

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÓMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE BIOGÁS DE ATERRO SANITÁRIO DE RESÍDUOS URBANOS NO BRASIL

02

Regina Mambeli BARROS

Eng. Civil, Doutora e Mestre pelo PPG-SHS/EESC/USP, Prof. Dra. - IRN/ UNIFEI,
Av.BPS,1303, Itajubá-MG,CEP:37500-903,tel.: (35) 36291224, mambeli@unifei.edu.br

Geraldo Lúcio TIAGO FILHO

Eng. Mecânico, Doutor na área de Hidráulica pela USP e Mestre em Engenharia Mecânica
na área de Máquinas de Fluxo pela UNIFEI, Diretor e Prof. Dr. - IRN/ UNIFEI, tiago@unifei.
edu.br

Fernando das Graças Braga da SILVA

Eng. Civil, Doutor e Mestre pelo PPG-SHS/EESC/USP, Prof. Dr. - IRN/ UNIFEI, fernando-
braga@unifei.edu.br



RESUMO

No presente estudo apresenta-se uma simulação numérica da produção de biogás em aterro sanitário com vida útil de 20 anos, em diversos cenários, com o objetivo de avaliar e quantificar o volume de biogás produzido por *resíduos urbanos* (RU) para valores crescentes de população, assim como a respectiva análise económico-financeira da implementação desses equipamentos de geração de energia elétrica a partir do biogás, no Brasil. A metodologia compreendeu a simulação por meio do uso do software “*Biogás, geração e uso energético- aterros*”, versão 1.0, da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Considerou-se a utilização grupo motogerador Otto, brasileiro, e um sistema de purificação do biogás (H_2O , H_2S e de CO_2). A análise económico-financeira foi realizada com o índice de cálculo de Valor Presente Líquido (VPL) ao considerar diversos dados acerca de investimento e receitas para cada cenário simulado (incluindo-se receitas oriundas dos correspondentes créditos de carbono). Os resultados mostraram que é viável economicamente a geração de energia elétrica a partir de biogás de aterro sanitário e demonstraram que o VPL da instalação começa a ser positivo a partir do de valores de população atendida de 400.000 habitantes, a despeito de maiores valores de investimentos para geração de energia elétrica.

Palavras-chave: aterro sanitário; biogás; energias renováveis.

1. INTRODUÇÃO

No presente estudo apresenta-se uma simulação numérica da produção de biogás em aterro sanitário em diversos cenários, para a avaliação e quantificação do volume de biogás produzido por resíduos urbanos (RU) gerados no interior do mesmo. Também se efetuou uma análise económico-financeira da implementação de um empreendimento de geração de energia elétrica a partir do biogás no Brasil para tais cenários. A metodologia do presente estudo compreendeu a simulação por meio do uso do software “Biogás, geração e uso energético- aterros”, versão 1.0 (CETESB, 2006), para as populações de 80.000, 100.000, 150.000, 200.000, 400.000 e 500.000 habitantes, respectivamente um fluxo anual de resíduos de 3874 t, 17343 t, 25015 t, 34686 t e 69372 t e com taxa anual de crescimento populacional de 0,54% para todos os cenários.

Foram assumidos, dentre outros dados, um potencial de geração de biogás de $0,12\text{m}^3\text{CH}_4/\text{kg}$, constante de decaimento de $0,08\text{ano}^{-1}$, vida útil do aterro de 20 anos (2010 -2030), taxa de coleta de RU de 90%. Também, tais

dados foram simulados para o uso de um grupo motogerador Otto brasileiro, sistema de purificação do biogás composto por extração do vapor d’água, com H_2O Filtro Coalescente, extração de H_2S Siloxina e de purificação de CO_2 . O preço considerado para os cálculos da tonelada de CO_2 , ao se considerar os créditos de Carbono inerentes ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), foi de R\$23,00 a tonelada de Carbono equivalente.

Para a análise económico-financeira utilizou-se o índice de cálculo de Valor Presente Líquido (VPL) considerando os seguintes dados: investimento para geração elétrica (R\$), crédito de carbono pela queima (R\$), crédito de Carbono pela eletricidade (R\$), receita mensal com a venda de energia elétrica (R\$) e receita mensal com o crédito de Carbono (R\$). Os resultados foram favoráveis à geração de energia elétrica a partir do biogás de aterro sanitário e demonstraram a viabilidade do empreendimento, segundo a aplicação do método do índice VPL do mesmo.

2. OBJETIVOS

Constituem objetivos do presente estudo:

- Execução de uma simulação numérica da produção de biogás em aterro sanitário em cenários distintos, para a avaliação e quantificação do volume de biogás produzido por resíduos urbanos (RU) originados no interior do mesmo; e

- Análise económica da implementação de um empreendimento de geração de energia elétrica a partir do biogás, em Itajubá, Estado de Minas Gerais, no Brasil.

3. RESÍDUOS SÓLIDOS

3.1 Classificação dos resíduos sólidos

De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004a), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que versa sobre a classificação dos Resíduos Sólidos (RS), define os mesmos como sendo os resíduos nos estados sólido e semi-sólido, resultantes de atividades de origem industrial, hospitalar, comercial, doméstica, agrícola, de serviços e de varrição. São incluídos na supracitada definição, os lodos (lamas) oriundos de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, assim como dados líquidos cujas peculiaridades tornem inexequível o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou que exijam

para tanto soluções técnica e economicamente inviáveis face à melhor tecnologia disponível. De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004a), a periculosidade de um RS consiste na característica apresentada pelo mesmo que, em decorrência de suas propriedades químicas, físicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar risco à saúde pública, provocando incidência de doenças, mortalidade ou exacerbando seus índices; e/ou riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de modo inadequado. Com relação à periculosidade de um RS, a NBR10004 (ABNT, 2004a) classifica os RS em duas classes: Resíduos classe I – perigosos; e Resíduos classe II – não perigosos. Estes últimos são subdivididos em duas classes,

a saber: Resíduos classe II A – não inertes; e Resíduos classe II B – inertes.

3.2 Biogás de aterros sanitários

De acordo com Bidone e Povinelli (1999), a transformação anaeróbia nos aterros sanitários, do material orgânico bruto contido na massa dos RU, em bioestabilizado, com a geração do gás metano (denominada metanogênese), é assumida conceitualmente como um processo de cinco fases, a saber: Fase I - ajustamento inicial; Fase II – transição; Fase III - formação de ácidos; Fase IV - fermentação metânica; e Fase V - maturação.

A composição média de uma mistura gasosa gerada na degradação anaeróbia inclui entre 50% e 75% de Metano (CH_4) e 25% a 40% de Dióxido de carbono (CO_2). Outros gases estão presentes em menor monta, como, Sulfureto de Hidrogênio, H_2S (0,1% a 0,5%) e Amônio, NH_3 (0,1% a 0,5%), além de um teor variável de água, conforme preconizou Pires (2000 em Cassini, 2003). O Poder Calorífico Inferior (PCI) do biogás em geral, é de cerca 5.500 kcal/m³, quando a proporção de metano é de cerca de 60% (CASSINI, 2003).

3.2.1 Software de estimativa de geração de biogás

Para estimativa de geração de biogás de aterros sanitários municipais, utilizou-se o *software* Biogás, geração e uso energético – aterros, versão 1.0, que compõe o portfólio dos produtos desenvolvidos pelos convênios firmados entre o Governo Federal do Brasil, por intermédio do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e o Governo do Estado de São Paulo, por intermédio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

O *software* Biogás, geração e uso energético – aterros, versão 1.0 emprega um modelo matemático muito usado pela USEPA, para estimativa da geração de metano nos

Estados Unidos (Equação 2), cuja integral é igual a Equação 3. A estimativa de soma das vazões (ΣQ_x) de metano é fornecida pela Equação 4 (CETESB, 2006).

$$\int \frac{dQ}{dt} = k \cdot R_x \cdot L_0 \quad (2)$$

$$Q_x = k \cdot R_x \cdot L_0 \cdot e^{-k(x-T)} \quad (3)$$

$$\Sigma Q_x = F \cdot k \cdot L_0 \Sigma R_x \cdot e^{-k(x-T)} \quad (4)$$

Em que:

Q_x : vazão de metano gerado no ano x pelo RU depositado no ano T (m³CH₄/ano);

k: constante de decaimento (1/ano);

R_x : fluxo de resíduos no ano x (kgRSU);

L_0 : potencial de geração de metano (m³biogás/kgRSU);

T: ano de deposição do resíduo no aterro (ano);

x: ano atual (ano); e

ΣQ_x soma das n estimativas de vazões de metano (m³ CH₄)

A Equação 5 apresenta a estimativa da potência disponível ao ano e a Equação 6 a Energia disponível.

$$P_x = \frac{Q_x \cdot P_{c(\text{metano})}}{21.536.000} \cdot E_c \cdot \frac{k}{1000} \quad (5)$$

$$E_{\text{disponível}} = P_x \cdot \frac{1}{365 \cdot 24} \quad (6)$$

Em que:

P_x : Potência disponível a cada ano (kW);

Q_x : Vazão de metano a cada ano (m³ CH₄/ano);

$P_{c(\text{metano})}$: Poder calorífico do metano igual a 35,53.106 (J/m³ CH₄);

E_c : Eficiência de coleta de gases (%);

31.536.000s = 1 ano (s/ano);

k: 1.000 (adimensional);

$E_{\text{disponível}}$: Energia disponível (m³ CH₄) ou (kWh);

P_x : Potência disponível (m³ CH₄/h) ou (kW);

365: dias por ano (dia/ano); e

24: horas por dia (h/dia).



4. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia do presente estudo abarcou a simulação pelo uso do *software* Biogás, geração e uso energético- aterros, versão 1.0 (CETESB, 2006), para as populações de 80.000 (Cenário 1), 100.000 (Cenário 2), 150.000 (Cenário 3), 200.000 (Cenário 4), 400.000 (Cenário 5) e 500.000 habitantes (Cenário 6), respectivamente um fluxo anual de resíduos de 3874 t, 17343 t, 25015 t, 34686 t e 69372 t e com taxa anual de crescimento populacional de 0,54% para todos os cenários.

4.1 Estimativa de geração de biogás

No presente estudo foram utilizados os dados de entrada para o *software* Biogás, geração e uso energético-aterros, versão 1.0 (CETESB, 2006), constantes no **Quadro 1**, para cada Cenário avaliado.

Os supracitados dados de entrada foram utilizados para fazer a simulação com o grupo motogerador Otto, brasileiro, sistema de purificação do biogás com H₂O Filtro Coalescente, H₂S Siloxina e de purificação de CO₂, além do preço da tonelada de CO₂ em R\$23,00, ao se considerar os créditos de Carbono ineren-

QUADRO 1 | Dados de entrada para o *software* Biogás, geração e uso energético- aterros, versão 1.0 da CETESB (2006)

Parâmetro	Unidade	Valor
Potencial de geração de biogás	m ³ CH ₄ /kg	0,12
Constante de decaimento	ano ⁻¹	0,08
Vida útil do aterro	ano	20 (2010-2030)
Taxa de coleta de RSU	%	90
Energia Elétrica Evitada	(tCO ₂ /MWh _{evitada})	0,2782
Eficiência de Coleta de biogás	%	75
Eficiência de Queima de biogás	%	90
Rendimento de Conversão Energética	%	33

tes ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). A análise económica utilizou o método de cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) assumindo os seguintes dados: investimento para geração elétrica (R\$), crédito de carbono pela queima (R\$), crédito de Carbono pela eletricidade (R\$), receita mensal com a venda de energia elétrica (R\$) e receita mensal com o crédito de Carbono (R\$).

PUB



Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Sul do Grande Porto

Para si
Ela é de qualidade,
está em toda a parte
e é uma escolha económica.

A água fornecida pela Águas do Douro e Paiva é testada diariamente, num total de mais de 83500 análises anuais. Facto, entre outros, que levou o IRAR a reconhecer a qualidade do serviço prestado pela empresa com a atribuição, em 2008, do Prémio por Excelência no tema "Qualidade de Serviço de Abastecimento Público de Água Prestado aos Utilizadores".

Seja para o seu consumo ou para as tarefas do dia-a-dia, esta água está sempre à sua disposição, através do simples gesto de abrir a torneira, assumindo um papel discreto mas fundamental para o seu bem-estar. Ela é também a escolha racional no que respeita ao preço a pagar por cada litro.

Água da torneira. **A sua escolha.**



www.addp.pt



4.2 Análise económico-financeira do empreendimento

Para o presente estudo, utilizou-se, de modo simplificado, a consideração de que o índice de decisão, para avaliação da viabilidade económica de um empreendimento seja o Valor Presente Líquido (VPL). A utilização do VPL abarcou além dos dados de fluxo de Resíduos (t/ano) e respectivo investimento para geração de energia elétrica, como receitas, pela venda da energia elétrica (Equação 7), os respectivos créditos de carbono pela queima do biogás e pela geração de energia elétrica. A Equação 9 apresenta o cálculo do VPL, com base numa função $f(x)$ descrita pela Equação (8). Os valores de VPL foram avaliados para os primeiros 15 anos de implementação do empreendimento para cada cenário.

$$\text{Receita mensal venda da energia} = \text{Energia Elétrica para a Venda} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{mês}} \right) \cdot 0,15 \left(\frac{\text{R\$}}{\text{kWh}} \right) \quad (7)$$

$$f(x) = \frac{1}{[(1+i)^n]} \quad (8)$$

$$\text{EVPL} = \text{FC}_0 + [\text{FC} \cdot f(x)_{\text{acum}}] \quad (9)$$

Em que:

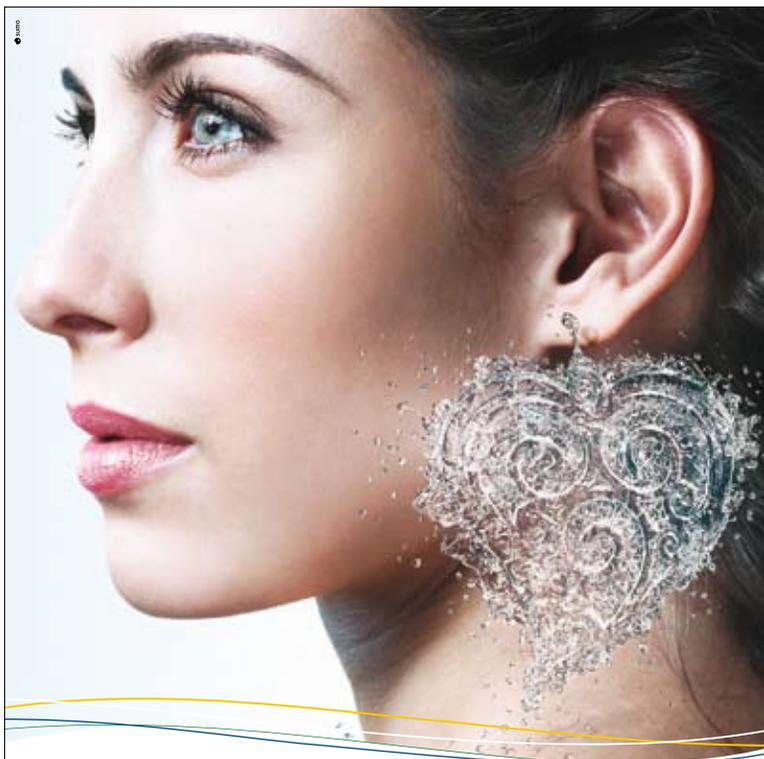
i: taxa de juros, assumida como sendo 12% a.a.;

n: ano avaliado;

$f(x)_{\text{acum}}$: valores acumulados de $f(x)$;

FC_0 : Investimento para geração de energia elétrica (R\$);

FC: receita anual total (R\$).



A nossa Água.

O noroeste de Portugal pulsa de vida. A nossa história. A nossa cultura. As nossas tradições. Mas também a nossa água!

Resultado da fusão de três empresas, a Águas do Noroeste é responsável, em alta, pela captação, tratamento e distribuição de água de qualidade e em quantidade e pela recolha, tratamento e rejeição das águas residuais, garantindo a sua devolução, em condições ambientalmente seguras, ao meio ambiente.

Missão que cumpre com empenho e respeito pelo ambiente em mais de trinta municípios da nossa Região. Pela nossa água.

A água de todos, na vida de cada um.



ETA de Aveias de Vilar



ETAR de Serzedelo



5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes aos custos e receitas com crédito de carbono estão apresentados no **Quadro 2**. No **Quadro 3**, são mostrados os resumos acerca dos investimentos e receitas para cada cenário considerado. O cálculo do VPL para cada cenário avaliado é apresentado no **Quadro 4**.

Apresenta-se na **Figura 1**, o gráfico com o resumo dos valores dos investimentos para geração de energia elétrica e receitas com créditos de carbono pela queima do biogás e pela energia elétrica gerada.

Observa-se do **Quadro 2** que na medida em que se aumenta a população atendida pelo aterro sanitário com recuperação energética de biogás, ocorre o acréscimo no

investimento para geração da energia elétrica. Para a população de 80.000 (Cenário 1), 100.000 (Cenário 2), 150.000 (Cenário 3), 200.000 (Cenário 4), 400.000 (Cenário 5) e 500.000 habitantes (Cenário 6), observa-se valores de investimento na geração de energia elétrica de respectivamente, R\$3.192.240,00, R\$3.412.490,00, R\$3.815.480,00, R\$4.218.480,00, R\$5.535.200,00 e R\$6.267.370,00. Por outro lado, para estes mesmos valores, respectivamente, ocorre a diminuição do custo da produção de eletricidade R\$82,82 MW.h, R\$68,34 MW.h, R\$50,94 MW.h, R\$42,24 R\$.MW.h, R\$28,72 MW.h e R\$26,02 MW.h e de aumento da potência estimada, ou seja, 399 kW, 499kW, 749kW, 998kW, 1997kW

QUADRO 2 | Valores referentes aos custos e receitas para cada cenário

Etapa / Processo	Custos (R\$)					
Cenários	1	2	3	4	5	6
Rx - Fluxo de Resíduos (t/ano)	13874	17343	25015	34686	69372	86715
População (hab)	80000	100000	150000	200000	400000	500000
Investimento para Geração Elétrica (1000 R\$)	3.192,24	3.412,49	3.815,48	4.218,48	5.535,20	6.267,37
Custo da Eletricidade (R\$.MW.h)	82,82	68,34	50,94	42,24	28,72	26,02
Receitas com crédito de Carbono						
Descrição / Cenários	1	2	3	4	5	6
Potência Útil (kW)	200	300	450	600	1000	1.250
Potência estimada (kW)	399	499	749	998	1997	2450
Energia Elétrica para a Venda (kWh/mês)	132000	198000	297000	396000	660000	825000

QUADRO 3 | Resumo de valores de investimentos e receitas para cada cenário

Rx - Fluxo de Resíduos (t/ano)	Investimento para Geração Elétrica (1000R\$)	Crédito de Carbono pela Queima (1000R\$)	Crédito de Carbono pela Eletricidade (1000R\$)	Receita mensal venda da energia (1000R\$)	Receita mensal crédito de carbono (1000R\$)	Receita mensal total (1000R\$)	Receita anual total (1000R\$)
13874	3.192,24	4.100,14	235,42	19800	16,42	20,69	248,30
17343	3.412,49	4.625,53	302,68	29700	21,62	30,85	370,16
25015	3.815,48	6.938,30	454,02	44550	32,42	46,27	555,24
34686	4.218,48	9.251,06	605,36	59400	43,23	61,69	740,32
69372	5.535,20	20.500,71	1.177,09	99000	82,11	10,35	1241,50
86715	6.267,37	25.625,89	1.471,36	123750	10,26	12,93	1551,88

QUADRO 4 | Cálculo do VPL para cada cenário avaliado

Ano	FC ₀					
	3.192.239,07	3.412.487,77	3.815.481,65	4.218.475,54	5.535.195,34	6.267.369,18
	VPL					
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
0						
1	(2.722.241,15)	(2.711.831,27)	(2.764.496,89)	(2.817.162,53)	(3.185.205,76)	(3.329.882,20)
2	(2.524.297,29)	(2.196.494,75)	(2.321.865,17)	(2.226.986,90)	(2.195.486,43)	(2.092.733,04)
3	(2.347.561,69)	(1.933.023,49)	(1.926.658,28)	(1.700.044,38)	(1.311.808,45)	(988.135,57)
4	(2.189.762,05)	(1.697.781,29)	(1.573.794,98)	(1.229.559,98)	(522.810,26)	(1.887,83)
5	(2.048.869,52)	(1.487.743,62)	(1.258.738,47)	(809.484,63)	181.652,41	878.690,51
6	(1.923.072,61)	(1.300.209,97)	(977.438,01)	(434.417,35)	810.636,94	1.664.921,17
7	(1.810.753,95)	(1.132.769,22)	(726.276,88)	(99.535,85)	1.372.230,27	2.366.912,83
8	(1.710.469,43)	(983.268,56)	(502.025,88)	199.465,49	1.873.652,88	2.993.691,10
9	(1.620.929,67)	(849.785,81)	(301.801,76)	466.430,97	2.321.351,65	3.553.314,55
10	(1.540.983,47)	(730.604,80)	(123.030,24)	704.793,01	2.721.082,69	4.052.978,35
11	(1.469.602,92)	(624.193,17)	36.587,20	917.616,26	3.077.985,40	4.499.106,74
12	(1.405.870,30)	(529.182,79)	179.102,77	1.107.637,02	3.396.648,53	4.897.435,66
13	(1.348.966,16)	(444.352,10)	306.348,81	1.277.298,41	3.681.169,19	5.253.086,48
14	(1.298.158,90)	(368.610,41)	419.961,35	1.428.781,79	3.935.205,49	5.570.631,86
15	(1.252.795,28)	(300.983,90)	521.401,11	1.564.034,81	4.162.023,62	5.854.154,52
16	(1.212.292,04)	(240.603,08)	611.972,33	1.684.796,44	4.364.539,80	6.107.299,75
17	(1.176.128,44)	(186.691,64)	692.839,49	1.792.619,32	4.545.357,83	6.333.322,28
18	(1.143.839,51)	(138.556,43)	765.042,31	1.888.889,75	4.706.802,49	6.535.128,10
19	(1.115.010,10)	(95.578,56)	829.509,12	1.974.845,49	4.850.949,51	6.715.311,88
20	(1.089.269,56)	(57.205,46)	887.068,77	2.051.591,68	4.979.652,20	6.876.190,25
21	(1.066.286,94)	(22.943,76)	938.461,31	2.120.115,07	5.094.565,33	7.019.831,65
22	(1.045.766,74)	7.647,03	984.347,51	2.181.296,67	5.197.166,33	7.148.082,90

e 2450kW. Os valores calculados para a energia elétrica para a venda, para os cenários 1 a 6 foram de respectivamente, 132000kWh/mês, 198000 kWh/mês, 297000 kWh/mês, 396000 kWh/mês, 660000 kWh/mês e 825000 kWh/mês. Os valores referentes a potência disponível estão dentro da faixa preconizada pela Resolução ANEEL nº. 390/2009 (ANEEL, 2009), na qual se assegura que na implantação das centrais geradoras com capacidade instalada reduzida (com potência igual ou inferior a 5.000 kW), assim como a comercialização de energia e o livre acesso às instalações de distribuição e de transmissão, nos termos da legislação vigente (ANEEL, 2009).

Observa-se do **Quadro 3** que caso os valores dos créditos de carbono pela geração de eletricidade sejam considerados uma porcentagem dos valores correspondentes ao cenário dos créditos de carbono pela queima, resultam em valores baixos, de respectivamente, 5,74%, 6,54%, 6,54%, 6,54%, 5,74% e 5,74%. Para os cenários 1 a 6. Este cenário é compensado para valores de receita mensal com a venda de energia crescentes, à medida que se observa o cenário 1 ao cenário 6, a saber: R\$19800,00, R\$29700,00, R\$44550,00, R\$59400,00, R\$99000,00 e R\$123750,00. Desse modo, a receita oriunda com o crédito de carbono pela geração de energia elétrica não seria tão

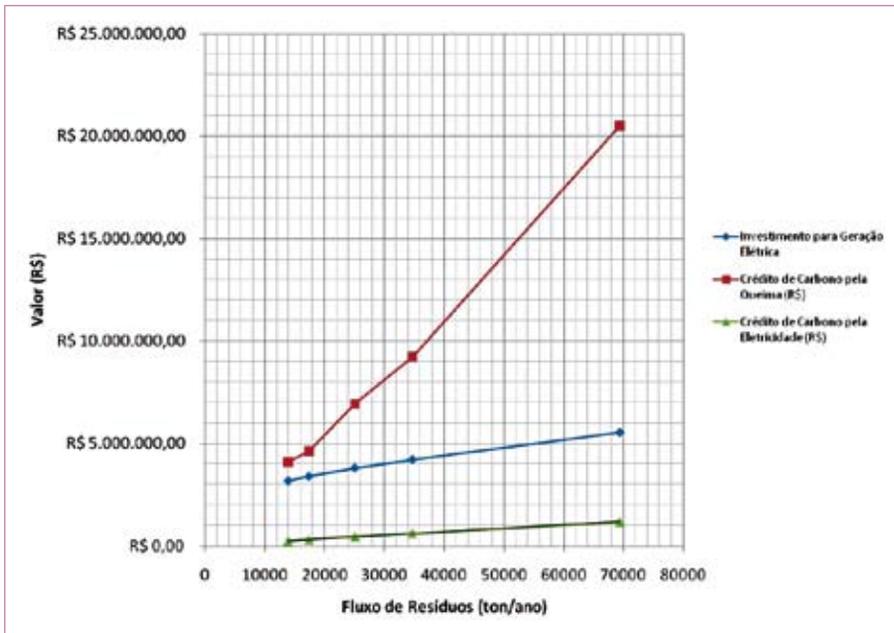


FIGURA 1 | Valores para análise econômica de investimentos em geração de energia elétrica a partir de biogás de aterro sanitário

atrativa para valores baixos de fluxo de resíduos (F_x), ou seja, para menores valores de população atendida.

Da **Figura 1** pode evidenciar-se a discrepância entre os valores obtidos pelos créditos de carbono pela queima e pela geração de energia elétrica relativamente aos valores obtidos para o investimento para geração de energia elétrica. Essa assertiva é corroborada ao se verificar os valores apresentados no **Quadro 4**, acerca do VPL para cada cenário. No cenário 1, durante os 22 anos simulados, as receitas obtidas não iriam pagar o investimento. No cenário 2, também

ocorreria tal situação, pois o investimento pagar-se-ia apenas aos 21 de implantação, após o fechamento do aterro, quando a capacidade de geração de biogás tem o início de sua queda em valores quantitativos e por conseguinte, de potência e energia. Já, no cenário 3, as receitas obtidas com o empreendimento iriam pagar o investimento aos 11 anos do início de sua operação. Valores mais atraentes são verificados nos cenários 5 e 6, os quais pagar-se-iam, ambos aos 5 anos de operação, a despeito de valores mais altos de investimento para a geração de energia elétrica.



AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de auxílio para Participação Individual em Congressos no Exterior. Ao Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas – CERPCH.

■ CONCLUSÕES

O presente estudo simulou cinco cenários de população atendida por um aterro sanitário com aproveitamento do biogás para geração de energia elétrica. A metodologia abarcou uma simulação por meio do uso do software Biogás, geração e uso energético- aterros, versão 1.0 (CETESB, 2006), para as populações de 80.000 (Cenário 1), 100.000 (Cenário 2), 150.000 (Cenário 3), 200.000 (Cenário 4), 400.000 (Cenário 5) e 500.000 habitantes (Cenário 6) e com taxa anual de crescimento populacional de 0,54% para todos os cenários. Para tanto, avaliou-se a viabilidade econômico-financeira para instalação de tais empreendimentos, por meio do índice VPL. Com base nos resultados das simulações, foi possível concluir que:

Na medida em que se aumenta a população atendida pelo aterro sanitário com recuperação energética de biogás, ocorre o acréscimo no investimento para geração da energia elétrica. Por outro lado, para estes mesmos valores, respectivamente, ocorre a diminuição do custo da produção de eletricidade e de aumento da potência estimada, e, por conseguinte, da energia elétrica para a venda;

Os valores referentes à potência disponível estão dentro da faixa preconizada pela Resolução ANEEL n0. 390/2001 (ANEEL, 2009) acerca de centrais com potência igual ou inferior a 5.000 kW, assim como a comercialização de energia e o livre acesso às instalações de distribuição e de transmissão. Ainda, a Resolução ANEEL n0. 271/2007 assegura o direito a 100% (cem por cento) de redução, a ser aplicado às tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada pelos empreendimentos.

Baixos valores oriundos da relação entre créditos de carbono pela geração de eletricidade e valores correspondentes ao cenário dos créditos de carbono pela queima são compensados para valores de receita mensal com a venda de energia crescentes, à medida que se observa o cenário 1 ao cenário 6. Desse modo, a receita oriunda com o crédito de carbono pela geração de energia elétrica não seria tão atrativa para valores baixos de fluxo de resíduos (Fx), ou seja, para menores valores de população atendida.

Com relação ao VPL para cada cenário, para valores inferiores a 100.000 habitantes, as receitas obtidas não iriam pagar o investimento durante a vida útil do empreendimento. Valores mais atraentes são verificados nos cenários para uma população atendida superior a 400.000 habitantes. Para os valores simulados de população de 400.000 e 500.000 habitantes, os empreendimentos pagar-se-iam, ambos aos 5 anos de operação, a despeito de valores mais altos de investimento para a geração de energia elétrica.

■ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. (2009). Resolução normativa no 390, de 15 de novembro de 2009. Estabelece os requisitos necessários à outorga de autorização para exploração e alteração da capacidade instalada de usinas termelétricas e de outras fontes alternativas de energia, os procedimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2004). NBR 10.004 – Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro. 71 p.
- BIDONE, F. R.; POVINELLI, J. (1999). Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos. São Carlos, São Paulo, Brasil: EESC/USP.
- CASSINI, S. T. (2003). Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás. Rio de Janeiro: ABES, Rima - Projeto PROSAB.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2006). Biogás, geração e uso energético- aterros, versão 1.0 / CETESB, Secretaria de Meio Ambiente, Ministério da Ciência e Tecnologia. São Paulo: SMA: CETESB: MCT. CD-ROM. Manual v. 1-2, programas executáveis e código fonte.