

II-067 - POTENCIAL DE GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS UNIDADE GARCIA, EM BLUMENAU, SANTA CATARINA

Camila Andréa Ramos ⁽¹⁾

Bióloga e Mestranda em Engenharia Ambiental pela FURB - Universidade Regional de Blumenau.

Gabrielly Cristhine Zwang Baptista

Engenheira Civil e Mestranda em Engenharia Ambiental pela FURB - Universidade Regional de Blumenau.

Jefferson Ribeiro

Biólogo e mestrando em Engenharia Ambiental pela FURB - Universidade Regional de Blumenau.

Karine Thaise Rainert

Engenheira Química e mestranda em Engenharia Ambiental pela FURB - Universidade Regional de Blumenau.

Joel Dias da Silva

Engenheiro Sanitarista. Doutor em Engenharia Ambiental pela UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professor do Departamento de Engenharia de Produção e Design e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da FURB – Universidade Regional de Blumenau. Instrutor Nível HV-01 da Faculdade de Tecnologia SENAI Blumenau.

Endereço⁽¹⁾: GEAMBH – FURB: Rua São Paulo, 3250 - Itoupava Seca, Blumenau - SC, CEP: 89012-900-
Tel: (47) 3221-6129- e-mail: camilaandrear@hotmail.com

RESUMO

Créditos de carbono têm sido descritos como uma compensação de emissão dos gases de efeito estufa (GEE), ocasionada pelo desenvolvimento global, especialmente, das atividades industriais. Entre as fontes poluidoras, estão as estações de tratamento de efluente (ETE), especialmente aquelas que utilizam reatores anaeróbios como processo de tratamento do esgoto sanitário. Por este motivo, o objetivo do estudo visa analisar o potencial da geração de créditos de carbono, estimando-se a geração do gás metano (CH₄), no processo de tratamento de esgoto do reator anaeróbio RAFA, em Blumenau. Para tais estimativas, equações apresentadas pelo Segundo Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa foram utilizadas, onde os valores esperados (teóricos) e reais, na relação da produção de metano no reator anaeróbio puderam ser comparados. Observou-se uma grande diferença entre os cenários, grande parte, resultante do tipo de ocupação do local onde persiste edificações comerciais, tais como escritórios e lojas. Dentre os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, o que mais se mostrou compatível com os resultados obtidos no estudo foi o processo com flare, com uma redução estimada de 50 e 100% dos GEE. Mesmo neste cenário, verifica-se que a ETE possui um baixo potencial de emissão viável para a comercialização de créditos de carbono. Contudo por meio de novas pesquisas, nas quais seja incorporado um medidor de fluxo de gases, será possível obter com maior precisão a produção de metano, estes novos dados consequentemente podem sugerir rotas alternativas para a comercialização, não descartando a possibilidade de vincular a estação Garcia neste importante mercado em expansão.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás, Créditos de carbono, Reator anaeróbio, Valorização.

INTRODUÇÃO

De acordo com o Ministério das Cidades (2013), 48,6% do esgoto produzido no Brasil vem sendo captado por alguma forma de rede coletora. Todavia, na maioria das vezes este esgoto não recebe os devidos tratamentos antes de ser devolvido ao corpo hídrico. O efluente sanitário que compõe o esgoto é formado por contribuições domésticas provenientes de residências, comércios e repartições públicas, e também podem ter contribuição de infiltrações de águas pluviais e alguns efluentes industriais permitidos (VON SPERLING, 1996).

O tratamento do esgoto sanitário é realizado a partir de processos físico-químicos e biológicos. O tratamento biológico na estação de tratamento (ETE) é semelhante aos processos que ocorrem naturalmente na natureza

(autodepuração), resumindo-se a atividade de microrganismos, especialmente bactérias, que se alimentam da matéria orgânica (DBO) dos próprios resíduos. Nesse processo metabólico, diversos subprodutos são gerados, dentre eles, os gases do efeito estufa (GEE) (LIMA; SALVADOR, 2014).

Estes gases, compõem menos que 0,1% da atmosfera e possuem papel crucial no balanço da temperatura global, havendo destaque para o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e ozônio (O₃) que promovem o efeito estufa ao absorvem e emitem radiação infravermelha (MACHADO, 2005)

Deste modo, no intuito de minimizar as causas identificadas das mudanças climáticas no território nacional, o Brasil adotou como compromisso nacional voluntário, ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas em reduzir entre 36% e 39% suas emissões projetadas até 2020 (BRASIL, 2009).

Ao aceitar o Protocolo de Kyoto, o país tem obtido diversos investimentos relacionados a projetos de mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) de países desenvolvidos, objetivando minimizar os impactos causados ao meio ambiente (RICARDO; SOUZA; RIBEIRO, 2013). Entre as empresas que utilizam esta moeda verde, estão algumas estações de tratamento de esgoto. Estudos recentes apontam que os volumes de emissões de metano, provenientes do tratamento de esgotos sanitários são elegíveis como projetos de MDL, indicando um potencial de redução de geração de GEE através de alternativas de mitigação (LIMA; SALVADOR, 2014). O metano é 21 vezes mais nocivo do que o dióxido de carbono, e por isso sua queima, torna-se uma alternativa aplicável entre as ações de mitigação.

Conforme o *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2006) são três alternativas tecnológicas que visam a redução das emissões de GEE no tratamento de esgotos: (I) a substituição de um processo anaeróbio por um aeróbio, em que passa a ter zero de emissões, se for operado adequadamente; (II) incorporação de tecnologias de recuperação e queima de metano, como *flares*, em sistemas anaeróbio, gerando dióxido de carbono em vez de metano; (III) introdução de tecnologias de recuperação e queima do biogás para fins energéticos.

Os reatores que operam sob condições anaeróbias são potenciais geradores desses gases. No processo de digestão anaeróbia ocorre a alteração da matéria orgânica em gás metano e dióxido de carbono por um sistema microbiano complexo que funciona na ausência de oxigênio (ISOLDI; KOETZ; ISOLDI, 2005). Esse processo apresenta algumas vantagens em relação ao sistema aeróbio, como a redução do consumo de energia para a operação do sistema, e a possibilidade de geração de energia pelo aproveitamento do biogás, concomitante à baixa geração do lodo, o qual já se encontra estabilizado (ROSA, 2013).

No sistema anaeróbio se desconsidera a presença de óxido nitroso (N₂O). Este fato é justificado por Lima e Salvador (2014), que, conforme informa o IPCC (2006), identificou que a maior emissão do nitrogênio em esgotos decorre da nitrificação e desnitrificação em mananciais, ou seja, não há remoção significativa desse composto durante o tratamento. Sendo assim, as emissões de N₂O não foram contempladas no estudo, pois o despejo em corpos d'água é compreendido como uma disposição final e não um processo de tratamento.

No ano de 2010, fora estimada uma emissão global antropogênica de metano de 6.875 Mt.CO₂e (equivalente), com uma contribuição do Brasil de 416,3 Mt.CO₂e. Dentre os setores emissores de metano, o tratamento de esgoto anaeróbio contribuiu com as emissões de 594,0 Mt.CO₂e no mundo e no Brasil contribuiu com um total de 23,3 M tCO₂e (USEPA, 2006).

Proporcionar a implementação do MDL estabelece um novo mercado entre as diversas nações, obtendo como moeda o Crédito de Carbono, que se caracterizou como fonte importante para a captação de recursos financeiros (CARDOSO; RODRIGUES; CAMPOS, 2009).

O mercado de carbono tem como objetivo ampliar alternativas sustentáveis de desenvolvimento, favorecendo a elaboração de novas tecnologias mais limpas, cujas reduções dos gases do efeito estufa desenvolvem oportunidades de negócios (SOUZA; ALVAREZ; ANDRADE, 2013). As empresas das quais as emissões superarem às permissões a elas atribuídas, deverão comprar créditos de carbono de outras companhias que não ultrapassaram os valores permitidos em suas emissões. (ANDRADE; COSTA, 2008).

O município de Blumenau é um dos mais populosos do estado de Santa Catarina e desde 2010, estão ocorrendo obras de implantação de redes coletoras de esgoto, bem como a implantação e melhoramento de ETEs pela empresa Odebrecht Ambiental. Atualmente conta com duas unidades que tratam o esgoto de 30% da população. A ETE Garcia, localizada no sul do município, atende, atualmente, 10.997 unidades consumidoras dos bairros Garcia, Vorstadt, Ponta Aguda, Valparaíso e Centro, e opera com uma vazão média de entrada de $26,6 \text{ L.s}^{-1}$. A estação apresenta um reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA), que tem como principal característica a presença, na parte superior do corpo do reator, um sistema de separação trifásica, ou seja, de gases, líquido e sólido (GLS), permitindo a retenção do lodo biológico em seu interior (FORESTI, 2013). Atualmente, o reator não possui um controle do fluxo de produção de gases oriundos do processo.

O objetivo do presente estudo é avaliar o potencial de geração de crédito de carbono, através da estimativa de geração de Gases do Efeito Estufa (GEE), especialmente, o gás metano (CH_4), no processo de tratamento de esgoto com reator RAFA na ETE Unidade Garcia, em Blumenau, Santa Catarina.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende a estação de tratamento de esgoto Garcia, localizada em um dos maiores bairros do município de Blumenau. Para obtenção das estimativas de produção de gases, foram utilizadas fórmulas apresentadas pelo Segundo Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2010), baseadas no *Good Practice Guidance* (IPCC, 2000). As emissões de CH_4 do reator RAFA foram estimadas por meio das Equações 1, 2, 3, 4 e 5 (Quadro 1), cujas variáveis e valores adotados estão na Quadro 2.

Quadro 1- Equações

Equação 1 - Estimativa de emissão de CH_4 por tratamento anaeróbio de efluentes domésticos.	Equação 3 - Fator de emissão.
Emissões $\text{CH}_4 = (\text{TOW}_{\text{dom}} \times \text{EF}) - \text{R}$	$\text{EF} = \text{Bo} \times \text{Média Ponderada dos MCF}$
Equação 2 - Estimativa do efluente doméstico orgânico total.	Equação 4 - Média ponderada dos MCF.
$\text{TOW}_{\text{dom}} = \text{Pop}_{\text{urb}} \times \text{D}_{\text{dom}}$	$\text{MCF} = \sum_{\text{ix}} (\text{WS}_{\text{ix}} \times \text{MCF}_{\text{ix}})$
Equação 5 - Estimativa de emissão de CO_2 de efluentes domésticos	
$\text{EmissõesCO}_2 = 21 \times \text{EmissõesCH}_4$	

Fonte: MCT (2010).

Quadro 2 - Variáveis para quantificação das emissões de metano.

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	VALOR	UNIDADE
Emissões CH_4	Estimativa de produção de metano	calcular	$\text{tCH}_4.\text{período}^{-1}$
TOW_{dom}	Efluente doméstico orgânico total	calcular	$\text{kg DBO}.\text{período}^{-1}$
Pop_{urb}	População atendida (estimada pelas unidades consumidoras)	33430	habitantes
D_{dom}	Componente orgânico degradável do efluente doméstico	0,054	$\text{kg DBO}.\text{hab}^{-1}.\text{dia}$
EF	Fator de emissão	calcular	$\text{kg CH}_4.\text{kg DBO}^{-1}$
Bo	Capacidade máxima de produção de metano	0,6	$\text{kg CH}_4.\text{kg DBO}^{-1}$
MCF	Fator de conversão de metano do processo “x” tratando o efluente “i”	0,75 (tratamento analisado é apenas o RAFA)	Adimensional
R	CH_4 recuperado ao ano	calcular	$\text{kg CH}_4.\text{período}^{-1}$

Fonte: adaptado MCT (2010), Lima e Salvador (2014).

Os dados utilizados foram fornecidos pela empresa Odebrecht Ambiental de Blumenau, responsável pela coleta e tratamento de esgoto do município. Os parâmetros analisados correspondem aos valores médios diários mensais, correspondentes aos sete primeiros meses de 2015 (Janeiro –Julho) para o reator RAFA presente na ETE Garcia. Para as estimativas foram utilizados os parâmetros de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), vazão diária e quantidade de unidades consumidoras que proporcionam informações aplicáveis às formulas propostas no inventário nacional. No sistema anaeróbio, disponibilizou-se apenas o parâmetro de DQO.

Para fins de cálculo, considerou-se o fator de conversão de DQO igual a 0,3 para convertê-lo em DBO, seguindo os procedimentos adotados por Lima (2012). Quanto ao valor de R, este foi calculado conforme Lima e Salvador (2014), que consideram o sistema *flare* (responsável pela queima do biogás) com eficiência de 50 e 100%, calculados para a vazão projeto, de 88 L.s⁻¹. Para a conversão em valor monetário, multiplicou-se o preço unitário da tonelada de carbono pelo total de emissões do processo. A cotação do dia 09 de outubro de 2015, indicava o valor de €8,02/tCO₂ e o valor do Euro de R\$4,2601, às 15h. Esses dados foram verificados na bolsa de valores brasileira (IBOVESPA).

Os cálculos foram realizados para um cenário atual, com valores reais, a partir da DBO removida no sistema, pois a unidade não possui controle do fluxo de gás gerado. No mesmo cenário, analisou-se também a produção teórica de gases, considerado um D_{dom} de 54 g DBO.hab⁻¹.dia também adotado por Lima e Salvador (2014), utilizando-se o total de habitantes estimado a partir da quantidade de unidades consumidoras. Buscou-se também avaliar um cenário futuro, quando a ETE atingisse a vazão de projeto do reator RAFA, ou seja, 88 L.s⁻¹. Foram também simulados os valores reais, considerando a permanência de eficiência do processo, e o teórico a partir da projeção de atendimento. Neste cenário calculou-se a incorporação do sistema *flare*. A Odebrecht Ambiental projeta alcançar esta vazão já no ano de 2017.

RESULTADOS

A partir das equações, observou-se uma grande diferença entre a emissão teórica e real para a produção de CH₄ e CO₂ (Tabela 1). As emissões para estes gases foram superiores a 554% em relação ao valor real obtido na estação. Em projeção, para um cenário futuro, na qual a estação atendesse 88 L.s⁻¹, o mesmo se repete, desta vez, com taxa superior a 527% em relação ao valor real obtido.

Tabela 1 - Emissões estimadas para o sistema para sete meses

DADOS	PERÍODO	EMIÇÃO	UNIDADE
CH ₄ (teórico)	Atual	172,22	tCH ₄ .7meses ⁻¹
CH ₄ (real)	Atual	31,1	tCH ₄ .7meses ⁻¹
CO ₂ (teórico)	Atual	3.616	tCO ₂ .7meses ⁻¹
CO ₂ (real)	Atual	653	tCO ₂ .7meses ⁻¹
CH ₄ (teórico)	Futuro	581.548,67	tCH ₄ .7meses ⁻¹
CH ₄ (real)	Futuro	110.361,93	tCH ₄ .7meses ⁻¹
CO ₂ (teórico)	Futuro	12.212	tCO ₂ .7meses ⁻¹
CO ₂ (real)	Futuro	2.317	tCO ₂ .7meses ⁻¹

De acordo com Pecora (2006) e Lima e Salvador (2014), estipula-se para cada habitante, um índice de 54g de DBO, entretanto, os dados disponibilizados pela ETE indicavam índices menores para os habitantes da região de atendimento, em torno de 9,75 g.hab⁻¹.dia. Esta grande desigualdade de percentual pode ser ocasionada por vários fatores, como uma possível diluição do efluente ou das diferentes urbanizações ocorrentes na localidade. O primeiro fator pode acontecer devido a infiltração de água pluvial na tubulação de captação de esgoto.

Desta forma, ocorre a uma mistura que, acaba por fim, diluindo o efluente das residências e indústrias com a água da chuva, sofrendo uma redução de carga orgânica (LIMA, 2012). Importante mencionar que, de acordo com o Decreto Municipal de Blumenau nº 9351, de 23 de fevereiro de 2011, § 1º, inciso X, considera-se como irregularidade o lançamento de águas pluviais nas instalações prediais de esgotos sanitários ou ainda, na rede coletora, quer direta ou indiretamente.

Neste sentido, a Concessionária busca medidas saneadoras denominadas de "compensação administrativa" para contornar o problema (BLUMENAU, 2011). Chernicharo (1997) indicou os limites dos parâmetros do efluente de entrada no sistema de reatores anaeróbios. Esses valores ideais foram comparados com os dados de entrada da ETE e informados na Tabela 2:

Tabela 2 - Comparação dos parâmetros de entrada ideais e reais do efluente no sistema RAFA

	DQO (mg.L ⁻¹)	DBO (mg.L ⁻¹)
Valores ideais	400-800	200-500
Máximo	1.407,00	527,00
Mínimo	287,00	137,00
Média	695,36	306,71

Comparando-se os valores ideais com os reais da ETE, observou-se que, em alguns momentos, os parâmetros apresentavam-se menores do que os desejáveis para o sistema de tratamento. Contudo, como os dados calculados partiram dos parâmetros médios, a hipótese de diluição do efluente é descartada, uma vez que, o efluente apresenta os valores dentro dos limites desejáveis.

Outro fator relacionado com a baixa produção de gases obtido na estação é o público alvo que a ETE atende. A produção teórica de metano se baseia na taxa de 3,04 hab.unidade consumidora⁻¹. Apesar de existir uma grande quantidade de residências na localidade, esta região de Blumenau é conhecida pela prestação de serviços e comércio.

De acordo com a Federação do Comércio do Estado de São Paulo (FECOMERCIO, 2010) edifícios comerciais possuem uma taxa de consumo de água entre 50 e 80 L.empregado⁻¹.dia, enquanto a taxa de consumo residencial é de 200 L.hab⁻¹.dia. Sendo a produção de esgoto, para fins de cálculo, 80% do consumo de água, as unidades comerciais contribuiriam entre 40 e 64 L.empregado⁻¹.dia e as residências por sua vez, com 160 L.hab⁻¹.dia. Essa expressiva diferença na produção justificaria a diferença entre as produções teórica e real de metano.

O valor monetário determinado pelo preço de mercado do carbono tem diminuído nos últimos anos, e nesse sentido, a recuperação e queima do metano gerado em reatores anaeróbios de tratamento de esgoto poderão gerar tais créditos.

Segundo Lima (2012), o potencial de obtenção de créditos do setor de tratamento de esgotos está na adição de *flares* em estações com tecnologia anaeróbia, e a utilização de queimadores possibilitaria o uso da energia resultante do tratamento anaeróbio para completar a demanda energética do metabolismo. Este sistema transforma o metano em dióxido de carbono, apresentando, em média, uma redução de 50% nas emissões, gerando assim, para uma cotação de €8,02/tCO₂ as estimativas de valores presentes na Tabela 3.

Tabela 3 - Estimativa monetária dos créditos de carbono, para eficiência de 50% do flare.

DADOS	PERÍODO	PRODUÇÃO (tCO ₂ .7meses ⁻¹)	REDUÇÃO (tCO ₂ .7meses ⁻¹)	VALOR tCO ₂ (reais)
tCO ₂ (teórico)	Atual	3.616	1.808	61.772,13
tCO ₂ (real)*	Atual	653	326,5	11.155,20
tCO ₂ (teórico)	Futuro	12.212	6.106	208.617,61
tCO ₂ (real)*	Futuro	2.317	1.158	39.581,31

A redução está associada à eficiência de captura e de combustão do queimador, também as eficiências de operação do equipamento, devem garantir o sucesso da medida para mitigação. Caso a unidade invista em um sistema flare que alcance eficiência próxima a 100%, a obtenção dos créditos são os apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativa monetária dos créditos de carbono, para eficiência de 100% do flare.

DADOS	PERÍODO	PRODUÇÃO (tCO ₂ .7meses ⁻¹)	REDUÇÃO (tCO ₂ .7meses ⁻¹)	VALOR tCO ₂ (reais)
tCO ₂ (teórico)	Atual	3.616	3.616	123.544,26
tCO ₂ (real)*	Atual	653	653	22.310,40
tCO ₂ (teórico)	Futuro	12.212	12.212	417.235,22
tCO ₂ (real)*	Futuro	2.317	2.317	79.162,63

De acordo com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) os custos para a aprovação e registro de uma atividade de projeto de MDL, embora tenha diminuído nos últimos anos, custaria entre US\$ 60.000 e 175.000 (CGEE, 2010). O impacto dos custos de transação sobre a viabilidade econômica dos projetos variará conforme o tipo, tamanho do projeto e preço da Redução Certificada de Emissões (RCE). Neste sentido, observando a incerteza dos dados apresentados, a ETE Garcia não apresenta viabilidade na incorporação do projeto.

CONCLUSÕES

O mercado de crédito de carbono é uma realidade no cenário internacional e nacional. Esse mercado tem o objetivo de ampliar alternativas sustentáveis de desenvolvimento, favorecendo a elaboração de novas tecnologias mais limpas, visando a redução dos gases do efeito estufa, e desenvolvendo oportunidades de negócios.

Embora a ETE Garcia se configura como uma potencial fonte poluidora, devido sua emissão de metano proveniente do reator RAFA, esses valores ainda não são convincentes para a incorporação de crédito de carbono. Isto se deve à incerteza da produção de gases.

Para maior precisão, deve-se realizar um novo estudo com a incorporação de um medidor de fluxo de gases, que proporcionará a fidedigna produção de metano. Embora as fórmulas sejam aceitas, há uma divergência entre os valores considerados reais, a partir da remoção de metano no sistema, com os valores estimados por uma produção de DBO por habitante.

Neste sentido, a queima do biogás com sistema *flare* ainda se mostra mais atrativa, especialmente quando se leva em conta a redução de emissão de GEE, convertendo o metano em dióxido de carbono.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, J. C. S.; COSTA, P. Mudança climática, protocolo de Kyoto e mercado de créditos de carbono: desafios à governança ambiental global. **Organ. Soc.**, Salvador, v. 15, n. 45, p. 29-45, 2008.
- BRASIL, Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Presidência da República**. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos.
- BLUMENAU. Decreto nº 9351, de 23 de fevereiro de 2011. Regulamenta a prestação dos serviços de captação, adução, tratamento, distribuição e abastecimento de água, coleta, afastamento e tratamento de esgoto sanitário e coleta, tratamento e destinação final de resíduos sólidos do serviço autônomo municipal de água e esgoto de Blumenau - SAMAE e da empresa concessionária de saneamento. **Prefeitura municipal de Blumenau**, em 23 de fevereiro de 2011.
- BERTOLINO, M. **Avaliação das contribuições de água de chuva provenientes de ligações domiciliares em sistema de esgotamento sanitário separador absoluto**. 2013. 129 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- CARDOSO, C. R.; RODRIGUES, E. M.; CAMPOS, L. S. Oportunidades do mercado de crédito de carbono para usinas sucroalcooleiras do Brasil. **Nucleus**, v.6, n.1, p. 101-120, 2009.

6. CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Manual de capacitação sobre Mudança climática e projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). **CGEE**, Brasília - DF, p. 268, 2010.
7. CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. **Editora da UFMG**, Belo Horizonte – MG, p. 245, 1997.
8. FECOMERCIO - FEDERAÇÃO DO COMÉRCIO DO ESTADO DE SÃO PAULO. O Uso Racional da Água no Comércio. **Sabesp**, São Paulo – SP, p. 56, 2010.
9. FORESTI, E. Tratamento de Esgoto. In: CALIJURI, M.C.; CUNHA, D.G.F. **Engenharia Ambiental: Tecnologia e Gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. Cap. 18.
10. IPCC-INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATECHANGE. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Japão: IPCC, 2006.
11. ISOLDI, L. A.; KOETZ, P. R.; ISOLDI, L.A. Pós-tratamento de efluente nitrificado da parboilização de arroz utilizando desnitrificação em reator RAFA. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 271-277, 2005.
12. LIMA, A. P. **Produção de Gases de efeito estufa e potencial de geração de créditos de carbono em processo de tratamento de esgoto sanitário**. 2012. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2012.
13. LIMA, A. P.; SALVADOR, N. N. B. Geração de metano e de créditos de carbono no tratamento de esgotos sanitários. **Revista DAE**, v. 62, n. 195, p. 60-70, 2014.
14. MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Emissão de Metano no Tratamento e na Disposição de Resíduos. **CETESB**, São Paulo-SP, p. 100, 2010.
15. MACHADO, P. L. O. de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.
16. MINISTÉRIO DAS CIDADES, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2013.
17. PECORA, V. **Implementação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP: estudo de caso**. 2006. 153f. Dissertação (Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
18. RICARDO, A.; SOUZA, V. R.; RIBEIRO, M. S. Reconhecimento do fluxo econômico financeiro com créditos de carbono: estudo em empresa sucroalcooleira. **Custos e agronegócio online**, v. 9, n. 1, p. 162-184, 2013.
19. ROSA, A. P. **Aproveitamento de biogás e lodo excedente de reatores como fonte de energia renovável em estações de tratamento de esgoto**. 2013. 152f. Tese (Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos) Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
20. SOUZA, A. L. R., ALVAREZ, G., & ANDRADE, J. C. S. Mercado regulado de carbono no Brasil: um ensaio sobre divergências contábil e tributária dos créditos de carbono. **Organizações & Sociedade**, v. 20 n. 67, p. 675-697, 2013.
21. USEPA. Global Anthropogenic Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions: 1990-2020, 2006. Disponível em <<http://www3.epa.gov/climatechange/EPAactivities/economics.html>>. Acesso em 13 de outubro de 2015.
22. VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia sanitária e Ambiental, Editora UFMG, v. 2, p. 211, 1996.