

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Geração de Energia Através de Biogás para o Consórcio Ecotres¹

Francisco Chicone Neto², Guilherme Gianotti de Andrade², Leonardo Silva de Oliveira Pires², Marisa Estela Killer² e Vinícius Silveira Formiga²

¹Aceito para Publicação no 3º Trimestre de 2016.

²Instituto de Recursos Naturais na Universidade Federal do Paraná, ivanfelpedeice@hotmail.com.

Resumo

Este trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade de geração de energia através de biogás para o consórcio ECOTRES. Esse consórcio é constituído pelos municípios de Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco e Congonhas. Atualmente, as cidades brasileiras geram cada vez mais resíduos que são descartados de maneira irregular, sem planejamento em lixões ou direto para aterros sanitários. Com isso, busca-se utilizar os biodigestores, microrganismos que realizam digestão anaeróbia, em aterros sanitários para obtenção de biogás. A matéria orgânica biodegradável deve ser separada corretamente e sua disposição final deve ser bem planejada para que haja viabilidade econômica no processo. Além disso, deve ser realizada uma projeção populacional para o tempo de projeto (20 anos a partir do ano vigente) e análise de cenários, ou geração de metano, através de programas computacionais específicos como o WARM e o LandGem. Os dados foram então analisados, investigando-se a viabilidade de implantação. Em suma, para o consórcio ECOTRES, os dados obtidos mostraram que seria viável a geração de energia, pois a população está acima da faixa ideal para retorno financeiro do investimento inicial do projeto de geração, com base em outros estudos na área.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, geração de energia, biogás.

Abstract

This research aims to analyze the viability of power generation through biogas for ECOTRES consortium. This consortium is composed by the cities Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco and Congonhas. Currently, Brazilian cities increasingly generate waste that is disposed of in an irregular manner and lack of planning, in garbage dumps or straight to landfills. Thereby, it seeks to use biodigesters, microorganisms that carry out anaerobic digestion, in landfills for biogas production. The biodegradable organic matter must be separated properly and its final disposal must be well planned so that the process is economically viable. In addition, a population projection for the project time must be done (20 years from the current year) as well as scenarios analysis, or methane generation, through specific computer programs such as WARM and LandGEM. The data were then analyzed, investigating the implementation viability. In short, for the ECOTRES consortium, the data showed that power generation would be viable, because the population is above the ideal range for financial return of the initial investment, based on other studies in the area.

Keywords: Solid waste, power generation, biogas.

Introdução

A produção de resíduos sólidos está intimamente ligada ao processo de urbanização e ao aumento da renda da população. Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea (2012) entre 2001 e 2011 os 10% mais pobres do país tiveram um crescimento de renda acumulado de 91,2%, atingindo em 2011 o menor nível de desigualdade da história. Esse expressivo crescimento gerou a inserção de mais dinheiro no mercado através do consumo, tanto de bens duráveis quanto de não duráveis, que na sua grande maioria gerou um aumento na produção de resíduos sólidos.

Esse aumento da produção de resíduos causou grande impacto no meio ambiente, visto que grande maioria dos municípios não apresenta uma disposição final ambientalmente adequada. O Ministério do Meio Ambiente, Ministério das Cidades e Fundação Nacional de Saúde – Funasa destinaram R\$1,2 bilhão (Ministério do Meio

Ambiente, 2010) para implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS que visa à adequação da destinação dos resíduos sólidos.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2010), o volume de resíduos produzidos determina a viabilidade da coleta seletiva, da reciclagem, da construção de aterros sanitários e, principalmente, da operacionalização e manutenção do sistema de gestão dos resíduos sólidos que são muito caras para as administrações dos pequenos municípios. No que tange o presente trabalho, a PNRS é muito importante para municípios de pequeno porte pois os apoia na criação de consórcios públicos como forma de tornar viável a gestão integrada de resíduos sólidos entre esses municípios.

O sucesso em andamento da PNRS envolvendo a criação de aterros sanitários é inegável, contudo a degradação ambiental e a escassez de áreas disponíveis e adequadas para implantação de um aterro é crescente. Com isso, soluções para o tratamento e redução dos resíduos vêm surgindo, sempre aliadas a geração de valor aos olhos do mercado.

Uma dessas soluções é a produção de energia através do biogás gerado em aterros sanitários. Ela se destaca por produzir energia elétrica limpa e renovável, através da queima de gases como o metano (CH_4), muito presente em aterros sanitários e considerado um dos gases causadores do efeito estufa. A queima desse gás além de produzir energia também gera o dióxido de carbono (CO_2), gás também associado ao efeito estufa, mas com potencial de aquecimento global 21 vezes menor que o metano.

Outro ponto relevante à introdução dessa produção de energia é a negociação de créditos de carbono. Países como o Brasil desenvolvem projetos de redução dos gases de efeito estufa e emitem créditos de carbono que serão vendidos a países com forte industrialização também signatários das metas de redução de emissões.

O presente trabalho estudou a viabilidade da geração de energia através do biogás produzido no aterro sanitário regional de três pequenos municípios. Os três municípios: Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco e Congonhas estão localizados no estado de Minas Gerais (MG) e compõem o Consórcio Público Intermunicipal de Tratamento de Resíduos Sólidos – ECOTRES.

O estudo foi baseado em dados fornecidos pelo ECOTRES, pelo Ministério das Cidades e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Com esses dados foram realizadas estimativas de população e resíduos por fim aplicação dos mesmos em softwares de análise de viabilidade.

Materiais e métodos

O primeiro passo adotado foi a escolha do objeto de estudo, no caso trata-se do consórcio ECOTRES que envolve as três cidades mineiras: Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco e Congonhas. Para as três cidades foram coletados os dados de evolução populacional no portal do IBGE. Outro dado importante foi o índice per capita de massa coletada em kg.hab/dia, os quais são fornecidos anualmente pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.

Com esses dados foi possível realizar uma projeção populacional para 20 anos a partir de 2016 pelo método de projeção logística – ou de cálculo da população de saturação –, utilizando as equações abaixo.

$$K_s = \frac{2P_0P_1P_2 - P_1^2(P_0 + P_2)}{P_0P_2 - P_1^3} \quad (1)$$

$$a_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \left[\frac{P_0(K_s - P_1)}{P_1(K_s - P_0)} \right] \quad (2)$$

$$c = \frac{(K_s - P_0)}{P_0} \quad (3)$$

$$P_t = \frac{K_s}{1 + c^{a_1(t-t_0)}} \quad (4)$$

Juntamente com a projeção populacional foi feita a projeção da quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) produzidos, considerando um acréscimo de 1% a cada ano no valor da geração per capita de resíduos sólidos. A partir de então, foi realizado

um cruzamento de dados com a composição gravimétrica fornecida pelo consórcio. Esse cruzamento nos permitiu a criação de três diferentes cenários no software WARM (Waste Reduction Model), no qual os resíduos sólidos são separados em recicláveis, aterro e incineração.

Para cada cenário os RSU foram separados nas três colunas utilizando diferentes pesos, tudo isto com o intuito final de encontrar a distribuição com a menor emissão de gases de efeito estufa.

A análise final da viabilidade de geração de energia foi determinada através do software LandGEM (Landfill Gas Emissions Model), ferramenta baseada nos dados de matéria orgânica coletada. O resultado final é a quantidade de metano produzida pelo aterro, dado posteriormente analisado e discutido para implantação da usina de energia de biogás.

Resultados e discussão

A partir de referências do IBGE, SNIS e dos métodos de projeção detalhados na seção anterior, foram estimadas as populações e a geração de RSU num intervalo de 10 anos para os três municípios que compõem o ECOTRES.

Tabela 1: Projeção populacional e acumulação anual de RSU (Conselheiro Lafaiete)

Ano	População (hab)	Índices per capita massa coletada (kg/hab.dia)	Quantidade diária de RSU coletados (kg/dia)	Quantidade anual de RSU coletados (kg/ano)	Quantidade anual de RSU coletados (t/ano)	Quantidade acumulada anual de RSU coletados (t/ano)
1991	89059	-	-	-	-	-
2000	102836	-	-	-	-	-
2010	116512	-	-	-	-	-
2016	123154	0.826	101760	37142252	37142	109156
2026	135768	0.913	123919	45230476	45230	524339
2036	147208	1.008	148419	54172758	54173	1025141

Tabela 2: Projeção populacional e acumulação anual de RSU (Congonhas)

Ano	População (hab)	Índices per capita massa coletada (kg/hab.dia)	Quantidade diária de RSU coletados (kg/dia)	Quantidade anual de RSU coletados (kg/ano)	Quantidade anual de RSU coletados (t/ano)	Quantidade acumulada anual de RSU coletados (t/ano)
1991	35364	-	-	-	-	-
2000	41256	-	-	-	-	-
2007	45984	-	-	-	-	-
2016	50991	0.622	31730	11581430	11581	34165
2026	53551	0.687	36809	13435228	13435	160269
2036	54934	0.759	41710	15224300	15224	304475

Tabela 3: Projeção populacional e acumulação anual de RSU (Ouro Branco)

Ano	População (hab)	Índices per capita massa coletada (kg/hab.dia)	Quantidade diária de RSU coletados (kg/dia)	Quantidade anual de RSU coletados (kg/ano)	Quantidade anual de RSU coletados (t/ano)	Quantidade acumulada anual de RSU coletados (t/ano)
2000	30383	-	-	-	-	-
2007	33548	-	-	-	-	-
2010	35268	-	-	-	-	-
2016	36796	1.020	37536	13700645	13701	40649
2026	36924	1.127	41607	15186476	15186	185795
2036	36934	1.245	45972	16779950	16780	346301

A partir da projeção da quantidade de RSU e dos dados da composição gravimétrica de cada município, foi calculada a quantidade total de matéria orgânica

(MO), proveniente dos três municípios e depositada no aterro sanitário para cada ano durante os 20 anos de sua vida útil, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: Projeção da quantidade de RSU e de MO para o consórcio ECOTRES

Ano	População total (hab)	Quantidade anual de RSU coletados (t/ano)	Quantidade anual de MO coletada (t/ano)
2016	210942	62424	34099
2017	212606	63533	34703
2018	214236	64648	35310
2019	215835	65770	35920
2020	217404	66900	36535
2021	218943	68037	37154
2022	220455	69183	37778
2023	221940	70337	38406
2024	223400	71500	39038
2025	224833	72672	39676
2026	226242	73852	40318
2027	227627	75042	40966
2028	228989	76241	41618
2029	230327	77449	42275
2030	231642	78667	42938
2031	232935	79894	43605
2032	234206	81131	44278
2033	235456	82378	44957
2034	236684	83634	45640
2035	237891	84901	46329
2036	239077	86177	47023

As quantidades de matéria orgânica foram introduzidas na ferramenta LandGEM© para que fosse possível estimar a emissão de biogás do aterro em estudo. Para isso foram considerados:

- Taxa de coleta de resíduos sólidos urbanos: 100%;
- Taxa de capitação do biogás no aterro: 60%;
- Taxa de geração de metano (k): 0,05 ano⁻¹;
- Potencial de geração de metano (L₀): 170 m³/t;

Os resultados obtidos estão indicados na Tabela 5 e na Figura 1 abaixo.

Tabela 5: Inventário para o ano de 2036 fornecido pelo LandGEM©

Gás / Poluente	Taxa de emissão				
	(t/ ano)	(m ³ / ano)	(pés ³ / min)	(pés ³ / ano)	(tc/ ano)
Total de gases do aterro	9,71 5E+ 03	7,38 5E+0 6	4,96 2E+0 2	2,60 8E+0 8	1,069 E+04
Metano	2,95 6E+ 03	4,43 1E+0 6	2,97 7E+0 2	1,56 5E+0 8	3,252 E+03
Dióxido de carbono	5,40 7E+ 03	2,95 4E+0 6	1,98 5E+0 2	1,04 3E+0 8	5,948 E+03
NMOC (compostos orgânicos não-metano)	1,05 9E+ 02	2,95 4E+0 4	1,98 5E+0 0	1,04 3E+0 6	1,165 E+02
1,1,1-Tricloroetano (metil clorofórmio) - HAP	1,96 7E- 02	3,54 5E+0 0	2,38 2E- 04	1,25 2E+0 2	2,164 E-02
1,1,2,2-Tetracloroetano - HAP/VOC	5,67	8,12	5,45	2,86	6,239

	1E-02	4E+00	8E-04	9E+02	E-02
1,1-Dicloroetano (dicloreto de etilideno) - HAP/VOC	7,29 6E-02	1,77 2E+01	1,19 1E-03	6,25 9E+02	8,026 E-02
1,1-Dicloroetano (cloreto de vinilideno) - HAP/VOC	5,95 5E-03	1,47 7E+00	9,92 4E-05	5,21 6E+01	6,551 E-03
1,2-Dicloroetano (dicloreto de etileno) - HAP/VOC	1,24 6E-02	3,02 8E+00	2,03 4E-04	1,06 9E+02	1,371 E-02
1,2-Dicloropropano (dicloreto de propileno) - HAP/VOC	6,24 7E-03	1,32 9E+00	8,93 2E-05	4,69 5E+01	6,872 E-03
2-Propanol (álcool isopropílico) - VOC	9,23 2E-01	3,69 3E+02	2,48 1E-02	1,30 4E+04	1,016 E+00
Acetona	1,24 9E-01	5,17 0E+01	3,47 3E-03	1,82 6E+03	1,374 E-01
Acrilonitrila - HAP/VOC	1,02 7E-01	4,65 3E+01	3,12 6E-03	1,64 3E+03	1,129 E-01
Benzeno - co-disposição zero ou desconhecida - HAP/VOC	4,55 9E-02	1,40 3E+01	9,42 8E-04	4,95 5E+02	5,015 E-02
Benzeno - co-disposição - HAP/VOC	2,63 9E-01	8,12 4E+01	5,45 8E-03	2,86 9E+03	2,903 E-01
Bromodiclorometano - VOC	1,56	2,28	1,53	8,08	1,716

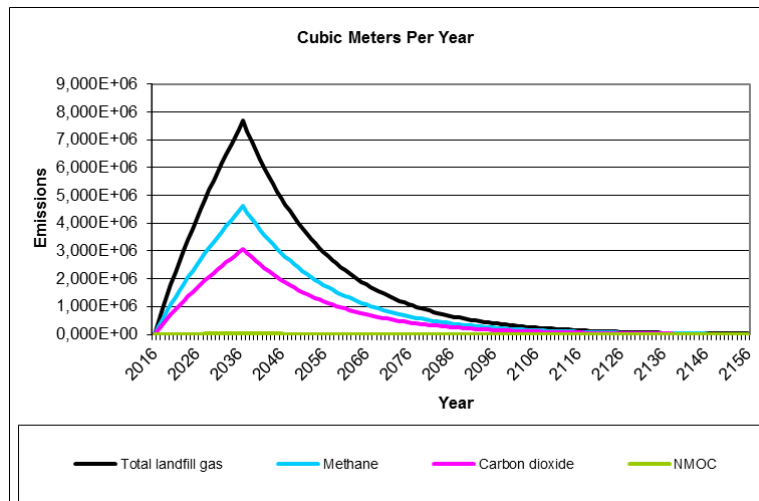
	0E-01	9E+01	8E-03	5E+02	E-01
Butano - VOC	8,926E-02	3,693E+01	2,481E-03	1,304E+03	9,819E-02
Dissulfureto de carbono - HAP/VOC	1,356E-02	4,283E+00	2,878E-04	1,513E+02	1,492E-02
Monóxido de carbono	1,205E+00	1,034E+03	6,947E-02	3,651E+04	1,325E+00
Tetracloroeto de carbono - HAP/VOC	1,890E-04	2,954E-02	1,985E-06	1,043E+00	2,079E-04
Sulfeto de carbonila - HAP/VOC	9,041E-03	3,619E+00	2,431E-04	1,278E+02	9,945E-03
Clorobenzeno - HAP/VOC	8,644E-03	1,846E+00	1,241E-04	6,520E+01	9,508E-03
Clorodifluorometano	3,453E-02	9,601E+00	6,451E-04	3,390E+02	3,798E-02
Cloroetano (cloreto de acetato) - HAP/VOC	2,576E-02	9,601E+00	6,451E-04	3,390E+02	2,834E-02
Clorofórmio - HAP/VOC	1,100E-03	2,216E-01	1,489E-05	7,824E+00	1,210E-03
Clorometano - VOC	1,86	8,86	5,95	3,13	2,047

	1E-02	2E+00	4E-04	0E+02	E-02
Diclorobenzeno - (HAP/VOC)	9,48 2E-03	1,55 1E+00	1,04 2E-04	5,47 7E+01	1,043 E-02
Diclorodifluoromethano	5,94 2E-01	1,18 2E+02	7,93 9E-03	4,17 3E+03	6,537 E-01
Diclorofluoromethano - VOC	8,22 0E-02	1,92 0E+01	1,29 0E-03	6,78 1E+02	9,042 E-02
Diclorometano (cloreto de metileno) - HAP	3,65 3E-01	1,03 4E+02	6,94 7E-03	3,65 1E+03	4,018 E-01
Sulfureto de dimetilo (sulfureto de metilo)- VOC	1,48 9E-01	5,76 0E+01	3,87 0E-03	2,03 4E+03	1,637 E-01
Etano	8,22 1E+00	6,57 3E+03	4,41 6E-01	2,32 1E+05	9,043 E+00
Etanol - VOC	3,82 2E-01	1,99 4E+02	1,34 0E-02	7,04 2E+03	4,204 E-01
Mercaptano de etilo (etanotiol)- VOC	4,38 9E-02	1,69 9E+01	1,14 1E-03	5,99 9E+02	4,828 E-02
Ethilbenzeno - HAP/VOC	1,50 0E-01	3,39 7E+01	2,28 3E-03	1,20 0E+03	1,650 E-01
Dibrometo de etileno - HAP/VOC	5,77	7,38	4,96	2,60	6,348

	1E-05	5E-03	2E-07	8E-01	E-05
Fluorotriclorometano - VOC	3,207E-02	5,613E+00	3,771E-04	1,982E+02	3,528E-02
Hexano - HAP/VOC	1,747E-01	4,874E+01	3,275E-03	1,721E+03	1,922E-01
Sulfato de hidrogênio	3,769E-01	2,659E+02	1,786E-02	9,389E+03	4,145E-01
Mercúrio (total) - HAP	1,787E-05	2,142E-03	1,439E-07	7,563E-02	1,966E-05
Metil-etil-cetona - HAP/VOC	1,573E-01	5,243E+01	3,523E-03	1,852E+03	1,730E-01
Metil-isobutil-cetona - HAP/VOC	5,846E-02	1,403E+01	9,428E-04	4,955E+02	6,430E-02
Metil mercaptano - VOC	3,694E-02	1,846E+01	1,241E-03	6,520E+02	4,064E-02
Pentano - VOC	7,314E-02	2,437E+01	1,637E-03	8,607E+02	8,045E-02
Percloroetileno (tetracloroetileno) - HAP	1,885E-01	2,733E+01	1,836E-03	9,650E+02	2,073E-01
Propano - VOC	1,49	8,12	5,45	2,86	1,639

	0E-01	4E+01	8E-03	9E+03	E-01
t-1,2-Dicloroetano - VOC	8,33 8E-02	2,06 8E+01	1,38 9E-03	7,30 3E+02	9,171 E-02
Tolueno - co-disposição zero ou desconhecida - HAP/VOC	1,10 4E+00	2,88 0E+02	1,93 5E-02	1,01 7E+04	1,214 E+00
Tolueno - co-disposição - HAP/VOC	4,81 1E+00	1,25 5E+03	8,43 6E-02	4,43 4E+04	5,292 E+00
Tricloroetileno (tricloroetano)-HAP/VOC	1,13 0E-01	2,06 8E+01	1,38 9E-03	7,30 3E+02	1,243 E-01
Cloreto de vinilo - HAP/VOC	1,40 1E-01	5,39 1E+01	3,62 2E-03	1,90 4E+03	1,542 E-01
Xilenos - HAP/VOC	3,91 3E-01	8,86 2E+01	5,95 4E-03	3,13 0E+03	4,304 E-01

Figura 1: Gráfico de emissões do aterro em m³/ano fornecido pelo LandGEM©



A pesquisa realizada por Barros et al (2012), determinou vários cenários para estimar a viabilidade do projeto geração de energia por biogás e apresentam uma tabela onde é possível alocar a cidade – ou grupo de cidades – estudada em um desses cenários utilizando a população da mesma.

Tabela 6: Cenários para a simulação de projetos utilizando energia de biogás no Brasil

Table 4
Scenarios for the simulation of LFG energy utilization projects in Brazil.

Population, P_i (inhabitants)	MSW flow (tons/year)	Installed capacity of thermo-electric plant (kW)	Operation time period in the plant		Scenario
			Time (years)	Initial year–final year	
80,000	13,784	100	31	2015–2045	C1
		200	17	2020–2036	C2
		300	3	2029–2031	C3
100,000	17,230	200	22	2018–2039	C4
		300	12	2023–2034	C5
		350	6	2027–2032	C6
200,000	34,460	400	22	2018–2039	C7
		500	17	2020–2036	C8
		600	12	2023–2034	C9
300,000	51,691	700	18	2020–2037	C10
		800	16	2021–2036	C11
		900	12	2023–2034	C12
500,000	86,151	1200	18	2020–2037	C13
		1400	14	2022–2035	C14
		1600	9	2025–2033	C15

Fonte: BARROS, TIAGO FILHO e DA SILVA (2012)

A soma da população estimada para 2036 dos municípios que compõem o ECOTRES é de aproximadamente 239.076 habitantes, encaixando-se assim nos

cenários C7, C8 e C9. Se analisado também o intervalo de tempo, o cenário C7 apresenta-se como o mais adequado.

Conclusão

Consultando as conclusões realizadas no trabalho de Barros et al (2012), nota-se que a viabilidade econômica procurada ocorre em municípios com população a partir de 200.000 habitantes. Sendo assim, é provada a viabilidade da implantação do sistema nos municípios do consórcio ECOTRES.

Agradecimentos

Os autores agradecem a professora orientadora da pesquisa, toda a universidade pelo apoio e incentivo à pesquisa, seus familiares e amigos.

Referências bibliográficas

BARROS, R. M. *Tratado sobre Resíduos Sólidos: Gestão Uso e Sustentabilidade*. Primeira Edição. Rio de Janeiro: Interciência; Minas Gerais: Acta, 2012.

BARROS, R.M.; TIAGO FILHO, G.L.; DA SILVA, T. R. *The electric energy potential of landfill biogás in Brazil*. Universidade Federal de Itajubá: Itajubá, 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Política Nacional de Resíduos Sólidos apresenta resultados em 4 anos*. Disponível em: <www.mma.gov.br/informma/item/10272-pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos-apresenta-resultados-em-4-anos>. Acesso em abril de 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Em dez anos, renda dos mais pobres cresceu 90%*. Disponível em: <www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=15593>. Acesso em abril de 2016.

PAVAN, Margareth de Cássia Oliveira. *Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos: avaliação e diretrizes para tecnologias potencialmente aplicáveis no Brasil*. 186 F. il ; 30 CM. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Energia – EP/FEA/IEE/IF da Universidade de São Paulo.

CAIXETA, Dalma Maria. *Geração de energia elétrica a partir da incineração de lixo urbano: O caso de Campo Grande – MS*, 86 p. 297 mm. Monografia do curso de especialização em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável – Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável. 2005.

ABREU, Fabio Viana de. *Análise de viabilidade técnica e econômica da geração de energia através do biogás de lixo em aterros sanitários*. 177 F.: il. Dissertação de Mestrado – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia Mecânica. 2009.

CONSÓRCIO PÚBLICO INTERMUNICIPAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS – ECOTRES. Categoria: Especificações. Disponível em: < www.ecotres.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=203&Itemid=576 >. Acesso em abril de 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE O MEIO AMBIENTE. *Diagnóstico anual do manejo de resíduos sólidos*. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos> >. Acesso em abril de 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *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*. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. São Paulo. Nov/2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA –IBGE. *Infográficos: Evolução populacional e pirâmide etária.* Disponível em: < cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=31&search=minas-gerais >. Acesso em abril de 2016.