

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS PELO LIXO URBANO DE CORUMBÁ, LADÁRIO - BRASIL, PUERTO QUIJARRO E ARROYO CONCEPCIÓN BOLÍVIA.

Autores:

Dr. Ivan Bergier Tavares de Lima

Me. Luciene Deová de Souza Assis

Área Temática: Planejamento

RESUMO

O incremento do aquecimento global em função das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) tem sido discutido mundialmente para buscar alternativas que promovam a redução das emissões desses gases na atmosfera. Esse trabalho aborda uma proposta de gestão de resíduos sólidos urbanos com o objetivo de reduzir as emissões de GEE, especialmente CH₄ (metano) pela recuperação de biogás e geração de energia elétrica renovável nas cidades de Corumbá, Ladário – Brasil, Sección de Puerto Quijarro e Distrito de Arroyo Concepción - Bolívia. Em função dos dados populacionais e de geração potencial de resíduos, um aterro sanitário na região de fronteira poderia recuperar cerca de 900 toneladas de CH₄ por ano, o equivalente a 3,5 GWh de energia renovável por ano. Tal energia poderia ser em parte utilizada em cooperativas de coleta seletiva de lixo e em parte destinada a serviços sociais, como iluminação de vias públicas. Além disso, através de fontes financiadoras que incentivam a redução de emissões de GEE, é possível gerar uma receita partilhada de aproximadamente US\$ 112,5 mil anuais. Essas estimativas indicam que, além de reduzir impactos locais (contaminação dos recursos hídricos e solos pelo lixo), um aterro sanitário é interessante também do ponto de vista socioeconômico na região de fronteira, no Pantanal.

Palavras-chave: lixo, resíduos sólidos, aterro sanitário, biogás, bioenergia

¹ Biólogo – Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA PANTANAL.

² Geógrafa – Secretária Executiva de Meio Ambiente de Corumbá/MS.

ABSTRACT

The global warming increase due to the emission of anthropogenic greenhouse gases (GHG) has been widely discussed to identify strategies that promote a substantial reduction in those emissions to the atmosphere. This work approaches a proposal for the management of urban solid residues with the aim of mitigate GHG emissions, especially CH₄ (methane) by biogas recovering and renewable electricity generation in the cities of Corumbá, Ladário in Brazil, and Puerto Quijarro and District Arroyo Concepción in Bolivia. According to population data and the potential production of residues, a controlled landfill constructed in the international border of Brazil and Bolivia has the potential to recover approximately 900 tons of methane annually, equivalent to 3.5 GWh of renewable energy per year. Such amount of energy could be in part used in cooperatives for the selectively collecting of recyclable materials in solid wastes and also for social services as public illumination of public streets. Furthermore, by means of funding agencies that promote the mitigation of GHG emissions, it is possible to create a shared receipt of roughly US\$ 112.5 thousands every year. These estimates indicates that, beyond reducing local environmental impacts (contamination of soils and water resources though improper waste management), a controlled landfill is an interesting option also from the point of the socioeconomic view in the region located in the Pantanal.

Keywords: garbage, solid waste, landfill, biogás, bioenergy.

INTRODUÇÃO

Os distritos sedes de Corumbá e Ladário situam-se às margens do rio Paraguai, na sub-bacia do rio Taquari, e ambas têm o rio Paraguai como manancial de abastecimento, o qual margeia o perímetro norte das duas cidades. Abrange uma área de aproximadamente 65.023 km², e é uma das áreas da rede de drenagem da BAP. Margeando a Baía do Tamengo encontra-se a Bolívia, a poucos quilômetros a partir da divisa, está o distrito de Arroyo Concepción e a Sección de Puerto Quijarro.

O presente trabalho teve por objetivo geral avaliar o potencial de melhorias socioambientais e econômicas de um aterro sanitário em uma região fronteira do Pantanal Brasil/Bolívia para atender às populações urbanas viventes na região a partir da implantação de um projeto de MDL. Os específicos foram: Estimar a produção diária de resíduos sólidos nos municípios de Corumbá, Ladário, Sección de Puerto Quijarro e Distrito de Arroyo Concepción na Bolívia; Calcular a produção de metano a partir do lixo urbano gerado nos municípios de Corumbá, Ladário, Brasil, Sección de Puerto Quijarro e Distrito de Arroyo Concepción na Bolívia; Calcular a geração de energia renovável disponível e a quantidade de crédito de carbono comercializável no âmbito do MDL para um aterro sanitário na fronteira Brasil /Bolívia, Pantanal.

MÉTODO

O método adotado na pesquisa foi fundamentado em levantamentos bibliográficos sobre a quantificação e qualificação de resíduos sólidos, da geração e utilização do biogás como fonte de energia, no conhecimento de experiências adotadas nos municípios brasileiros. Todo processo de investigação foi realizado nos meses de julho (dias 03, 11 e 17) e dezembro de 2008 (05, 12 e 19). O método aplicado para o presente trabalho foi baseado na metodologia recomendada pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*. A referência foi a edição *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual / Workbook*, nos capítulos referentes ao item Resíduos, constantes no inventário brasileiro de emissões antropicas de gases efeito estufa, realizado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental CETESB e Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT e do *Guideline* 2006. O método utilizado no presente trabalho seguiu uma equação, envolvendo a estimativa da quantidade de carbono orgânico degradável presente no lixo, calculando assim a quantidade de metano que pode ser produzido por determinada quantidade de resíduo depositado, mediante a seguinte equação: **Emissão CH₄ (Gg/ano) = [Pop_{urb} x RSD x RSDf] x FCM x COD x CODf x F x 16/12 – R) x (1-OX)**

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para estimar a produção do biogás para um futuro aterro sanitário para a região fronteira, foi realizado o cálculo e estimativa do que poderão ser produzidos nesse local a partir da destinação final dos resíduos de Corumbá, Ladário – Brasil e Puerto Quijarro, Arroyo Concepción na Bolívia, conforme metodologia recomendada pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC* descritos na seqüência de Quadros .1, .2 e .3, prevendo a partir desses valores o potencial de conversão em Energia:

Quadro 1 - Cálculo da produção de CH₄ e energia para Corumbá/MS

$$\text{PD (Gg/ano)} = (\text{Pop}_{\text{urb}} \times \text{RSD} \times \text{RSDf} \times \text{FCM} \times \text{COD} \times \text{CODf} \times \text{F} \times 16/12 - \text{R}) \times (1-\text{OX})$$

Gg = Gigagrama (1 Gigagrama ou Gg = 10⁹ gramas); **Pop_{urb}** = População Urbana = 86656 habitantes ; **RSD** = Taxa de Geração de Resíduos Sólidos Domésticos por Habitante por Ano = 0,5 kg/hab.dia = 500 g/ hab.dia = 500 x 10⁻⁹ Gg / hab.dia = 5 x 10⁻⁷ Gg/hab.dia; **RSD_f** = Fração de Resíduos Sólidos Domésticos que é Depositada em Locais de Disposição = 0,6; **FCM** = Fator de Correção de Metano [Fração Adimensional] = 1; **COD** = Carbono Orgânico Degradável no Resíduo Sólido Doméstico [Fração Adimensional] = COD (fração)= 0,4A+ 0,17B + 0,15C+ 0,30D = 0,16 ;**COD_f** = Fração de COD que Realmente Degrada [Fração Adimensional] = 0,77 ;**F** = Fração de CH₄ no Gás de Aterro = 0,4; **16/12** = Taxa de Conversão de Carbono em Metano [Fração Adimensional]; **R** = Quantidade de Metano Recuperado [Gg CH₄/ ano] = desprezível (não emitido, queimado no flare); **OX** = Fator de Oxidação [Fração Adimensional] = desprezível (não há formação de CO₂ antes da queima de metano no aterro);

$$\text{PD} = (86656 \text{ (hab.} \times 5,0 \times 10^{-7} \text{ (Gg/dia.hab)} \times 365 \text{ (dias/ano)} \times 0,6] \times 1,0 \times 0,16 \times 0,77 \times 0,4 \times 16/12 = 0,62348 \text{ Gg / ano} = 623,8 \text{ ton CH}_4\text{/ano} \quad / \text{ Densidade do metano} = 0,716 \text{ kg/Nm}^3$$

$$\text{Volume de CH}_4 = 623479 / 0,716 = 870781 \text{ Nm}^3 / \text{ano (dividindo por 365 dias e por 24 horas)} = 99,4 \text{ Nm}^3\text{/hr}$$

ED =Energia Disponível= **ED (MWh/dia)= PD (ton CH₄/ano) x PC (GJ/ton CH₄) x Ec x μ = MWh/dia; μ** Eficiência do gerador = 0,28 (adimensional); **Ec** fator de conversão de energia de 1 GJ = 0,278 MWh

$$\text{ED (MWh/dia)} = \text{PD (ton CH}_4\text{/ano)} \times \text{PC (GJ/ton CH}_4\text{)} \times \text{Ec} \times \mu = 623,8 \times 50 \times 0,278 \times 0,28 = 24278,8/365 = 6,65 \text{ MWh/dia}$$

Quadro 2 - Cálculo da produção de CH₄ e energia para Ladário/MS
Produção de CH₄ (Gg/ano) = (Pop_{urb} x RSD x RSD_f x FCM x COD x COD_f x F x 16/12 - R) x (1-OX)

Gg = Giga grama (1 grama = 10⁻⁹ giga grama); Pop_{urb} = População Urbana = 16813 habitantes; RSD = Taxa de Geração de Resíduos Sólidos Domésticos por Habitante por Ano = 0,5 kg/hab.dia = 500 g/dia.hab. = 500 x 10⁻⁹ Gg /dia.hab = 5 x 10⁻⁷ Gg/dia.hab; RSD_f = Fração de Resíduos Sólidos Domésticos que é Depositada em Locais de Disposição = 0,6; FCM = Fator de Correção de Metano [Fração Adimensional] = 1; COD = Carbono Orgânico Degradável no Resíduo Sólido Doméstico [Fração Adimensional] = 0,16; COD_f = Fração de COD que Realmente Degrada [Fração Adimensional] = 0,77; F = Fração de CH₄ no Gás de Aterro = 0,4; 16/12 = Taxa de Conversão de Carbono em Metano [Fração Adimensional]; R = Quantidade de Metano Recuperado [Gg CH₄ / ano] = desprezível (não emitido, queimado no flare); OX = Fator de Oxidação [Fração Adimensional] = desprezível (não há formação de CO₂ antes da queima de metano no aterro);

Produção de CH₄ = [16813 (hab.) x 5,0 x 10⁻⁷ (Gg/dia.hab) x 365 (dias/ano) x 0,6] x 1 x 0,16 x 0,77 x 0,4 x 16/12 = 1209675 x 10⁻⁷ Gg / ano. Produção CH₄ = 1209675 x 10⁻⁷ (Gg/ano) x 10⁶ (kg / ano) = 1209675 x 10⁻¹ kg / ano = 120967,5 kg/ano = 120,96 ton de CH₄ / ano / Densidade do Metano = 0,716 kg/Nm³

Volume de CH₄ = 120967,5 / 0,716 = 168949 Nm³ / ano (dividindo por 365 dias e por 24 horas) = 19,28 Nm³/hr

ED = Energia Disponível = ED (MWh/dia) = PD (ton CH₄/ano) x PC (GJ/ton CH₄) x Ec x μ = MWh/dia ; μ Eficiência do gerador = 0,28 (adimensional); PC poder calorífico inferior do metano: 50 GJ/ton CH₄; Ec fator de conversão de energia de 1 GJ = 0,278 MWh.

ED (MWh/dia) = PD (ton CH₄/ano) x PC (GJ/ton CH₄) x Ec x μ = 120,96 x 50 x 0,278 x 0,28 = 470,77/365 = 1,29 MWh/dia

Quadro 3 – Cálculo da produção de CH₄ e energia para Puerto Quijarro /Arroyo Concepción – Bolívia. Produção de CH₄ (Gg/ano) = (Pop_{urb} x RSD x RSD_f x FCM x COD x COD_f x F x 16/12 - R) x (1-OX)

Gg = Giga grama (1 grama = 10⁻⁹ giga grama); Pop_{urb} = População Urbana = 21559 habitantes; RSD = Taxa de Geração de Resíduos Sólidos Domésticos por Habitante por Ano = 0,5 kg/hab.dia = 500 g/dia.hab. = 500 x 10⁻⁹ Gg /dia.hab = 5 x 10⁻⁷ Gg/dia.hab; RSD_f = Fração de Resíduos Sólidos Domésticos que é Depositada em Locais de Disposição = 0,6; FCM = Fator de Correção de Metano [Fração Adimensional] = 1; COD = Carbono Orgânico Degradável no Resíduo Sólido Doméstico [Fração Adimensional] = 0,16; COD_f = Fração de COD que Realmente Degrada [Fração Adimensional] = 0,77; F = Fração de CH₄ no Gás de Aterro = 0,4; 16/12 = Taxa de Conversão de Carbono em Metano [Fração Adimensional]; R = Quantidade de Metano Recuperado [Gg CH₄ / ano] = desprezível (não emitido, queimado no flare); OX = Fator de Oxidação [Fração Adimensional] = desprezível (não há formação de CO₂ antes da queima de metano no aterro);

Produção de CH₄ = (21559 hab.) x 5,0 x 10⁻⁷ (Gg/dia.hab) x 365 (dias/ano) x 0,6] x 1 x 0,16 x 0,77 x 0,4 x 16/12 = 1551144,1 x 10⁻⁷ Gg / ano. Produção CH₄ = 1551144,1 x 10⁻⁷ (Gg/ano) x 10⁶ (kg / ano) = 1551144,1 x 10⁻¹ kg / ano = 155114,41 kg/ano = 155,1 ton de CH₄ / ano / Densidade do Metano = 0,716 kg/Nm³

Vol de CH₄ = 155114,41 / 0,716 = 216640,2 Nm³ / ano (dividindo por 365 dias e por 24 horas) = 24,73 Nm³/hr

ED = Energia Disponível = ED (MWh/dia) = PD (ton CH₄/ano) x PC (GJ/ton CH₄) x Ec x μ = MWh/dia ; μ Eficiência do gerador = 0,28 (adimensional); PC poder calorífico inferior do metano: 50 GJ/ton CH₄; Ec fator de conversão de energia de 1 GJ = 0,278 MWh

ED (MWh/dia) = PD (ton CH₄/ano) x PC (GJ/ton CH₄) x Ec x μ = 155,1 x 50 x 0,278 x 0,28 = 603,6/365 = 1,65 MWh/dia

Fonte: IPCC, 1996.

Potencia total disponível p/ Corumbá + Ladário + A.Concepción + P.Quijarro:

Metano Disponível (ton/ano) = 623,8(Corumbá) + 120,96(Ladário) + 155,1(AC + PQ) = 899,86 ton/ano. ED (MWh/dia) = 899,86 x 50 x 0,278 x 0,28 = 3502,2/365 = 9,59 MWh/dia.

Os dados apresentados nos Quadros 1, 2, 3 sugerem que um aterro sanitário adequadamente instalado na região fronteira pode gerar mais de 899,86 toneladas anuais de gás metano em biogás. Assumindo-se uma eficiência de conversão de metano em energia da ordem de 0,28 é

possível gerar ao redor de 9,59 MWh/dia de energia firme. A energia gerada poderá ser distribuída para o funcionamento de uma mini-usina com prensas, esteiras rotativas, iluminação interna ar condicionado, refrigerador para atender a demanda do escritório administrativo. Uma parte dessa energia poderá ser utilizada na iluminação galpão e do próprio aterro e na iluminação pública. É importante observar que pela potência instalada 394,5 kW e pela potência disponível 450 Kw, as lâmpadas dos postes não poderão acender junto com as prensas e as esteiras rotativas, o que é previsto porque as prensas e as esteiras rotativas funcionarão durante o dia e as lâmpadas só acenderão durante o período noturno. Na área econômica, é necessário salientar que a captação de recursos a partir da implementação desse projeto, não se resume somente ao que foi relatado anteriormente, mais poderá significar na oportunidade de receber recursos a serem obtidos pelos créditos de carbono, conforme item a seguir. Esse recurso poderá ser aplicado para execução de ações integradas na fronteira, em capacitações técnicas de Educação ambiental e saúde, em parceria com as empresas privadas, ou ainda auxiliar na formação de cooperativas de catadores existentes nos municípios abordados. No aspecto ambiental, como a instalação de um Aterro Sanitário vislumbrado neste trabalho, ensejará no ganho ambiental, evitando a contaminação do solo, aquífero e do ar na região sem esquecer que, com o pleno funcionamento da mini-usina de materiais recicláveis, e o correto sistema de destinação em células (camadas) poderá prolongar a vida útil do aterro.

Calculo Créditos de Carbono - Conforme dados arquivos do SAR, “*Second Assessment Report* do IPCC/UNFCCC (1996), onde estabelecia o valor de 21 para o “*Global Warming Potential*”(GWP). Contudo utilizamos o “*Fourth Assessment Report: Climate Change*” 2007 (AR4) do IPCC que estabelece o valor de 25 para o GWP. O calculo para obtenção do CO₂ eq é feito multiplicando a massa disponível de CH₄ pelo GWP, conforme segue: **CO₂eq = CH₄ (ton/ano)x (GWP)**. **CO₂eq = 899,86 (ton/ano)x (25); CO₂eq = 22.496,5 ton CO₂eq**
22.496,5 ton CO₂eq x 5 US\$/ton de CO₂eq = US\$ 112.482,50/Ano.

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

A viabilidade de implementação de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo-MDL em aterros sanitários possibilita a minimização dos impactos ambientais locais e garante uma redução significativa da emissão de gases de efeito estufa (metano). Do ponto de vista socioeconômico, um aterro sanitário pode possibilitar a utilização de biogás em geração de energia, sendo direcionado para projetos sociais e dar suporte ao funcionamento do próprio sistema de tratamento. Parcerias Público Privada (PPP) pode ser uma solução para tornar realidade a gestão integrada do lixo na região fronteira pantaneira, entre Brasil e Bolívia. Investimentos e conhecimento do setor privado são essenciais tanto nas fases de construção como de manutenção do aterro. Face aos estudos aqui realizados, pode-se estimar que a quantidade de energia a ser gerada é da ordem de 9,6 MWh/dia para um aterro sanitário atendendo uma população de aproximadamente 125 mil pessoas viventes nas cidades de

Corumbá, Ladário – Brasil, Sección de Puerto Quijarro, distrito de Arroyo Concepción na Bolívia. Isso equivale a energia gasta por 1920 famílias com consumo mensal de 150 kWh.

Como estratégia para o planejamento de outras iniciativas para a adoção de MDL na região, é necessário antes de tudo, planejar a gestão do território, e, ainda, a elaboração de instrumentos ligados ao desenvolvimento dessa sociedade, assegurando a equidade de acesso aos recursos naturais, econômicos e culturais, que se configuram quando adequadamente aproveitados, em oportunidades de desenvolvimento sustentável. A articulação política administrativa e técnica das cidades na região de fronteira pode induzir a integração das mesmas, onde diretrizes estabelecidas em conjunto poderão beneficiar de forma gradativa, a população, poder público, comércio, as indústrias, e principalmente o meio ambiente. Para que isso seja viável, é necessário viabilizar a integração dessas cidades, devendo passar obrigatoriamente pelo desenvolvimento de políticas públicas e programas nacionais específicos para as comunidades fronteiriças, nas áreas de saúde, educação e assistência social das populações vizinhas, ou seja, na adoção de políticas binacionais de execução integrada, que enseje numa eficiente gestão territorial integrada. Este estudo, ainda que preliminar, busca fornecer subsídios para essas prioridades, o que ensejará em ganhos sociais, econômicos, ambientais e principalmente a qualidade de vida da região fronteiriça.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENBIO Centro Nacional de Referência em Biomassa. **Projeto Instalação e Testes de uma Unidade de Demonstração de Geração de Energia Elétrica a partir de Biogás de Tratamento de Esgoto – ENERGI-BIOG**. Relatório Técnico Final. São Paulo, 2005. <http://cenbio.iee.usp.br/publicacoes.htm>. Acesso em 08 jul de 2008.

CETESB - **Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa** - Relatórios de Referência. Emissões de Metano no Tratamento e na Disposição de Resíduos. São Paulo, SP, 2002.

CETESB - **Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa** - Relatórios de Referência. Emissões de Metano no Tratamento e na Disposição de Resíduos. São Paulo, SP, 2006.

IPCC-INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guideline, 2006**. Disponível em <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6> Acesso em 02 de jul de 2008.

IPCC -INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, (IPCC, 1996 b). **Guidelines for National Greenhouse Inventories: Reference Manual** (Vol.3). Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6>. Acesso em 20 jul de 2008.

IPCC -INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)**. Disponível em: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm. Acesso em: 03/011/09.