429	---

O fluxo total médio calculado foi de 9.429 mg CH₄/m²d. Os fluxos difusivos representaram valores bem menores que os fluxos ebulitivos, cerca de 5% do total. Esta é uma característica de locais onde a matéria orgânica fonte de metano fica acumulada sob uma alta coluna de água. Outros locais, como por exemplo, o cultivo de arroz, apresenta a predominância do fluxo difusivo, porque o metano produzido é o produto final da decomposição anaeróbia de compostos orgânicos existentes sob uma estreita lâmina d'água (AGOSTINETTO et al., 2002).

O metano é produzido pela digestão anaeróbia que ocorre no manto de lodo existente no fundo das lagoas de decantação. Parte deste metano é transferido ao meio líquido por difusão, que por sua vez é transferido do meio líquido para a atmosfera, no limite da interface das camadas líquido-gás, também por difusão. A outra parcela do metano produzido é transferida diretamente para a atmosfera por intermédio de bolhas liberadas no manto de lodo, de forma espontânea. Estas bolhas são resultantes do acúmulo existente no próprio manto de lodo de gases produzidos pela atividade das bactérias fermentativas e acidogênicas, principalmente pelas arqueas metanogênicas, produção essa que se inicia a nível molecular no interior de cada célula. A união dessas moléculas acaba formando bolhas microscópicas, que por coalescência formam microbolhas, e então bolhas maiores até que o volume de gases acumulado supere as forças de adesão que existe no interior do manto de lodo, provocando então o aparecimento de fluxos de bolhas de gases que rapidamente, em escoamento ascendente, atingem a superfície da lagoa de decantação. Esse processo todo descreve a formação do fluxo ebulitivo dos gases gerados.

Então o fluxo de metano está diretamente relacionado com a quantidade de lodo existente no fundo das lagoas de decantação, o que pode ser confirmado por meio da Figura 12 que apresenta a correlação entre os fluxos de metano e o manto de lodo existente. O coeficiente de correlação (Pearson) entre os fluxos ebulitivos de metano e a altura do manto de lodo ficou em 0,7698. Segundo os critérios para análise do valor de correlação, este valor representa uma forte correlação (maior que 0,7).

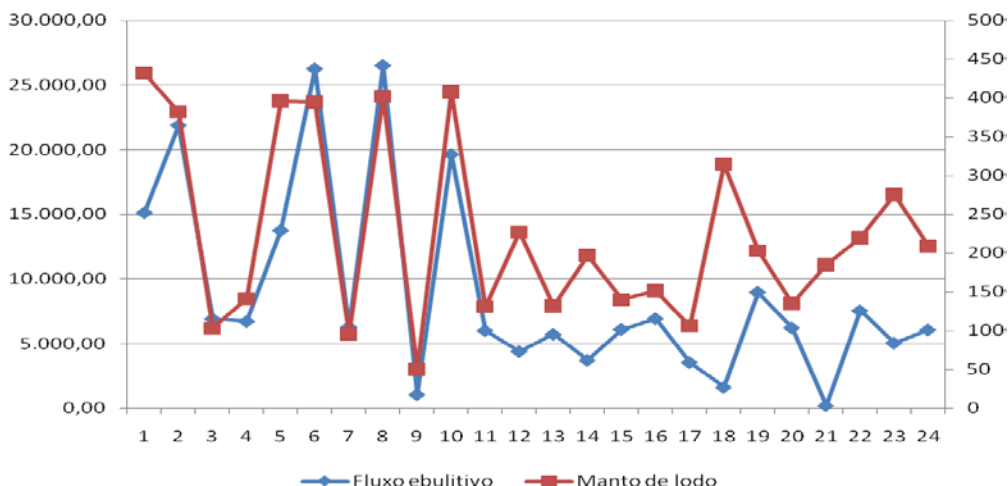


Figura 12: Fluxos ebulitivos de metano (eixo principal) e a altura do manto de lodo (eixo secundário).

Na Tabela 2 é apresentada a emissão anual de metano para as 4 lagoas de decantação, calculados por extrapolação dos fluxos medidos em duas lagoas às demais.

Tabela 2: Estimativa da emissão anual de metano pelas 4 lagoas de decantação existentes na ETEJ.

Fluxo médio de metano calculado (mg CH ₄ /m ² d)	Área superficial De uma lagoa (m ²)	Área superficial total das 4 lagoas de decantação (m ²)	Emissão diária de metano (kgCH ₄ /dia)	Emissão anual de metano (MgCH ₄ /ano)
9.429	19.201	76.804	724	264

Segundo Fearnside (2008), uma pergunta fundamental no cálculo de emissões de gás de efeito estufa de represas de hidrelétricas, assim como para outros tipos de mudanças antropogênicas é se as emissões são “adicionais” àquelas que teriam ocorrido na ausência da intervenção. Este não só é o princípio que guia ações de mitigação sob o Protocolo de Kyoto, diminuir emissões líquidas, como também é a base para entender o papel de fontes novas que acrescentam às emissões humanas. Por exemplo, contabilizar todas as emissões de CO₂ de uma represa como adicionais ignora o fato que grande parte de qualquer CO₂ presente na água do rio, sem a barragem, teria sido emitida da mesma forma.

O princípio da adicionalidade, proposto por Fearnside (2008), ajuda na compreensão da necessidade das construções das estações de tratamento de esgoto, mas a busca pela redução dos impactos ambientais gerados por algum processo dentro do sistema, mesmo que mínimos, tem que ser um objetivo constante.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pôde-se chegar as seguintes conclusões:

Quanto às divergências significativas observadas nas medições dos fluxos emitidos, pode-se destacar as grandes variações encontradas nas medidas dos fluxos totais utilizando-se a câmara estática. A configuração desta câmara causou um forte fator perturbativo das condições naturais de emissão de metano: a área superficial ficava confinada deixando de sofrer a ação dos ventos e recebendo um aquecimento diferenciado. A câmara estática, principalmente quando utilizada para a medição dos fluxos mais intensos, com maiores variações, recebe uma maior interferência dos fatores perturbativos causados no ponto de amostragem.

A separação dos fluxos considerando a forma de transporte do metano do lodo para a atmosfera (bolhas e difusão) permitiu melhor avaliação da emissão de metano nas lagoas de decantação da ETEJ. O fluxo ebulitivo foi significativamente mais intenso, respondendo por cerca de 95% da emissão total (ebulitivo 9.008 mg CH₄/m²d e difusivo 421 mg CH₄/m²d).

A altura do manto de lodo teve influência importante na emissão de metano, principalmente na campanha de amostragem realizada no ano de 2008, na lagoa de decantação n° 3.

A proposta para a diminuição do metano emitido para a atmosfera é a que vem sendo aplicada desde o ano de 2000, com a redução do manto de lodo no interior das lagoas de decantação, porém a partir de 2008 o processo foi aprimorado, quando novas condições de dragagem foram implantadas, acelerando a diminuição dos picos de elevação do manto, em regiões localizadas e melhorando a distribuição do lodo nas lagoas, buscando-se sempre a diminuição do manto de uma maneira geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGOSTINETTO, D., FLECK, N.G., RIZZARDI, M.A., JÚNIOR, A.A.B. Potencial de Emissão de Metano em Lavouras de Arroz Irrigado, *Ciência Rural*, Santa Maria, v.32, n.6, p. 1073-1081, 2002.
2. BAIRD, C. Química Ambiental. Tradução: Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera, 2ªed., Porto Alegre: Bookman, 2002.
3. CHANG, T.C., YANG, S.S. Methane Emission from Wetlands in Taiwan, *Atmospheric Environment*, v.37, p. 4551-4558, July 2003.
4. FEARNSIDE, P.M., Hidrelétricas como “Fábricas de Metano”: O Papel dos Reservatórios em Áreas de Floresta Tropical na Emissão de Gases de Efeito Estufa. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA – Manaus, Amazonas, *Oecol. Bras.*, 12 (1): 100-115, 2008.
5. LAY, J.J., MIYAHARA, T., NOIKE, T. Methane Release Rate and Methanogenic Bacterial Populations in Lake Sediments. *Water Research*, v.30, n.4, p. 901-908, 1996.
6. MARANI, L. Estudo da emissão de metano no Pantanal Sul-Matogrossense. Tese de Doutorado do Curso de Pós-graduação em Geofísica Espacial. p. 23-25, 2007.
7. ROSA, L.P., Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros: relatório final / Centrais Elétricas Brasileiras S.A., DEA, DEAA; (inventário das emissões de gases de efeito estufa derivadas de hidrelétricas); Rio de Janeiro: Eletrobrás 2000.