

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS. ESTUDO DE CASO: CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS EM SEROPÉDICA/RJ**

***PRELIMINARY ASSESSMENT OF POWER GENERATION POTENTIAL POWER FROM BIOGAS GENERATED IN LANDFILL SANITARY. CASE STUDY: CENTRAL WASTE TREATMENT IN SEROPÉDICA / RJ***

**AUTORES:**

**Carlos Eduardo Soares Canejo Pinheiro da Cunha**, Msc em Engenharia Sanitária e Ambiental UERJ e Doutorando em Engenharia Ambiental na UERJ, atua como coordenador do MBA em Planejamento e Gestão Ambiental da UVA. Residência situada a Rua Marquês de Olinda, 80, Botafogo, RJ, 22251-040. ([carlos.pinheiro@uva.br](mailto:carlos.pinheiro@uva.br)). (21) 96571-2304.

**Luiza Regina Ramiro de Carvalho**, Técnica em Segurança do Trabalho, graduanda em Engenharia Ambiental e estagiária no setor de SGA da Base de Abastecimento da Marinha do Brasil no Rio de Janeiro. Residência situada a Rua Angai 255, Vila Kosmos, Rio de Janeiro – RJ, 21220-190. ([luizaramiro@yahoo.com.br](mailto:luizaramiro@yahoo.com.br)). (21)97993-2486.

**Danielle Imbrois Gomes**, graduanda em Engenharia Ambiental e estagiária do GATE Ambiental do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro. Residência situada na Rua Miguel Cervantes 62, apartamento 405, Cachambi, Rio de Janeiro – RJ, 20780-370. ([danielle.imbrois@gmail.com](mailto:danielle.imbrois@gmail.com)). (21)98076-4581.

## **RESUMO**

Há uma constante preocupação no Brasil, e no mundo, com o crescimento do consumo elétrico pela população e do aumento da geração de resíduos sólidos. Buscam-se alternativas para a produção de energia que minimize os custos ambientais e sociais. Uma opção viável é o uso do biogás e o seu aproveitamento energético produzido pela biodegradação dos resíduos sólidos, e captação dos gases produzidos, como o metano, altamente poluente, e sua conversão em uma fonte de energia útil. Visa-se estudar o potencial de geração de energia elétrica através de biogás proveniente de resíduos sólidos urbanos na Central de Tratamento de Resíduos em Seropédica, no Rio de Janeiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** BIOGÁS, RESÍDUOS SÓLIDOS, ENERGIA ELÉTRICA.

## **ABSTRACT**

There is a constant concern in Brazil and in the world, with the growth of electricity consumption by the population and the increase in solid waste generation, alternatives are sought for the production of energy that minimize the environmental and social costs. A viable option is the use of biogas and its use energy produced by degradation of solid waste, and capture of produced gases such as methane, highly polluting, and its conversion into a useful energy source. The aim is to study the potential of electricity generation through biogas from municipal solid waste in the Waste Treatment Center in Seropédica, in Rio de Janeiro.

**KEYWORDS:** BIOGÁS, SÓLID WASTE, ELECTRICITY.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado da população nos centros urbanos e a falta de planejamento no desenvolvimento das cidades dificultam as diversas ações que integram o sistema público de gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Em tese, o aumento da geração de RSU nos centros urbanos deve ser acompanhado pelo aumento da capacidade municipal em gerir o mesmo, da coleta à destinação final ambientalmente adequada.

Entretanto, ao longo dos anos, o crescimento desordenado das cidades não considerou a variável gestão de RSU e por esse motivo, houve uma pulverização de vazadouros em nosso País. De acordo com a ABRELPE em 2014 dos 5.570 municípios do Brasil, 1.559 adotavam como destinação para seus resíduos os vazadouros mais conhecidos como lixões.

Após o confinamento da fração orgânica dos RSU na disposição final em aterros sanitários, o processo de degradação da matéria orgânica tem como subproduto gases causadores do efeito estufa, onde a decomposição da matéria orgânica ocorre pelos processos de decomposição aeróbica e anaeróbica. O gás emitido é composto por vários gases, como o metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), amônia (NH<sub>3</sub>), hidrogênio (H<sub>2</sub>), gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), nitrogênio (N<sub>2</sub>) e oxigênio (O<sub>2</sub>). Sendo o metano e o dióxido de carbono os principais gases provenientes da decomposição anaeróbica dos compostos biodegradáveis dos resíduos orgânicos, possuindo, o primeiro, um excelente poder calorífico.

Nos primeiros três meses após a disposição final dos resíduos já é possível coletar pequenas frações de metano, aumentando gradativamente ao longo do tempo, podendo continuar por aproximadamente 25 após o encerramento do aterro.

O gás originado nos aterros pode contribuir para o aumento das emissões globais de metano. Segundo o “*Intergovernmental Panel on Climate Change*” (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), o metano proveniente de aterros oscila entre 20 e 70 Tg/ano, enquanto que o total de emissões globais por fontes antropogênicas equivale a 360 Tg/ano, isso indica que os aterros podem produzir cerca de 6 a 20% do total de metano em nossa atmosfera (IPCC,1995). Um grande desperdício! Já que devido ao alto poder calorífico do metano, é possível, a partir da implantação de queimadores e geradores, transformar desperdício e poluição ambiental em lucro e uma nova estratégia para gerir problemas ambientais.

O planejamento energético considerando a expansão da matriz energética do Brasil deve ter como meta o equilíbrio entre os aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais. Hoje o

planejamento energético procura suprir o atendimento as necessidades futuras, que são elaboradas pelo setor elétrico do governo, tendo em vista suas justificativas em novas unidades produtoras de eletricidade. A demanda energética no cenário atual do país, tem suas conseqüências, a economia deveria ser entendida como um setor de um sistema ecológico finito e não infinito, como o planeta vem sendo tratado. Atualmente propostas e projetos para geração de energia, onde se incentiva o desenvolvimento sustentável, destaca a necessidade do estímulo e da valorização de fontes de energia menos poluidoras, como energia eólica, solar, biomassa e gás metano de aterros sanitários.

Com o aproveitamento do potencial energético do biogás, o mesmo pode ser convertido nas seguintes formas de energia: eletricidade, vapor, combustível para caldeiras ou fogões, combustível veicular ou para abastecer gasodutos com gás de qualidade. Na geração de eletricidade a partir do biogás, ocorre a conversão de energia química do gás em energia mecânica por meio de um processo controlado de combustão, onde tal energia ativa um gerador que produz energia elétrica. Normalmente o biogás é composto por 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de outros gases, porém dependendo das condições da matéria orgânica, pressão e temperatura durante a fermentação, pode conter de 40% a 80% de metano.

A captura do biogás pode ser realizada através da instalação de drenos que atinjam todas as camadas de lixo. A impermeabilização da base e da cobertura do aterro é uma medida que pode contribuir tanto para com o processo de degradação da matéria orgânica, aumentando assim a produção de biogás, quanto para prevenir a contaminação do solo e da água subterrânea no local. Esse sistema de extração encaminha os gases originados no aterro para um sistema de captação, levando-o até o sistema de tratamento, o qual é composto por um conjunto de sopradores e de filtros para que as gotículas de condensado e material particulado sejam removidas. Então o gás é encaminhado para a queima que ocorre no flare, tal equipamento é destinado para essa queima.

A reação de queima do metano presente no biogás é exotérmica, ou seja, libera energia na forma de calor, sendo esta energia aproveitada no próprio aterro. Segue a reação:



Existe um sistema destinado a produção de biogás, a biodigestão, que é um processo natural de decomposição de matéria orgânica, porém ocorre na ausência de oxigênio. Os biodigestores são subdivididos em descontínuos e contínuos.

Os descontínuos são abastecidos somente uma vez e mantidos fechados por um período de tempo, onde a matéria orgânica sofrerá fermentação. Os contínuos são os que requerem abastecimento periódico de matéria orgânica.

Existindo assim dois modelos, os biodigestores sem automação e controle de processo (biodigestores indianos), por não haver controle e automação as bactérias responsáveis pela decomposição e geração de metano sofrem influências externas de temperatura além de outros processos internos e produzem metano de uma forma muito ineficiente.

O segundo modelo, os biodigestores com automação e controle de processo (biodigestores convencionais alemães), o qual seu objetivo principal é aumentar a eficiência do processo para gerar mais metano com a menor quantidade de matéria orgânica possível, tal aumento de eficiência depende de um estudo primário sobre os tipos de matérias orgânicas e sua posterior adaptação da automação.

A utilização do gás metano para a geração de energia enquadra-se nos quesitos de desenvolvimento sustentável, tendo em vista a grande quantidade de emissões de metano que deixariam de ser lançados na atmosfera.

No ano de 2008, o IBGE realizou a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), a qual verificou que os aterros sanitários constituíram o destino final dos resíduos sólidos em cerca de 27,7% dos municípios brasileiros, 22,5% os aterros controlados e 50,8% os vazadouros a céu aberto (lixões).

Percebe-se que a maioria ainda destinava seus RSU a lixões. Em 2014 a ABRELPE realizou uma pesquisa direta aplicada junto aos municípios, e constatou que 58,4% dos resíduos coletados teve destinação adequada e seguiram para aterros sanitários naquele ano. A pesquisa ressalta que, os 41,6% restantes correspondem a 81 mil toneladas diárias, que foram encaminhadas para lixões ou aterros controlados, os quais pouco se diferenciam dos lixões, uma vez que ambos não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações.

No Brasil, a geração diária de lixo 'per capita' é de uma média de 1,062 kg/dia/habitante e a quantidade de resíduos coletados é em média de 0,963 kg/dia/habitante (ABRELPE, 2014). Quantidade que varia conforme os padrões de consumo e produção se modificam. Segundo Cunha (2002), a captação do biogás resultante da decomposição dos resíduos orgânicos

compactados em aterros é viável do ponto de vista econômico, energético e ambiental, traz redução de custos para a Prefeitura local e um destino nobre para o lixo.

De acordo com o Ministério de Meio Ambiente (2015), a construção de aterros sanitários com a previsão de uso de tecnologia adequada para a recuperação do metano e a eliminação de vazadouros, estão entre as principais ações a serem previstas nos Planos Estaduais de Gestão Integrada de Resíduos Urbanos em nosso País.

A queima do gás metano liberado nos aterros para a geração de energia se transformou em um programa promissor para a redução de emissões, de gases que agravam efeito estufa. Gerando assim, créditos de carbono, que são utilizados para compensar o excesso ou o não cumprimento das metas de redução da emissão dos gases de efeito estufa por parte dos países desenvolvidos. Os créditos gerados podem integrar o que chamamos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

O MDL foi criado pelo Protocolo de Quioto que permite a um país desenvolvido, investir em tecnologias e projetos nos países em desenvolvimento que gerem redução ou não emissão de gases de efeito estufa. Com a implantação do projeto, deve ser submetido a um processo de validação, registro, monitoramento e verificação para que depois se emitam as chamadas Reduções Certificadas de Emissão (RCE's) que poderão ser comercializadas com os países desenvolvidos para que eles atinjam suas metas de redução conforme traçado no Protocolo de Kyoto.

A implantação de um projeto MDL em aterro sanitário não possui apenas benefícios econômicos, também possui benefícios ambientais, pois toneladas de gases deixarão de ser lançados na atmosfera, evitando os efeitos adversos do aumento da concentração dos mesmos na atmosfera, além, é claro, da geração de energia e de lucro proveniente da comercialização dos créditos de carbono.

Face ao exposto, este artigo almeja realizar uma análise preliminar do potencial do Aterro Sanitário de Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro, de produzir energia elétrica através da queima *in-loco* do biogás gerado da decomposição da fração orgânica depositada no aterro, bem como, identificar os benefícios ambientais e econômicos da comercialização dos créditos de carbono gerados na atividade.

## **1.1 PROCESSO DE CAPTAÇÃO, QUEIMA E APROVEITAMENTO DO BIOGÁS**

A forma mais simples de coletar gases do aterro é por meio de uma rede de tubos verticais perfurados. Os tubos de sucção horizontais são instalados enquanto os resíduos ainda

estão sendo depositado no aterro, possibilitando que a coleta do biogás seja iniciada desde o início da sua produção (WILLUMSEN, 2001). Nos aterros sanitários construídos conforme a norma nacional vigente, a NBR 8.419 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, a instalação de redes de drenagem de gás já deve estar prevista em projeto.

Um sistema padrão de coleta do biogás de aterro é composto, portanto, por poços de coleta e tubos condutores, sistema de compressão e sistema de purificação do biogás. (FIGUEIREDO, 2011). A coleta de gás normalmente começa efetivamente após uma porção do aterro ser fechada por terra ou pelos próprios resíduos. Cada uma das pontas do tubo é conectada a uma tubulação lateral que transporta o gás para um coletor principal. O sistema de coleta deve ser planejado para que o operador possa monitorar e ajustar o fluxo de gás se necessário (MUYLAERT, 2000). O biogás é succionado do aterro por meio de pressão negativa nos tubos de transmissão.

A conexão entre poço com a bomba e o sistema de utilização pode ser feita de diversas maneiras. Os poços são ligados a um tubo principal que percorre o aterro. A maior dificuldade deste sistema é regular a quantidade e qualidade do biogás, além de encontrar o local do vazamento quando todos os tubos estão ligados a um grande sistema. Para uma operação mais segura, econômica e com melhores condições para os trabalhadores, uma solução é ter um tubo para cada poço ligado a uma bomba e uma casa de regulação (WILLUMSEN, 2001).

A sucção do biogás dos poços de coleta é realizada por um compressor. Os compressores também podem ser necessários para comprimir o gás antes de entrar no sistema de recuperação energética. O tamanho, tipo e número de compressores necessários dependerão do fluxo de gás e do nível de compressão desejado, que pode ser determinado pelo equipamento de conversão energética (TOLMASQUIM, 2003).

O biogás produzido no aterro está em uma temperatura elevada, durante seu transporte pelas tubulações, acaba resfriando formando condensado. Caso não se remova esse condensado o sistema de coleta pode ser bloqueado interrompendo, então, o processo de recuperação de energia. O controle do condensado tem início no sistema de coleta onde são utilizados conectores e tubos inclinados para permitir a drenagem em tanques e após a coleta o condensado é removido. Os métodos para disposição do condensado são: descarga no sistema público de esgoto, sistema de tratamento local e recirculação para o aterro sanitário. O melhor método dependerá das características do condensado (em função dos componentes do lixo local), do custo do tratamento, além da legislação e regulação vigentes (TOLMASQUIM, 2003).

Tratando-se da queima do biogás, o *flare* é um dispositivo utilizado na ignição e queima do biogás e é considerado um componente de cada opção de recuperação de energia, visto que pode ser necessário durante as etapas de início do processo e manutenção do sistema.

Também pode ser utilizado para queima do biogás excedente entre os *upgrades* de sistemas, podendo ser abertos (ou vela) ou enclausurados. Estes últimos são mais caros, mas podem ser requeridos porque proporcionam testes de concentração e podem obter eficiências de combustão altas. Além do que, *flares* enclausurados podem reduzir o nível de ruído e iluminação (MUYLAERT et al, 2000).

Após a coleta e antes da sua utilização no processo de conversão de energia, o biogás é tratado para a remoção de algum condensado que não foi coletado, assim como particulados e impurezas em geral. Para sua utilização em caldeiras, um tratamento mínimo é requerido; em gasodutos é indispensável um tratamento extensivo para remover o CO<sub>2</sub>. No caso da geração de energia podem ser utilizados filtros para a remoção de impurezas, visto que estas podem danificar os componentes do motor ou da turbina, reduzindo a eficiência do sistema (TOLMASQUIM, 2003).

A conversão energética de um combustível consiste na transformação de um tipo de energia em outro. A conversão energética do biogás, portanto, é o processo de transformação de energia química de suas moléculas, por meio de uma combustão controlada, em energia mecânica. Essa energia mecânica poderá acionar um alternador gerando, então a energia elétrica.

A geração de energia elétrica a partir do biogás apresenta algumas vantagens como a utilização de um combustível renovável de baixo custo (resíduo de processo), com menor emissão de poluentes e balanço de carbono negativo, além da possibilidade de geração descentralizada próxima aos pontos de distribuição, diminuindo custos e perdas na transmissão.

Dentre as tecnologias convencionais para a transformação energética do biogás, destacam-se as cadeiras, turbinas a gás e os motores de combustão interna. Existem também tecnologias emergentes como as células de combustíveis que, ainda em fase de desenvolvimento e aperfeiçoamento, pode ser considerada uma tecnologia promissora (CASTRO, 2006).

## **1.2. A CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE SANTA ROSA**

A Central de Tratamento de Resíduos (CTR) Santa Rosa, localizado no município de Seropédica, à Estrada Santa Rosa S/N, no Estado do Rio de Janeiro, entrou em funcionamento em 20 de abril de 2011 e conta com uma área de aproximadamente 2 milhões de metros quadrados.

O objetivo principal deste audacioso projeto ambiental é receber a totalidade dos RSU do maior município do Estado, o município do Rio de Janeiro. Entretanto, durante o rito de licenciamento ambiental do empreendimento, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), órgão de controle ambiental estadual, responsável pela fiscalização e controle de atividades poluidoras no Estado, exigiu, como restrição de validade da licença expedida, que o empreendimento também recebesse, durante toda a sua vida útil, os RSU gerados nos municípios de Itaguaí e Seropédica. A exigência configurou-se como uma grande estratégia de compensação ambiental pela instalação do empreendimento e solução para o encerramento dos vazadouros existentes nos municípios.

Atualmente, além dos RSU do Rio de Janeiro, Seropédica e Itaguaí, o aterro recebe, regularmente, os RSU dos municípios de Mangaratiba e Queimados, totalizando um recebimento diário de aproximadamente 9.400 toneladas de RSU.

Segundo o IBGE (2016), o município do Rio de Janeiro possui 6.320.446 habitantes, o município de Itaguaí conta com 109.091 habitantes, o município de Seropédica com 78.186 habitantes, Mangaratiba com 36.456 habitantes e o município de Queimados com 137.962 habitantes, totalizando 6.682.141 habitantes do Estado do Rio de Janeiro sendo atendidos por uma destinação final ambientalmente adequada, aproximadamente 40% da população do Estado.

De acordo com informações da própria CTR, o empreendimento possui uma vida útil de 15 anos licenciada junto aos órgãos ambientais competentes, podendo ser prorrogada para 25 anos com futuros licenciamentos.

A CTR foi fundamental para o encerramento do Aterro Controlado de Jardim Gramacho, que, de acordo com o INEA (2012), em seu auge, chegou a receber 7.800 mil toneladas por dia de resíduos, inclusive resíduos de serviço de saúde.

Gramacho foi encerrado e parcialmente recuperado, hoje apenas as atividades de tratamento de chorume e recuperação de biogás ocorrem no local. Entretanto, os resíduos sli dispostos durante décadas continuam a contribuir para a poluição da baía de Guanabara em função de recorrentes vazamentos de chorume, sendo considerado pela Revista Veja (2012) como um dos piores problemas ambientais do estado.

De acordo com o INEA (2015), o CTR possui um grande diferencial frente a qualquer outro aterro sanitário da América Latina. O CTR possui triplo sistema de impermeabilização de base, constituído por argila, geomembrana bentonítica e duas mantas de polietileno de alta densidade. O rigor técnico na implantação do empreendimento transcendeu às questões normativas, e inovou tecnologicamente através da instalação de uma rede de sensores que

identificam vazamentos no sistema de impermeabilização, propiciando, assim que seja detectada qualquer anomalia, o local exato da intervenção a ser feita.

Na CTR, o biogás ainda não é transformado em ativo econômico, é somente captado e sofre queima direta em *flare* concentrado. Durante a queima do biogás no *flare*, ocorre a conversão do metano (CH<sub>4</sub>) em dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sendo este segundo, 21 vezes menos poluente que o primeiro (Protocolo de Kyoto, COP15-Copenhague).

De acordo com relato da operadora do empreendimento, a unidade de biogás será ampliada e contará com motores geradores elétricos e posterior distribuição para a concessionária energética local. Trata-se de um grande projeto de geração de energia limpa e renovável a partir da matéria orgânica presente nos RSU.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Primeiramente, os esforços metodológicos na produção deste artigo foram direcionados à realização de uma vasta pesquisa bibliográfica com o fito de estruturar um referencial teórico. As pesquisas realizadas foram orientadas pelas seguintes palavras chave: biogás, resíduos sólidos urbanos, aterros sanitários e recuperação energética.

Após consolidação do referencial teórico, foram realizadas entrevistas com representantes da Gerência de Licenciamento de Atividades de Saneamento e Resíduos (GELSAR) do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), no dia 28 de abril de 2016.

Adicionalmente, foi realizada uma visita técnica à CTR em questão, no dia 31 de maio de 2016. Onde foram coletados dados junto aos representantes da empresa, para a realização das estimativas descritas no Item 3 deste artigo.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

De acordo com dados fornecidos pelos próprios representantes do aterro no dia da visita técnica, atualmente, o empreendimento recebe 9.400 toneladas por dia, RSU. No ano de 2015, o empreendimento produziu 6 mil m<sup>3</sup> por hora de biogás, que foram queimadas diretamente em nos *flares* existente como estratégia de redução da poluição atmosférica e atendimento às premissas de MDL. Para projeções futuras de geração de energia e créditos de carbono, o empreendimento adotou uma taxa de crescimento de geração de lixo de 2,5% ao ano.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos com a estimativa de aumento de recebimento de RSU no CTR.

Ano	Recebimento diário de RSU (t)
2015	9.400
2016	9.635
2017	9.875
2018	10.121
2019	10.374
2020	10.633
2021	10.898
2022	11.170
2023	11.449
2024	11.735
2025	12.028

**TABELA 01:** Resultados de cálculos realizados para estimativa da geração de resíduos sólidos.

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

A Tabela 2 apresenta as estimativas de geração de energia elétrica e potencial de geração de créditos de carbono na CTR. Para a quantificação do potencial de energia elétrica produzida a partir do biogás, foi considerado que um metro cúbico de biogás (1 m<sup>3</sup> de biogás) é equivalente a 6,5 kWh de energia elétrica (OLIVEIRA, 2009).

A quantidade de créditos de carbono (CO<sub>2</sub>e) produzida é proporcional à quantidade de energia elétrica possivelmente gerada. Segundo estudo do potencial de geração de energia renovável proveniente de aterros sanitários, realizado por convênio entre a FEALQ e Ministério do Meio Ambiente, esta proporção é de 1 MW para 38.953,99 toneladas de Co<sub>2</sub>e.

Assim, a Tabela 02, abaixo foi estruturada para demonstrar o potencial preliminar de geração de energia elétrica e de créditos de carbono entre os anos de 2015 e 2025, no CTR Santa Rosa.

Ano	Potencial de geração de energia elétrica (KWh)	Potencial de geração de energia elétrica (MWh)	Potencial de geração de créditos de carbono (t.Co <sub>2</sub> e)
2015	936000	936	36.460.943
2016	932509,5	932,5	36.324.604

2017	983297,9	983,3	38.303.467
2018	1.007.747,97	1.007,75	39.255.883
2019	1.032.939,18	1.032,94	40.237.134
2020	1.058.727,89	1.058,73	41.241.757
2021	1.085.113,86	1.085,11	42.269.364
2022	1.112.196,9	1.112,2	43.324.627
2023	1.139.976,93	1.139,98	44.406.769
2024	1.168.453,95	1.168,45	45.515.789
2025	1.197.627,96	1.197,63	46.652.467

De acordo com os índices verificados na BOVESPA (2016), o crédito de carbono foi negociado a um valor médio de € 7,76 em 2015, representando aproximadamente R\$ 28,16 por crédito (Cotação do Euro em 21 de setembro de 2016 – R\$ 3,63).

De acordo com consulta realizada na concessionária de fornecimento elétrico do município do Rio de Janeiro (Light) no dia 21 de setembro de 2016, no referido mês, o valor do kWh para uso não residencial em unidades de consumo acima de 300 kWh, é de R\$ 0,82539.

Parte da viabilidade de grandes centrais de tratamento e disposição final de resíduos se dá pela comercialização do biogás gerado e créditos de carbono gerados, logo, a estimativa realizada é de fundamental importância para o desenvolvimento de novas atividades no setor e, até mesmo, a sustentabilidade das unidades existentes.

Desta forma, com base nos cálculos elaborados, estima-se que o aterro sanitário de Seropédica poderá gerar em 2025, aproximadamente 1.197.627,96 kwh de energia elétrica, que, caso venham a ser comercializado com a concessionária local, poderia representar uma receita estimada de R\$ 988.511 por ano, aproximadamente R\$ 82.000 por mês, considerando os valores atuais de R\$ 0,82539/kWh.

Adicionalmente, estima-se que o aterro sanitário poderá gerar em 2025, aproximadamente 46.652.467 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>, que caso venham a ser comercializado internacionalmente, à valores conservadores de R\$ 28,16 por crédito (2016), poderia representar uma receita estimada de R\$ 1.313.733.407 por ano, aproximadamente R\$ 110.000.000 por mês.

#### **4. CONCLUSÃO:**

As fontes de energia não renováveis, produzidas a partir da queima de combustíveis fósseis, além de serem responsáveis por gerar os gases do efeito estufa, são consideradas finitas, de difícil obtenção, onerosas e com efeitos socioambientais incalculáveis.

O tratamento do biogás para a produção de energia alternativa configura uma estratégia sustentável de substituição das fontes fósseis, pois toneladas de gases de efeito estufa deixarão de ser lançados na atmosfera, e, de forma concomitante, será possível gerar energia elétrica limpa e renovável.

Pela observação dos aspectos analisados conclui-se que o biogás representa uma atrativa alternativa de geração de energia. Além disso, o aproveitamento do biogás proveniente de aterro sanitário representa uma ação mais ética e sustentável na cadeia de gestão de resíduos, impedindo que o metano seja liberado para a atmosfera sem qualquer tratamento.

Através dos resultados expostos pode-se perceber o potencial de energia que o aterro é capaz de produzir, como no ano de 2015, com o volume de RSU descartados e o biogás gerado, seriam gerados 936000 kWh, assim seriam produzidos 36.460.943 toneladas de créditos de carbono. Em uma prospecção para o ano de 2020, podem ser gerados 1.058.727,89 kWh, produzindo 41.241,757 toneladas de créditos de carbono. Avançando até o ano de 2025 podem ser gerados 1.197.627,96 kWh, produzindo 46.652.467 toneladas de créditos de carbono.

De acordo com as estimativas realizadas no presente artigo, em 2025, o aterro sanitário de Seropédica pode vir a gerar uma receita adicional de aproximadamente 1 milhão de reais no ano com a comercialização de energia elétrica diretamente com a concessionária local. Entretanto, o que torna o negócio ainda mais atrativo é a comercialização dos créditos de carbono que serão gerados, o valor ultrapassa um bilhão de reais no ano, adotando critérios conservadores para a estimativa de valores dos créditos.

Não resta dúvida que a receita adicional da recuperação energética deste aterro pode, não só compensar todos os custos operacionais do mesmo e, ainda por cima, contribuir para a redução da poluição atmosférica em nosso Planeta. É sabido que os valores de crédito de carbono oscilam em função do próprio mercado, por isso o presente artigo aborda a temática como uma análise preliminar, sendo fundamental um estudo histórico mais detalhado dos valores médios dos créditos de carbono para identificar uma tendência matemática para os próximos anos.

Desta forma, entende-se que o aproveitamento do biogás pode ser considerado como uma alternativa para a redução de impactos ambientais do empreendimento e como uma fonte renovável de energia elétrica ou térmica.

Nota-se um grande potencial de desenvolvimento sustentável a partir da viabilização técnico-econômica dos aterros sanitários para a obtenção de energia elétrica por biogás, também do equilíbrio e incentivo na parceria entre Governo, iniciativa privada e o terceiro setor, beneficiando todos os envolvidos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama 2014**. Disponível em:

<<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>> Acesso em: 27/05/2016

CEA ONLINE. **Biogás**. Disponível em:

<<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v7/biogas.pdf>> Acesso em: 21/04/2016

CEPEA. **Estudo do potencial da geração de energia renovável proveniente dos "aterros sanitários" nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil**. Disponível em:

<<http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/releaseaterro.pdf>> Acesso em: 23/04/2016

CIDADE OLIMPICA. **O mais moderno aterro sanitário da América latina**. Disponível em:

<<http://www.cidadeolimpica.com.br/o-mais-moderno-aterro-sanitario-da-america-latina/>>

Acesso em: 23/04/2016

ECYCLE. **Biogás energia e eletricidade**. Disponível em:

<<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/2972-biogas-energia-eletrici-da-de-combustivel-tratamento-esgoto-aterro-biodigestores-domestico-comunidade-indiano-chines-v-antagens-desvantagens.html>> Acesso em: 21/04/2016

FIGUEIREDO, N. J. V. **Utilização de biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica – Estudo de Caso, 2011**. Disponível em:

<<http://www.iee.usp.br/producao/2011/Teses/Natalie%20Figueiredo.pdf>> Acesso em: 21/04/2016

GARCILASSO, V. P.; VELÁZQUEZ, S. M. S. G.; COELHO, S. T. **Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás Proveniente de Aterro Sanitário – Estudo de Caso**. Disponível em:

<[http://143.107.4.241/download/publicacoes/xiiiicbe\\_aterro.pdf](http://143.107.4.241/download/publicacoes/xiiiicbe_aterro.pdf)> Acesso em: 19/04/2016

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000105.pdf>> Acesso em: 25/05/2016

IBGE. **Estimativas por município do Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=330555&search=seropedica>>

Acesso em: 25/05/2016

INFOESCOLA. **Aterro sanitário de MDL**. Disponível em:

<<http://www.infoescola.com/ecologia/aterro-sanitario-e-mdl/>> Acesso em: 21/04/2016

JORNAL DO BRASIL. **Central de tratamento de resíduos de Seropédica começa a operar**. Disponível em:

<<http://www.jb.com.br/rio/noticias/2011/04/20/central-de-tratamento-de-residuos-de-seropedica-comeca-a-operar/>> Acesso em: 29/04/2016

MMA. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario>> Acesso em: 14/04/2016

MMA. **Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável.** Disponível em:  
<[http://www.mma.gov.br/estruturas/164/\\_publicacao/164\\_publicacao10012011033201.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033201.pdf)>  
Acesso em: 14/04/2016

MMA. **Política Nacional Sobre Mudança no Clima.** Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima>> Acesso em:  
05/05/2016

MMA. **Política nacional sobre mudança do clima/ Plano nacional sobre mudança do clima.** Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima>> Acesso em: 10/05/2016

PLANALTO.GOV. **Lei 12.187/2009.** Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm)> Acesso em:  
06/05/2016

PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS. **Resíduos orgânicos, biodigestor, compostagem ou incinerador.** Disponível em:  
<<http://www.portalresiduossolidos.com/residuos-organicos-biodigestor-compostagem-ou-incinerador/>> Acesso em: 27/05/2016

SILVA, T. N.; CAMPOS, L. M. S. **Avaliação da produção e qualidade do gás de aterro para energia no aterro sanitário dos Bandeirantes – SP, 2008.** Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522008000100012](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522008000100012)> Acesso em: 05/05/2016

SUSTENTAR. **Geração de energia.** Disponível em:  
<<http://sustentareambiental.com/servicos/geracao-de-energia/>> Acesso em: 21/04/2016

TEIXEIRA, C. C. M.; SANTOS, I. N.; JUNIOR, J. G. A.; SILVA, T. S. N.; MATOS, V. V. F. **Estudo do potencial de geração de energia elétrica no município de Ipojuca/PE, através da utilização de biogás, 2012.** Disponível em:  
<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012\\_TN\\_STP\\_167\\_970\\_20487.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STP_167_970_20487.pdf)> Acesso em:  
23/04/2016

UOL. **Entenda a COP15.** Disponível em:  
<<http://noticias.uol.com.br/ciencia/ultimas-noticias/redacao/2010/11/27/entenda-a-cop-perguntas-e-respostas-sobre-a-conferencia-do-clima.htm>> Acesso em: 17/09/2016

VEJA. **São Paulo e Rio tratam lixo de olho nos créditos de carbono.** Disponível em:  
<<http://veja.abril.com.br/ciencia/sao-paulo-e-rio-tratam-lixo-de-olho-nos-creditos-de-carbono/>>  
Acesso em: 29/04/2016

