

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAMILA BURIGO MARIN

ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO PARA O
MUNICÍPIO DE ITAPEMA, SC.

CURITIBA

2014

CAMILA BURIGO MARIN

ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO PARA O
MUNICÍPIO DE ITAPEMA, SC.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso especialização em projetos sustentáveis, mudanças climáticas e gestão corporativa de carbono do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof^a. M.Sc. Bárbara Zanicotti Leite Ross

CURITIBA

2014

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	6
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
2.1 DIAGNÓSTICO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE) ...	12
2.2 LEVANTAMENTO DE TRATAMENTOS ALTERNATIVOS PARA O EFLUENTE	12
2.3 ESTIMATIVA DE EMISSÕES E REDUÇÕES DE GEE.....	12
2.3.1 GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO	15
2.3.2 ATRATIVIDADE	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
3.1 DIAGNÓSTICO DA ETE	16
3.2 LEVANTAMENTO DE TRATAMENTOS ALTERNATIVOS PARA O EFLUENTE	17
3.3 ESTIMATIVA DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE)	18
3.4 GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO	21
3.5 ATRATIVIDADE	21
4. CONCLUSÕES	22
5. RECOMENDAÇÕES	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO PARA O MUNICÍPIO DE ITAPEMA, SC.

Camila Burigo Marin¹

¹Formação: Possui graduação em Oceanografia pela Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI – 2007) e mestrado em Oceanografia física, química e geológica pela Universidade Federal de Rio Grande (FURG – 2010). Titulação: Mestre. Endereço: Universidade do Vale do Itajaí, UNIVALI, Rua Uruguaí 485, Laboratório de Oceanografia Química e Poluição Marinha, sala 117. Centro, Itajaí –SC. E-mail: camilamarin@univali.br. Telefone (47) 33417721

Bárbara Zanicotti Leite Ross²

²Formação: Pesquisadora da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR. Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da UFPR, mestre em Tecnologia Química pela UFPR (2003), Engenheira de Alimentos pela PUC PR (1999) autora (co-autora) de 19 trabalhos científicos e três capítulos de livros na área de saneamento.

RESUMO

O município de Itapema, localizado no litoral centro-norte de Santa Catarina é o terceiro destino mais procurado no estado por turistas. Itapema apresentou um crescimento expressivo nos últimos anos, a cidade atualmente conta com uma estação de tratamento de efluentes (ETE) que atende o equivalente a 60% da população. Porém o restante da população (40%) ainda lança o seu efluente nos corpos d'água ou utiliza-se de tratamento individual como a fossa séptica. Se por um lado o aumento populacional e a procura dos turistas pelo município contribui com o crescimento da cidade, por outro o não tratamento de grande parte do efluente pode acarretar em efeitos negativos para o meio ambiente bem como para a saúde pública, graças a grande quantidade de organismos patogênicos que normalmente encontra-se no esgoto. A balneabilidade da praia consequentemente vem sendo prejudicada pela disposição inadequada dos efluentes domésticos municipais. O efluente doméstico por conter um alto teor de matéria orgânica possui um alto potencial de emissão de gases de efeito estufa – GEE principalmente o metano. Desta forma a procura por sistemas que atendam a parcela não atendida da população pela rede coletora, pode além de ajudar a melhorar as condições de balneabilidade, refletir em reduções das emissões de GEE. Através do programa GHG Brasil foi possível calcular as emissões e formar cenários. Calculada a produção de efluente por 40% da população, chegou-se ao valor de emissão de gás carbônico por essa parcela de 447.029,18 tCO₂e/ano. Avaliando-se o custo de diferentes tipos de tratamento e relacionando-os com os

créditos de carbono concluiu-se que o tratamento alternativo mais eficiente para o município é através da técnica de jardim filtrante, uma vez que apresentou o maior potencial de remoção de DBO e maior atratividade, pois a primeira venda de créditos de carbono seria o suficiente para pagar investimento neste tipo de tratamento. Além disso, sugere-se que este tipo de tratamento possa ser utilizado como área de lazer, uma praça com área verde na cidade, proporcionando ainda mais qualidade de vida para os munícipes.

Palavras-Chave: Remoção DBO, GEE, tratamentos alternativos, efluente doméstico.

ABSTRACT

Itapema beach, located in the north-central coast of Santa Catarina is the third most popular destination for tourists in the state. Itapema showed a significant growth, the city currently has a wastewater treatment plant (WWTP), but that serves to 60% population. The remaining releases the effluent into water bodies or uses septic tank. The population growth and tourism contributes to the city growth, but the WWTP absence cause negative effects many times for habitats as well as to public health by the large amount of pathogenic organisms. The bathing beach consequently has been hampered by inadequate disposal of municipal domestic wastewater. The domestic effluent contains a high content of organic matter has a high potential for emission of greenhouse gases - GHG, especially methane. Through the Brazil GHG program was possible to calculate emissions, calculated the production of effluent by 40% of the population, it becomes the value of carbon emissions for that portion of 447,029.18 tCO₂e / year. Evaluating the cost of different types of treatment and relating them to the carbon credits, was possible to find that the most effective alternative treatment for the city is wetlands technique. Since it had the greatest potential for BOD removal and lower payback, the first carbon credits sale would be enough to pay for investment in this type of treatment. Furthermore, it is suggested that this type of treatment can be used as a recreation area, a plaza with green space in the city, providing even more quality of life for residents.

Keywords: BOD removal, GHG, alternative WWTP, sewage.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O turismo apresenta-se como uma importante atividade social e econômica, no Brasil e em diversos países do mundo, colocando-se entre os fenômenos socioeconômicos da atualidade mais representativos destes novos tempos (POLETTE, 2004). A partir da década de 70, a popularização do veraneio e do turismo provocou um intenso processo de expansão urbana e especulação imobiliária em todo litoral Catarinense, especialmente no município de Itapema, Santa Catarina, Brasil (OLIVEIRA, 2002), e pode ser visto com a intensa verticalização e ocupação massiva do solo, sendo estes para muitos sinônimos de progresso e bem-estar (CARDOZO, 2008).

O desenvolvimento traz aspectos positivos relacionados ao desenvolvimento da cidade, porém o aumento na produção de efluentes cresce proporcionalmente, podendo contribuir negativamente para a qualidade de água local se não tratados de forma adequada (GONÇALVES *et al.*, 1997; OLIVEIRA, 2002). Alterações físico-químicas e/ou biológicas nas águas estuarinas e costeiras comprometem o equilíbrio ecológico bem como põem em risco a saúde humana (CARMOUZE, 1994; CETESB, 1995; DE MIRANDA *et al.*, 2002; PEREIRA FILHO *et al.* 2003).

No Brasil, o esgoto doméstico não tratado, ou tratado de forma ineficiente ainda é considerado uma das maiores fontes de poluição dos corpos hídricos (CRISPIM *et al.*, 2012). Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre o saneamento (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012) o atendimento em coleta de esgotos chega a 48,3% da população brasileira, e apenas 38,7% do esgoto gerado recebe algum tipo de tratamento.

A importância do tratamento de esgoto vai além de melhorias na qualidade das águas, investimentos em saneamento básico reduzem significativamente os gastos públicos com saúde (CRISPIM *et al.*, 2012).

Itapema apresenta um crescimento expressivo no setor turístico que não é acompanhado pelo setor de saneamento. Essa situação se agrava nos meses de verão, onde a população cresce de forma vertiginosa e por consequência, o consumo de água e a produção dos efluentes também cresce na mesma proporção. Diante desta constatação, notícias

relatando problemas como a falta de água potável e das condições de balneabilidade da praia, classificando Itapema como a praia mais poluída do estado, foram publicadas nos principais veículos de informação do país, denegrindo a imagem da cidade em relação à qualidade da água e conseqüentemente prejudicando o turismo (MARIN, 2007).

A balneabilidade das praias pode ser comprometida pela adição de efluentes não tratados, de forma direta ou indireta. Segundo a Resolução nº 357 do CONAMA (2005) os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, nos corpos de água, após o devido tratamento e necessitam obedecer aos padrões estabelecidos. Isto porque, o contato com águas de recreação poluídas aumenta o risco de contrair doenças gastrointestinais, bem como outros sérios problemas de saúde causados por infecções bacterianas, por protozoários e vírus (MANSILHA *et. al.*, 2009).

A partir do verão de 2007 a cidade iniciou o tratamento do esgoto sanitário do bairro mais populoso da cidade, denominado meia praia, com o intuito de sanar os problemas de balneabilidade de alguns trechos da praia. Atualmente a rede coletora atende 60% da população fixa e flutuante (PREMIER ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2013).

No verão de 2013 e de 2014 o Rio Perequê, que recebe o efluente tratado da ETE, sofreu com uma grande seca o que juntamente com o recebimento de grande carga orgânica proveniente da ETE, resultou na morte de dezenas de espécies, inclusive algumas mais resistentes como bagres, siris e caranguejos, culminando novamente em uma imagem negativa da cidade e na interdição de trechos da praia (CALDAS & FELIX, 2013; BASSO, 2014).

Além de repelir turistas, oferecer risco a saúde humana e prejudicar os recursos hídricos, segundo o Inventário de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Rio de Janeiro (2010), os efluentes domésticos, por possuírem um alto teor de material orgânico, apresentam um alto potencial de emissão de metano (CH₄), além disso, em função do conteúdo de nitrogênio na alimentação humana, ocorrem ainda as emissões de óxido nitroso (N₂O).

Um dos problemas ocasionados pela emissão de gases é a magnificação do efeito estufa. Neste fenômeno natural, os gases da atmosfera impedem que parte do calor absorvido do sol seja dissipado, porém devido aos GEE estarem sendo emitidos por fontes antrópicas

cada vez mais, acredita-se que os mesmos estejam acarretando em mudanças nas características do clima (MOUVIER, 1995).

Segundo o anexo A do Protocolo de Quioto (1998), são gases de efeito estufa o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os hidrofluorcarbonos (HFCs), os perfluorcarbonos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6) (MCTI, 2003). Para combater as mudanças climáticas é preciso reduzir as emissões destes gases, sendo necessário conhecer a quantidade e a origem das emissões. Neste contexto, existem diferentes metodologias para inventariar as emissões de GEE, que correspondem a uma forma de avaliação que pode ser feita por empresas, cidades, países, ou outros, para se determinar as fontes de emissão em atividades produtivas e a quantidade de GEE lançada à atmosfera (IPCC, 2006).

Segundo o IPCC, 2006 os lançamentos de matéria orgânica seja em ETEs, seja em mares, rios e lagos, provocam emissões de GEE. Para cada tipo de tratamento que se dá a esta matéria podem ser contabilizadas as emissões.

O decaimento da matéria orgânica em ETEs pode ocorrer pela via aeróbia ou anaeróbia, e ambas tem como resultado a produção de gases. A carga poluidora pode ser representada pela DQO (demanda química de oxigênio) quando a degradação da matéria orgânica ocorre pela via aeróbia de 40 a 50% da DQO inicial é convertida em gás carbônico. Por outro lado, quando o processo é anaeróbio ocorre a geração de biogás, composto por metano e gás carbônico, entre outros componentes, com a faixa de 70 a 90 % da DQO inicial (VON SPERLING, 1996).

No Brasil são conhecidas diversas técnicas de tratamento de esgotos, desde tratamentos mais simples até tratamentos mais sofisticados de sistemas convencionais, cada um retirando maiores ou menores quantidades de matéria orgânica do efluente em questão. Nos últimos anos tem sido implementado uma série de opções tecnológicas de tratamento na busca de alternativas mais adequadas a realidade brasileira e que tratem de forma mais eficiente o efluente (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012).

Diminuir o teor de matéria orgânica e conseqüentemente as emissões de GEE, através de tratamentos alternativos pode ser uma forma de negócio por meio da negociação de créditos no mercado voluntário de carbono (MCTI, 2014).

Modificações no sistema de tratamento de efluentes que são responsáveis pela redução de emissões tornam o projeto elegível para o mercado voluntário de carbono (MCTI, 2014), esses projetos além de ajudar na redução de emissões podem ajudar a melhorar a imagem da empresa que adota este tipo de procedimento ou até mesmo gerar lucros através das vendas de créditos de carbono.

Desta forma, o presente trabalho visa propor métodos alternativos de baixo custo para o tratamento de parcela dos efluentes sanitários produzidos no município de Itapema, que minimizem a carga orgânica e de nutrientes e que aumentem o oxigênio dissolvido no efluente tratado. Além da avaliação de qual o melhor método a ser empregado, em relação à eficiência e custo benefício objetivou-se verificar a possibilidade de geração de créditos de carbono com essas alternativas propostas, para o mercado voluntário de carbono, através da ferramenta GHG protocol.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Município de Itapema localiza-se no litoral norte do Estado de Santa Catarina (Figura 1), possui uma população fixa estimada para o ano de 2013 de 52.923 habitantes, um território com área de 57,803 km² e a densidade demográfica de 792,29 habitantes por km² (IBGE, 2014).

Itapema, é dotada de atrativos turísticos naturais, como as belas praias (aproximadamente 7 km de orla marítima), é o terceiro município que mais recebe turistas em Santa Catarina, ficando atrás apenas de Florianópolis e Balneário Camboriú (PREFEITURA DE ITAPEMA, 2013). A economia da cidade é baseada no turismo e na construção civil, não possuindo parques industriais.

A população flutuante que ali se encontra faz com que em determinadas épocas do ano seja gerada uma quantidade de resíduo e de efluente doméstico muito grande. Estudos indicam que a população flutuante no Município de Itapema chega a 120 mil habitantes (BERNA,

2011). Segundo estimativas informais do corpo de bombeiros entre natal e ano novo fixam-se em Itapema aproximadamente 900 mil pessoas.

Atualmente a empresa concessionária que presta os serviços de fornecimento e distribuição de água tratada e de coleta e tratamento de esgoto doméstico no Município de Itapema é a Águas de Itapema - CONASA. A ETE da empresa – área de estudo - (Figura 1) faz o tratamento do esgoto da cidade desde o ano de 2007, através da utilização de reatores anaeróbios de fluxo ascendente -UASB (ÁGUAS DE ITAPEMA, 2013). O sistema de coleta e tratamento de esgoto atende os bairros de Meia Praia e Centro, o que corresponde a 60,02% da população fixa e flutuante do município de Itapema. Já nas demais localidades, as quais não são atendidas pela rede coletora de esgoto, são utilizados os sistemas de tratamento individuais, como por exemplo as fossas sépticas (PREMIER ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2013).

Atualmente a ETE possui capacidade de tratar uma vazão média diária de 200 L/s de esgoto, porém na alta temporada a demanda é muito maior que sua capacidade de tratamento, causando conseqüentemente, prejuízos à qualidade do efluente final (PREMIER ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2013). Considerando a geração de 180 L/hab.dia de esgotos (JORDÃO E PESSÔA, 1995) a ETE possuiria a capacidade equivalente a 96 mil habitantes e em períodos de alta temporada este número é ultrapassado.

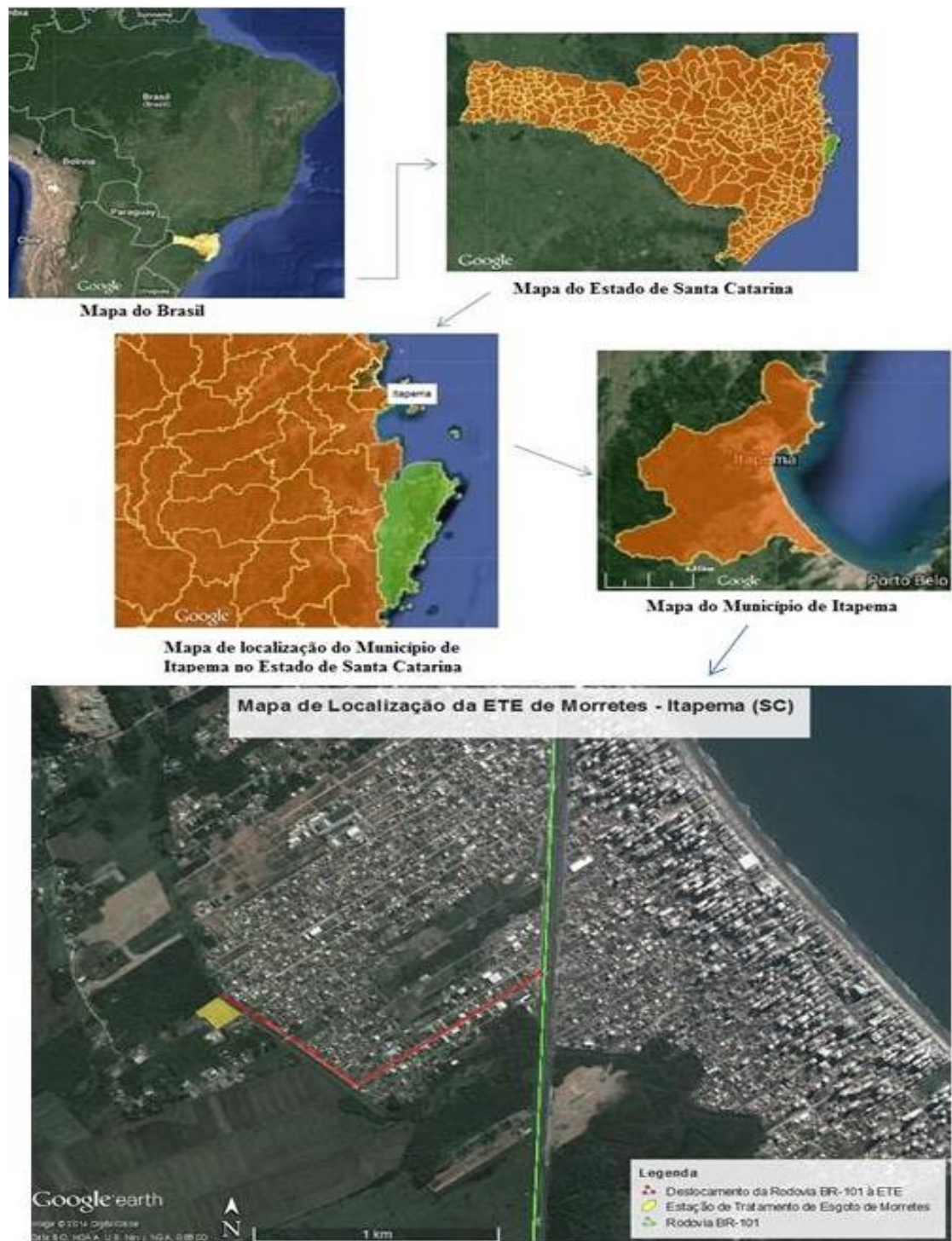


Figura 1: Mapa de localização da cidade de Itapema e da Estação de tratamento de Esgoto (ETE). Fonte: Adaptado de PREMIER ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2013.

2.1 DIAGNÓSTICO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE)

Na etapa de diagnóstico da ETE, foram levantados dados junto a companhia Águas de Itapema e na bibliografia, relacionados com as características da ETE e seu sistema de tratamento, o volume de efluentes recebido pela ETE, o volume de efluente tratado durante o ano, dados relacionados à carga orgânica do efluente inicial e final. Com base nestas informações foi avaliado o método mais indicado para contribuir com redução do lançamento de carga orgânica no rio.

2.2 LEVANTAMENTO DE TRATAMENTOS ALTERNATIVOS PARA O EFLUENTE

O levantamento de tratamentos alternativos para o efluente visa encontrar uma opção que permita aumentar a atual eficiência na remoção da matéria orgânica da ETE. Para isso buscou-se na bibliografia tipos de sistema de tratamentos alternativos, os custos e a capacidade de remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) para cada um dos sistemas avaliados.

2.3 ESTIMATIVA DE EMISSÕES E REDUÇÕES DE GEE

O painel intergovernamental de mudanças climáticas - IPCC 2006, formulou modelos que podem ser empregados para a estimativa das emissões de GEE em diversas atividades, entre elas a disposição de efluentes.

Para aplicar o modelo de emissão carbono e de metano (Equação 1) foi utilizada ferramenta de cálculo GHG Protocol (Programa Brasileiro) assim como o adotado pelo inventário de GEE do estado de São Paulo (CETESB, 2010) e pelo inventário do Estado do Paraná (SANEPAR, 2005). Além dos dados levantados nas etapas anteriores foi necessário calcular o resíduo orgânico total do efluente doméstico (TOW), o fator de emissão de metano (EF). A quantidade de metano recuperado não foi contabilizado, uma vez que não há a recuperação de metano pela ETE, desta forma o GHG adota como sendo o valor zero.

Equação 1: Cálculo para estimativa de emissão de metano para efluentes domésticos (GgCH₄/ano).

$$\boxed{Emiss\tilde{a}o\ CH_4 = (TOW * EF) - metano\ recuperado} \quad (1)$$

Onde:

- TOW = Resíduo orgânico total do efluente doméstico
- EF= Fator de emissão de metano
- Metano recuperado= Quantidade de metano recuperado por queima ou produção energética.

Para determinar a TOW (Equação 2) são necessários os dados de População (P), e o componente orgânico degradável (D_{dom}) dado em KgDBO/(hab.ano).

Equação 2: Cálculo para determinação do resíduo orgânico total do efluente doméstico (KgDBO/ano).

$$\boxed{TOW = P * D_{dom}} \quad (2)$$

Onde:

- P = Dados da população
- D_{dom} = Componente orgânico degradável

O fator de emissão (EF) pode ser calculado através da relação (Equação 3) entre a máxima capacidade de produção de metano (Bo) dado em KgCH₄/KgDBO e a fração de esgoto tratado pelo sistema de tratamento do tipo encontrado, multiplicado pelo fator de conversão de metano para cada tipo de sistema de tratamento (MCF_x – adimensional) conforme o *default* do *Good Practice Guidance* (IPCC, 2006).

Equação 3: Cálculo para determinação do fator de emissão do efluente doméstico (KgCH₄/KgDBO).

$$\boxed{EF = Bo * MCF_x} \quad (3)$$

Onde:

- Bo = Máxima capacidade de produção de metano
- MCF_x = Fração de esgoto tratado

Segundo o *default* do *Good Practice Guidance*, 2006 há uma relação média de 0,60 KgCH₄ produzido para cada Kg de DBO produzida. Porém para cada tipo de tratamento ou destinação dado ao efluente existe um fator de conversão (Tabela 1). O inventário do estado do Paraná (SANEPAR, 2005) definiu alguns fatores de conversão de metano do sistema que também segue.

Tabela 1: Fatores de conversão de metano do sistema (KgCH₄/KgDBO), conforme o tipo de tratamento ou destinação do efluente. Levando em consideração a ausência ou presença da rede coletora de esgoto.

Tipo de tratamento ou destinação		Fator de conversão de metano do sistema (KgCH ₄ /KgDBO)	
		IPCC,2006	SANEPAR,2005
Sem rede coletora	Fossas sépticas e sumidouros	0,5	
	Fossas secas	0,1	
	Vala aberta	0,1	
	Lançamento em cursos de água	0,1	
Com rede coletora de esgoto	Lodo ativado/ Digestor Anaeróbio	0,8	
	Fossa séptica	0,5	0,3
	Reator anaeróbio	0,8	0,4
	Lagoa Anaeróbia	0,8	
	Lagoa facultativa	0,2	
	Lagoa Mista	0,2	
	Lagoa de maturação	0,2	
	Fossa séptica condominial	0,5	
	Lançamento em cursos de água	0,1	0,1

Fonte: Adaptado de CETESB, 2010.

Os fatores de conversão apresentados são “default” do IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories (IPCC, 2006) e do Inventário de emissão de gases de efeito estufa do setor de resíduos no Paraná, Ano Base 2005 (SANEPAR, 2005).

Cabe ressaltar que os processos de tratamento através de filtros biológicos aeróbios, valas de oxidação e lagoas aeradas não emitem metano, enquanto que os processos de lodos ativados, lagoas facultativas, mistas e de maturação emitem uma quantidade reduzida.

A partir das emissões estimadas contabilizou-se quanto de DBO foi removida e dessa forma estimou-se a diferença na emissão que seria produzida com a aplicação dos sistemas alternativos. Usando o mesmo método da etapa da estimativa de emissões (item 2.3.1 deste trabalho).

2.3.1 GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO

Após estimar a emissão atual e a redução possível nas emissões com o emprego dos métodos alternativos estudou-se a possibilidade de transformar essas reduções nas emissões em créditos de carbono através do mecanismo de desenvolvimento limpo.

Foi necessário saber a quantidade total de carbono reduzido e acompanhar o preço de mercado do carbono no mercado voluntário na internet para assim se calcular a possível venda e quanto seria obtido de lucro com a mesma.

2.3.2 ATRATIVIDADE

Levantando-se os custos de implementação dos sistemas alternativos e a capacidade de geração de créditos de carbono, analisou-se a possibilidade de recuperar os gastos com a melhora no tratamento pelo lucro gerado com a venda de créditos.

Escolheu-se a metodologia de prazo de retorno de investimentos (PRI), que é um indicador de atratividade, mostra o tempo necessário para que seja recuperado o investimento pode ser calculado conforme a expressão:

$$PRI = \frac{\textit{Investimento total}}{\textit{Lucro}} \quad (4)$$

Onde:

- Investimento total = custo do investimento total, em R\$;
- Lucro = Lucro obtido ao ano em R\$.

A vantagem desse método é principalmente a simplicidade com que pode ser aplicado, porém, ele não considera a remuneração de capital e não considera as entradas de fluxo de caixa após a recuperação do investimento (SEBRAE, 2011). O Lucro no presente trabalho será a possível arrecadação obtida somente com a venda de créditos de carbono desprezando o custo de projeto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DIAGNÓSTICO DA ETE

A ETE opera desde 2007 com o sistema de tratamento anaeróbio do efluente através de reatores do tipo UASB, são 4 unidades existentes e uma em construção. A vazão média atual é de 200L/s e após a implementação da unidade 5 terá vazão média de 250 L/s. O sistema de tratamento preliminar é composto por gradeamento para remoção de sólidos grosseiros, desarenador, para remoção dos sólidos sedimentáveis e ainda por um macromedidor de vazão do Tipo Parshall.

Durante ano 2013 a ETE recebeu e tratou o equivalente a 2.060.897,08 m³ de efluente. A DBO₅ média de entrada e saída foram de 216,91 mg/L e 36,77mg/L respectivamente (CIA ÁGUAS DE ITAPEMA, 2014), correspondendo a uma remoção média de 83%.

Segundo Jordão e Pessôa (1995) a indicação de matéria orgânica presente dada pelo parâmetro DBO₅ é de suma importância para se conhecer o grau de poluição de uma água residuária, normalmente a DBO₅ de esgotos domésticos varia de 100 a 300 mg/L, sendo que com pós tratamento pretende-se atingir uma redução da DBO₅ até uma faixa de 20 a 30 mg/L. Desta forma conclui-se que a ETE está apresentando resultados de remoção muito bons, uma vez que a eficiência esperada para os reatores tipo UASB, sem considerar o pós-tratamento, é de 65 % (TEIXEIRA *et al.*, 2009) e os reatores avaliados apresentaram médias acima destes valores.

Os valores citados de matéria carbonácea removida estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente CONAMA N° 430 que complementa a resolução N° 357 (2005) e prevê uma redução mínima de DBO de 60%.

No ponto de lançamento do efluente, onde o Rio da Fita (que recebe o efluente tratado) encontra o Rio Perequê para o ano de 2007 antes de se iniciar o tratamento pela ETE a DBO₅ no local durante o verão segundo Marin (2007) era de 15,8 mg/L (9 semanas de monitoramento), já segundo Biavatti (2014) no mesmo ponto do Rio Perequê durante o verão de 2014 (média de 9 semanas) o valor médio de DBO₅ foi de 222 mg/L. É importante ressaltar que ao redor deste ponto de coleta, existe uma comunidade que não é atendida pela rede coletora de esgoto e não possui nem saneamento básico. Embora a ETE lance o seu

efluente tratado no rio da fita que cai nesse nosso ponto de coleta no Rio Perequê, no local há uma vala com esgoto a céu aberto, que corta essa comunidade sem acesso a rede (Marin *et al.*, 2014).

O lançamento indiscriminado de efluentes nos corpos de água provoca uma série de consequências ambientais, entre elas a perda de biodiversidade. A característica de vida de um rio é expressa principalmente pela quantidade de oxigênio em seu meio e por sua capacidade de autodepuração, assim rios com DBO₅ menores que 2mg/L são considerados muito limpos, 5mg/L atribui-se a rios duvidosos onde só os organismos mais resistentes sobrevivem e acima de 20mg/L representam péssimas condições, com um mau aspecto estético e difícil condição de vida (JORDÃO E PESSÔA, 1995).

3.2 LEVANTAMENTO DE TRATAMENTOS ALTERNATIVOS PARA O EFLUENTE

Além de buscar alternativas de tratamentos diferentes levantou-se custo de cada tratamento em reais por habitante (R\$/hab), taxa máxima de remoção de DBO em porcentagem, área de ocupação máxima em metros quadrados por habitante (m²/hab) e calculou-se o custo (R\$) para o município de Itapema. Considerando que da população de 52.923 habitantes (IBGE, 2010) 40% não possui seu esgoto tratado calculou-se para os então 21.169 habitantes sem tratamento de esgoto também a área requerida para a implantação de cada tipo de tratamento (m²/hab) (Tabela 2).

Tabela 2: Tipos de tratamento de efluentes, custo em reais por habitante, taxa de remoção de DBO, capacidade de tratamento e fonte. Calculou-se o custo de implementação para o município e a área requerida para 40% da população de 52.923 habitantes (IBGE, 2010) que não possui acesso a rede coletora de esgoto e ao tratamento.

Tipo de tratamento	Custo (R\$/hab)	Taxa máxima de remoção de DBO	Área de ocupação máxima (m ² /hab)	Fonte	Custo (R\$)	Área requerida (m ²)
A) Lagoa facultativa*	66,90	85%	5,0	1	1.416.219,00	105.846
B) Lagoa anaerobia *	55,75	90%	3,5	1	1.180.183,00	74.092
C) Lagoa aerada *	55,75	90%	0,5	1	1.180.183,00	10.584
D) Lodo ativado +Reação	176,81	96%	0,25	2	3.742.926,00	5.292
E) Filtros biológicos	267,60	93%	0,7	3	5.664.878,00	14.818
F) Reator UASB	40,00	84%	0,10	3	846.768,00	2.116
G) Jardim filtrante	53,04	99%	1,1	4	592.737,60	23.286

Fonte: 1) Adaptado de VON SPERLING, 1996. 2) AISSE e SOBRINHO, 1999. 3) TEIXEIRA *et al.*, 2009 4) DA COSTA, S.M.S.P., 2004. *O Custo considerou a cotação do dólar em R\$ 2,23 em 28 de agosto de 2014.

3.3 ESTIMATIVA DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE)

Segundo os dados obtidos da ETE para o ano base 2013 e aplicando a ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol, o efluente produzido pelos 52.923 habitantes no município de Itapema tratado através de reatores anaeróbios do tipo UASB, emitiu em metano o equivalente a 214.574,01tCH₄/ano e em carbono o equivalente a 5.364.350,23 tCO₂e/ano. Segundo as projeções do IBGE para o ano de 2014 Itapema terá cerca de 55.016 habitantes assim projetando um cenário de produção de efluentes, podemos dizer que serão produzidos aproximadamente 2.142.401,484 m³ de efluente, considerando a mesma carga orgânica de 2013, teríamos uma emissão de 223.059,99 tCH₄/ano e de 5.576.499,67 tCO₂e/ano (Figura 2).

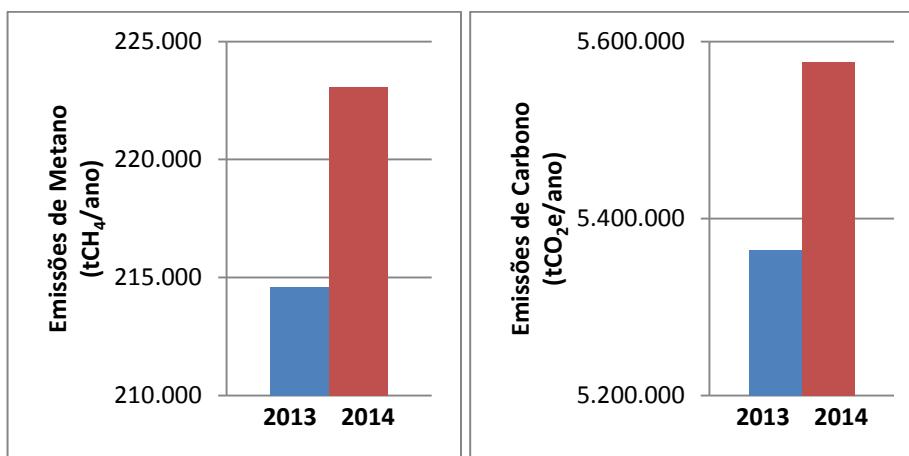


Figura 2: Emissões de Metano (tCH₄/ano) e Carbono (tCO₂e/ano) para o efluente produzido no município de Itapema tratado na ETE com o reator anaeróbio do tipo UASB, no ano base 2013 e a projeção para as emissões de 2014.

A principal forma de remover as emissões de carbono da atmosfera é através do plantio de árvores. Durante o crescimento de uma árvore, a mesma absorve o gás carbônico (CO₂) da atmosfera e libera o oxigênio (O₂) por meio da fotossíntese. Neste processo fixa-se o carbono (C) nos troncos, galhos, folhas e raízes, após essa fixação o carbono só será liberado novamente à atmosfera em caso de queimadas ou por morte natural devido aos processos de decomposição. Desta forma pode-se calcular o número de árvores plantadas necessárias para incorporar o CO₂ produzido (IBDN, 2010).

Atualmente o sistema de tratamento cobre 60% da população fixa e flutuante, se no ano de 2013 foram contabilizados 2.060.897,08 m³ de efluente podemos dizer que os 40% da população restante que não é atendida pela rede coletora de esgoto produziu o equivalente a 1.373.931,38 m³ de efluente. Assim o atendimento desta parcela da comunidade por um sistema de tratamento de efluente alternativo, poderia além de reduzir a carga de DBO para o meio, também contribuir para a redução das emissões de GEE.

Não existem estimativas do tipo de tratamento que os 40% da população não atendida pela rede coletora fazem, sabe-se que algumas residências possuem o sistema individual de tratamento do tipo fossa séptica e que outros lançam seus efluentes diretamente nos corpos d'água ou na rede pluvial, porém não se sabe o número efetivo. Para efeito de cálculo considerou-se o lançamento direto nos corpos de água ou valas devido ao seu maior potencial

poluidor, resultando assim em uma emissão de metano de 17.881,17 tCH₄/ano e de 447.029,18 tCO₂e/ano de gás carbônico. Para os tratamentos levantados (Tabela 2) os valores de emissão em carbono equivalente podem ser observados na figura 3.

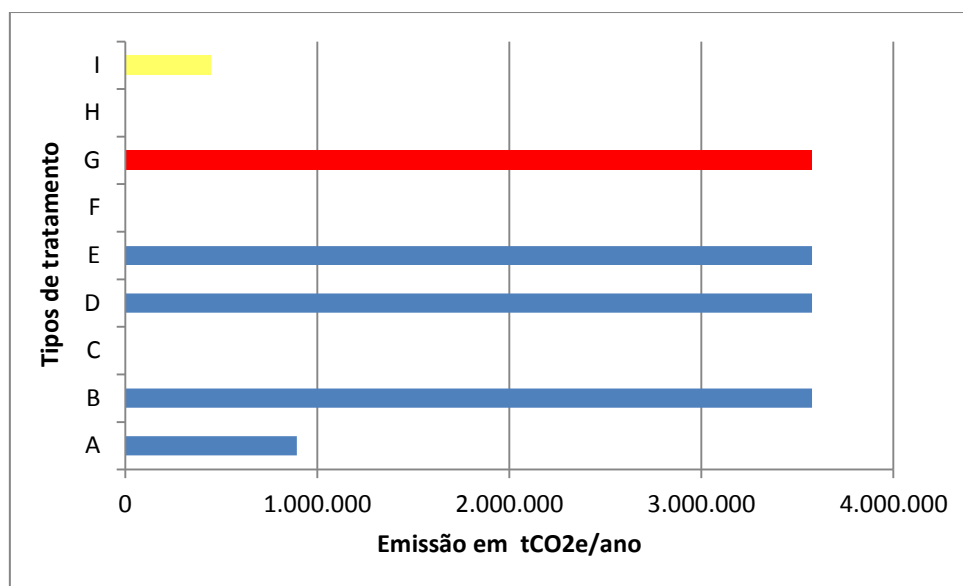


Figura 3: Relação entre os diferentes tipos de tratamento de efluentes e a emissão de gás carbônico (tCO₂e/ano), tendo como 2013 o ano base de produção de efluentes. Tipos de tratamento: A) Lagoa Facultativa, B) Lagoa Anaeróbia, C) Lagoa aerada (sem cor pois a emissão considerada é zero), D) Reator Anaeróbio, E) Lodo ativado + reeração, F) Filtros biológicos (sem cor pois a emissão considerada é zero), G) Reator Anaeróbio do tipo UASB (em vermelho por ser o tipo de tratamento municipal), H) Jardim Filtrante (sem cor pois a emissão considerada é zero) I) Disposição nos corpos d'água ou rede pluvial (amarelo).

As maiores emissões correspondem aos sistemas anaeróbios de tratamento representados por B, D, F. Destaca-se o sistema de tratamento por reator UASB (G) por ser o tratamento utilizado no município, embora o reator emita uma quantidade de CO₂e 8mil vezes superior ao lançamento *in natura* do efluente, cabe ressaltar que o lançamento de efluentes desta forma pode provocar segundo Bricker *et al.*, 1999 anoxia, eutrofização e perda de balneabilidade.

As lagoas aeradas (C) e o tratamento por filtros biológicos (aeróbio) (E) não apresentaram emissões, por serem processos aeróbios.

Para o cálculo de emissão dos jardins filtrantes o valor do fator de emissão não foi encontrado na bibliografia, porém segundo Melo e Lindner (2013) a função principal das plantas, consiste em fornecer oxigênio para o substrato, através do rizoma, desta forma aumentando o desenvolvimento da população de microrganismos responsáveis pelos

processos de degradação da matéria orgânica, prevalecendo assim os processos de degradação aeróbia, assimos jardins filtrantes também serão considerados neste estudo como não emissores de GEE.

3.4 GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO

Os tratamentos por lagoas aeradas (C), o tratamento por filtros biológicos (F) e os jardins filtrantes (H) ofereceram uma remoção total da emissão dos efluentes que não são tratados pela ETE dos 40% de moradores que não possuem acesso à rede.

Qualquer um dos tratamentos citados ajudariam a deixar de emitir minimamente 447.029,18 tCO₂e/ano (utilizando o fator de emissão 0,1 para o esgoto não tratado). Considerando que 1 crédito de carbono é equivalente a remoção ou não emissão de 1 tonelada temos assim aproximadamente 447 mil créditos.

O preço do crédito de carbono tem variado muito de mercado pra mercado, no mercado de créditos australiano a ultima negociação foi de aproximadamente R\$42,00 por crédito (Carbon Market Institute), em agosto de 2014 no mercado da Califórnia estava sendo negociado por R\$26,00 (California Carbon Dashboard) no da China em torno de R\$15,00, no mercado europeu R\$17,00, e no Brasil o preço varia entre R\$4,00 e R\$45,00, com uma média de R\$25,00 (Instituto Carbono Brasil).

Considerando o mercado voluntário brasileiro no pior cenário de R\$4,00 o crédito, podemos arrecadar o equivalente a R\$1.788.000,00 com a venda de créditos de carbono por não emissão no mercado voluntário.

3.5 ATRATIVIDADE

Avaliando as 3 alternativas não emissoras (lagoas aeradas, tratamento por filtros biológicos e jardins filtrantes) , aplicando o PRI, com o arrecadado pela venda dos créditos teríamos os filtros biológicos com um tempo de retorno maior, seria necessário arrecadar 3,17 anos de créditos para conseguir pagar esse tipo de implementação. Já o tratamento por lagoa aerada e jardins filtrantes se pagariam na primeira venda de créditos (Tabela 3).

Tabela 3: Tempo em anos de retorno de investimento dos diferentes tipos de tratamento de efluentes com a venda de créditos de carbono, área requerida em hectares e o percentual de remoção de DBO₅

Tipo de tratamento	PRI (anos)	Área (ha)	Remoção DBO₅
Lagoa aerada	0,66	1,06	90%
Filtros biológicos	3,17	1,48	93%
Jardim filtrante	0,33	2,33	99%

O melhor resultado obtido corresponde à atualização dos jardins filtrantes, possuem menor tempo de retorno, possuem a maior taxa de remoção de DBO₅ e embora necessitem de uma área maior para sua instalação podem servir além de uma forma alternativa de tratamento e não emissão de carbono, mas também como uma nova área de lazer para o município, uma vez que o mesmo possui poucas áreas verdes.

O Parque Chemin de L'Ile, localizado as margens do Rio Sena na França utiliza esta técnica de tratamento das águas do seu rio combinada com um espaço de recreação, possui 14,5 ha e custou aproximadamente R\$180/m² (QUILFEN, 2006). Nesta perspectiva o tratamento no município de Itapema se seguir os padrões do Rio Sena teria que ter a venda de créditos em 2,34 anos para recuperar o investido no tratamento.

4. CONCLUSÕES

O levantamento de métodos alternativos apontou três métodos mais atrativos, sendo: O tratamento através de lagoas aeradas, utilização de filtros biológicos e de tratamento por jardins filtrantes as opções não emissoras de GEE.

Mesmo com o pior cenário de venda de crédito de carbono a apenas R\$4,00 a proposta de implementar um tratamento alternativo para os 40% da população que atualmente não é atendida pela rede coletora de esgoto mostra-se competitivo. Além de diminuir a emissão de carbono cumpre a função de remover a carga de DBO do efluente, ajudando assim a melhorar as condições dos rios da cidade, especialmente no Rio Perequê, bem como auxiliando na melhora da balneabilidade na enseada.

A alternativa de tratar o efluente a partir da técnica de jardim filtrante foi a que apresentou menor custo e maior remoção de DBO entre as técnicas não emissoras. Esta alternativa de tratamento pode ainda agregar em beleza cênica e tem o potencial de se tornar

uma opção de área verde para a cidade, sendo desta forma a técnica indicada para tratar os 40% do efluente não tratado no município.

Cabe ressaltar que o tratamento com reatores do tipo UASB correspondem a alternativa mais barata de implementação, é possível minimizar os impactos relacionados a emissão de GEE através da queima do metano produzido e/ou recuperação energética.

Os fatores de emissão e consequentemente o dado de emissão de carbono equivalente obtidos através da ferramenta do GHG protocol Brasil devem ser usados com precaução, pois não são os únicos indicadores que devem ser levados em consideração, uma vez que tratar o efluente em muitos casos emitem uma quantidade de carbono muito maior do que o lançamento em corpos d'água. Embora a emissão seja um problema os impactos do não tratamento são ainda piores, uma vez que além de oferecer risco a saúde humana, podem ainda provocar anoxia no ambiente e emitir muito mais GEE.

5. RECOMENDAÇÕES

Sugere-se um estudo do potencial de produção de metano nos reatores UASB da ETE de Itapema com recuperação das emissões. Essas recuperações sejam na forma de queima por flare ou em recuperação energética poderiam aumentar ainda mais a número de créditos gerados e a arrecadação com essa venda poderia ajudar a sustentar um fundo ambiental na cidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISSE, M.M; SOBRINHO, P.A., 1999. Avaliação do sistema reator UASB e filtro biológico aerado submerso para tratamento de esgoto sanitário. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/PROSAB/livros/coletanea2/ART15.pdf>> Acesso em: 09/07/2014.
- ÁGUAS DE ITAPEMA. ETE. Disponível em: <<http://www.aguasdeitapema.com.br/novo/index.php/coleta-de-esgotos/ete>> Acesso em: 18/12/2013.
- BASSO, M. PEIXES E SIRIS APARECEM MORTOS NO RIO PEREQUÊ, EM ITAPEMA. O SOL DIÁRIO, ITAJAÍ, 02 JAN. 2014. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://OSOLDIARIO.CLICRBS.COM.BR/SC/NOTICIA/2014/01/PEIXES-E-SIRIS-APARECEM-MORTOS-NO-RIO-PEREQUE-EM-ITAPEMA-4379566.HTML](http://osoldiario.clicrbs.com.br/SC/NOTICIA/2014/01/PEIXES-E-SIRIS-APARECEM-MORTOS-NO-RIO-PEREQUE-EM-ITAPEMA-4379566.HTML)>. ACESSO EM 08 JUL. 2014.
- BERNA, J. C. **Plano de Negócios:** Abertura de um Centro de Estética na Cidade de Itapema/SC. 164 f. TCC (Graduação em Administração) Departamento de Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade do Vale do Itajaí, Tijucas, 2011.
- BIAVATTI, M.L. QUALIDADE DE ÁGUA DA ENSEADA DE PORTO BELO: EVOLUÇÃO DE 2000 A 2014. 46 f. TCC (Graduação em Oceanografia) - Universidade do Vale do Itajaí, UNIVALI, Itajaí, 2014.
- BRICKER et al., 1999. National Estuarine Eutrophication Assessment. **Effects of Nutrient in Enrichment in the Nation's Estuaries.** NOAA, National Ocean Service, Special Projects Office and National Centers for Coastal Ocean Science, Silver Spring.
- CALIFORNIA CARBON DASHBOARD. Carbon price. Disponível em: <<http://calcarbodash.org/>> Acesso em: 27/08/2014.
- CALDAS, J; FELIX, D. **Vazamento de esgoto irregular causa poluição e morte de peixes em SC.** G1 Santa Catarina, 08 jan. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa->

catarina/noticia/2013/01/vazamento-de-esgoto-irregular-caoa-poluicao-e-morte-de-peixes-em-sc.html>. Acesso em 8 jul 2014.

CARBON MARKET INSTITUTE. Avareged price for Kyoto Australian Carbon Credit Unit.

Disponível em: <www.carbonmarketinstitute.org/cfi_market_hub/spot_accu_prices>

Acesso em: 28/08/2014.

CARDOZO, J.M.H. **Regulação e Controle social na privatização do sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário: O caso do município de Itapema**

(SC). 101f. Dissertação (Mestrado profissionalizante em Gestão de Políticas Públicas)

– Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI, Itajaí, 2008.

CARMOUZE, J.P. *O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos*. São Paulo: Editora Edgard

Blucher: FAPESP, 1994. 253p.

CETESB. **Relatório de balneabilidade das praias paulistas**, São Paulo: CETESB, 1995.

112p.

CETESB. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa no setor de resíduos e efluentes**

do estado de São Paulo 1990 a 2008. São Paulo: CETESB, 2010. 136p. Disponível

em:<http://www.ambiente.sp.gov.br/proclima/files/2014/05/brasil_mcti_residuos.pdf >

Acesso em: 08/04/2014.

CIA ÁGUAS DE ITAPEMA, Companhia Águas de Itapema. Concessionária dos Serviços de

Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Município de Itapema-SC. Dados do sistema comercial. 2014.

CRISPIM, J.Q.; PAROLIN,M.; MALYSZ, S.T.; VAN KAICK, T.S. **Estações de tratamento**

de esgoto por Zona de raízes (ETE). Paraná, Ed. da Fecilcam, 2012. 32p.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Ministério do Meio

Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> >. Acesso em: 8 jul.

2014.

DE MIRANDA, L. B.; DE CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. *Princípios de Oceanografia*

Física de Estuários. São Paulo: Edusp, 2002. 410p.

GHG, Programa Brasileiro GHG Protocol. 2014. Disponível em:

<<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br>> Acesso em: 02/07/2014.

- GONÇALVES, F. B; DE SOUZA, A.P. *Disposição oceânica de esgotos sanitários: história, teoria e prática*. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 325 p.
- IBDN, 2010. *Inventário de emissões de GEE, ano base 2010*. Disponível em: <http://www.ibdn.org.br/Invent%C3%A1rio_IBDN.pdf> Acesso em: 30/08/2014.
- IBGE. *Cidades*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=420830&search=santacatarina|itapema>>. Acesso em: 08/04/2014.
- INSTITUTO CARBONO BRASIL. **Mercado de Carbono**. Disponível em: <<http://www.institutocarbonobrasil.org.br>> Acesso em: 28/08/2014.
- IPCC, IPCC 2005 *Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Metz, B., O. Davidson, H. C. de Coninck, M. Loos, and L. A. Meyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 442 pp.
- IPCC, 2006. *Guidelines for Greenhouse Gas Inventories*. Japan: Guidelines 2006.
- MARIN, C.B. **Avaliação da Qualidade de Água do Rio Perequê e Enseada de Itapema - SC**. 45 f. TCC (Graduação em Oceanografia) - Universidade do Vale do Itajaí, UNIVALI, Itajaí, 2007.
- MARIN *et al.*, 2014. Monitoramento ambiental da bacia hidrográfica do Rio Perequê e enseada de Porto Belo - SC, Relatório 1. Itajaí, abril de 2014.
- MANSILHA, C. R. et al. Bathing waters: New directive, new standards, new quality approach. *Marine Pollution Bulletin*, v. 58, p. 1562 – 1565, 2009.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2012. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=103>>. Acesso em: 06/05/2014.

MCTI, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INFORMAÇÃO. **Mecanismo de desenvolvimento limpo.** 2014 Disponível em:<<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4007.html>> Acesso em: 01/05/2014.

MCTI, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INFORMAÇÃO. 2003. **Ciência da Mudança do Clima.** Disponível em:<http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/Protocolo_Quito.pdf> Acesso em: 08/07/2014.

MELO, J.F & LINDNER, E.A. **Dimensionamento comparativo Lagoas VERSUS Wetlands para o tratamento de esgoto em bairro de Campos Novos, SC.** Unoesc & Ciência - ACET, Joaçaba, v. 4, n. 2, p. 181-196 jul./dez. 2013. Disponível em:<http://editora.unoesc.edu.br/index.php/acet/article/view/2709/pdf_6> Acesso em: 10/09/2014.

MOUVIER, G. **A poluição atmosférica.** Lisboa: INSTITUTO PIAGET, 1995. 141 p.

OLIVEIRA, R. A. **Desenvolvimento turístico e transformações sócio-espaciais no município de Itapema-SC.** 198p. Tese de Mestrado. Universidade do Vale do Itajaí, Balneário Camboriú, SC, Brasil, 2002.

PEREIRA FILHO, J.; SPILLERE, L. C. & SCHETTINI, C. A. F. **Dinâmica de Nutrientes na Região Portuária do Rio Itajaí-Açu.** *Revista Atlântica*, v.25, n.1, p. 11-20. 2003.

POLETTE, M. **Aplicação do Modelo de Desenvolvimento de Balneários – MDB para fins de Gerenciamento Costeiro Integrado.** Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, Brasil, 2004.

PREMIER ENGENHARIA E CONSULTORIA (Itapema). Secretaria de Planejamento Urbano (Ed.). **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) Incluindo o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS):** Produto 2 - Relatório contendo a Caracterização do Município. Itapema: Premier Engenharia e Consultoria, 2013. 106 p.

- QUILFEN, J.N. **Máquina biológica**. Revista Arquitetura e vida, Lisboa, n.73, p.58-63, jul./ago.2006.
- SANEPAR. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa do setor de resíduos no Paraná, ano base 2005**. SANEPAR, 2005. 32p.
- SEBRAE. **Análise e Planejamento Financeiro – Manual do Participante**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresa – Sebrae. Brasília, 2011. Disponível em: < http://gestaoportal.sebrae.com.br/customizado/uasf/gestao-financeira/analise-financeira/6_prazo-de-retorno-do-investimento.pdf > Acesso em: 01/09/2014.
- TEIXEIRA, A.R; CHERNICHARO, C. A. DE. L.; SOUTO, T. F. DA S.; DE PAULA, F. S. **Influência da alteração da distribuição do tamanho de partículas no desempenho de reator UASB tratando esgoto doméstico**. Eng. Sanit. Ambient. vol.14 no.2 Rio de Janeiro Apr./June 2009. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000200003&lang=pt > Acesso em: 01/07/2014.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. In: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. v.1. 2 ed Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1996.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha orientadora Bárbara Zanicotti Leite por ter aceitado me orientar e pelas contribuições sempre tão pertinentes. Agradeço ainda a minha família e amigos da UNIVALI pelo apoio.