



Resíduos sólidos Urbanos para geração de energia: uma abordagem de reaproveitamento energético apresentada a gestão do município de Angra dos Reis.

**André Luiz Santos¹, Alexandre Luiz Pereira¹, Cintia de F Ferreira Carraro¹,
Carla C A. Loures¹**

¹ Centro Federal de Educação Celso Suckow da Fonseca (andreis@furnas.com.br;
alexluizp@gmail.com; carrarocintia@gmail.com; carla.loures@cefet-rj.br)

Resumo

A quantidade de resíduos gerados em um país está relacionada ao desenvolvimento social e tecnológico. Prevê-se que a taxa de geração de resíduos sólidos municipais aumente para 2,2 bilhões de toneladas por ano até 2025 em todo o mundo. Angra dos Reis é o segundo município mais populoso da região sul fluminense, gera aproximadamente 200 toneladas/dia de RSU. Diante disso, este estudo teve por objetivo apresentar uma alternativa para mitigação dos resíduos sólidos urbanos (RSU) depositados no aterro sanitário de Ariró com ênfase no reaproveitamento energético do biogás gerado no mesmo, associado ao processo termoquímico que utiliza a pirólise lenta a tambor rotativo. O estudo mostrou que a metodologia avaliada apresentou-se ser uma boa alternativa para geração de energia elétrica, obtenção de créditos de carbono e redução das emissões de GEE (gases de efeito estufa) e também por substituir a necessidade de geração de energia a partir de fontes não renováveis, favorecendo a diversificação da matriz energética brasileira.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos. Pirólise lenta. Angra dos Reis.

Área Temática: Resíduos sólidos

Urban solid waste for energy generation: an energy reuse approach presented to the management of the municipality of Angra dos Reis

Abstract

The amount of waste generated in a country is related to social and technological development. It is expected that the rate of municipal solid waste generation increase to 2.2 billion tons a year by 2025 in all over the world. Angra dos Reis is the second most populous municipality in the southern region of Rio de Janeiro, generates approximately 200 tonnes/day of MSW. Therefore, this study aimed to present an alternative to mitigation of urban solid waste (USW) deposited in the landfill of Ariró with emphasis on reuse of biogas energy generated on the same, associated with the thermochemical process that uses the slow pyrolysis rotating drum. The study showed that the methodology evaluated presented himself to be a good alternative for electric power generation, obtaining carbon credits and reduction of GHG emissions (greenhouse gases) and replace the need for power generation from sources not renewable, favoring the diversification of brazilian energy matrix.

Key words: Pyrolysis. Urban solid waste. Angra dos Reis

Theme Area: Solid wastes



1 Introdução

Em todo o mundo, aumento da população juntamente com a migração populacional das áreas rurais para as urbanas e a expansão industrial levam a geração de grandes quantidades de resíduos dificultando as ações e o manejo desses resíduos, os quais muitas vezes são depositados em locais não preparados para recebê-los, como lixões, e podem resultar em graves problemas socioambientais com grande liberação de metano, causador de efeito estufa. (Vitorino, 2017)

Dependendo do desenvolvimento econômico, cultural, tipo de clima e fontes de energia, a composição do RSU varia de um país para outro. Considerando que os países de baixa renda têm a maior proporção de resíduos orgânicos, em países de alta renda, RSU é predominantemente composta por materiais Inorgânicos (Trang, 2017). Um relatório do Banco Mundial estima-se que atualmente são gerados 1,3 bilhões de toneladas de lixo por ano no mundo todo; e até 2025 este montante aumentará para 2,2 bilhões de toneladas por ano. Estes dados mostram a necessidade do uso de adequadas estratégias para tratar a crescente taxa de geração de RSU em todo o mundo (Hoornweg e Bhada-Tata, 2012).

O município de Angra dos Reis é o segundo mais populoso da região sul fluminense com 188.276 habitantes estimados para 2015 ficando atrás de Volta Redonda. Com taxa média de crescimento populacional de 5,40% ao ano, segundo o IBGE o município gera aproximadamente 200 ton/dia de RSU, 4700 ton/mês chegando a 6000 ton/mês na alta temporada (Angra dos Reis, Departamento de serviços públicos). Depositados no aterro sanitário do Ariró a um custo para a gestão municipal de R\$76 milhões, da varrição a destinação final e já está prevista a utilização de uma área total de 24.900 m² pela CTR, Central de Tratamento de Resíduos da Costa Verde, que já tem em mãos a licença ambiental para o desenvolvimento do trabalho até 2020, podendo ser renovada por mais 20 anos (Pançardes, 2015).

As gestões municipais, de Angra dos Reis, ao longo dos anos, encontraram dificuldades e indefinições no manejo e técnicas a serem aplicadas para a destinação final dos RSU. De modo que se estima que o RSU teria começado a ser depositado no distrito do Ariró em 1986, caracterizado com lixão, tendo tomado característica de aterro controlado, sem licença oficial até 2012 e, desde então, tornou-se aterro sanitário denominado Central de Tratamento de Resíduos (CTR). (Angra dos Reis, Departamento de serviços públicos)

A utilização do lixo para geração de energia é algo que vem ganhado força no Brasil e no mundo. A solução apresenta uma série de vantagens, passando pela diversificação da matriz energética do país, cada vez mais necessária, e pela diminuição dos impactos causados pela decomposição do lixo, como a emissão de gases nos aterros sanitários. (EPE, 2012; EPA, 2012)

Diante do exposto, a implementação de uma usina de reaproveitamento energético de RSU no Município de Angra dos Reis, com a tecnologia de pirólise lenta a tambor rotativo se faz necessário para aproveitamento energético em função da sua flexibilidade em relação à composição do RSU minimizando assim esse passivo ambiental.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Panorama Atual de RSU

No cenário nacional, segundo a Abrelpe (2014), os números revelam um total anual de 79,9 milhões de toneladas de RSU gerados e, comparando a quantidade do montante coletado em 2015, que foi de 72,5 milhões de toneladas, indica índice de cobertura de coleta de 90,8% no país, o que leva a cerca de 7,3 milhões de toneladas de resíduos sem coleta e,



consequentemente, com destino impróprio.

Avanços na disposição final ainda não foram suficientes para reduzir o volume total de RSU que são encaminhados para locais inadequados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações. Cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos foram dispostas em lixões e aterros controlados nos municípios brasileiros, uma quantidade que é 1% maior do que o montante registrado em 2014 (ABRELPE, 2015).

Tomando referência ao Estado do Rio de Janeiro, a Tabela 1 nos mostra dados de RSU no ano de 2015.

Tabela 1: Geração e coleta de RSU no Estado do Rio de Janeiro em 2015.

População	RSU gerado (t/dia)	RSU coletado (t/dia)	Disposição Final		
			Aterro Sanitário	Aterro Controlado	Lixão
16.550.024	22.213	21.895	68,6%	21,4%	10%

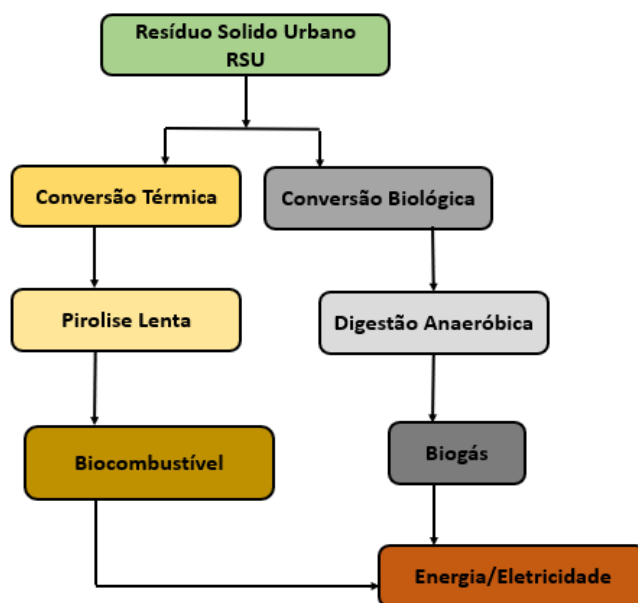
Fonte: (ABRELPE, 2015)

O município de Angra dos Reis gera em torno de 200 ton/dia de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), 4700 ton/mês chegando a 6000 ton/mês na alta temporada, depositando estes no aterro sanitário do Ariró, utilizando uma área total de 24.900 m² pela CTR Costa Verde, com licença ambiental para o desenvolvimento do trabalho até 2020, podendo ser renovada por mais 20 anos (Pançardes, 2015).

2.2 Tecnologias aplicadas no tratamento de resíduos para obtenção de energia

São muitas as tecnologias de aproveitamento energético existentes, mas poucas são as bem estabelecidas e em operação comercial (EPRI, 2011). Apesar de diferentes, as várias tecnologias têm os mesmos objetivos gerais – o gerenciamento dos resíduos sólidos e a geração de energia. As tecnologias de conversão são geralmente divididas em duas categorias: térmicas (combustão, gaseificação, pirólise) e biológicas (digestão anaeróbica e compostagem) (BASTOS, 2013). A Figura 1 mostra apenas as tecnologias propostas nesse trabalho.

Figura 1 – Alguns dos principais processos de recuperação energética



2.2.1 Tecnologias de tratamento biológico

A fração biodegradável do RSU é convertida em combustível conhecido como biogás, que é um gás combustível composto por metano e dióxido de carbono e apresenta um alto potencial para a produção de energia, principal produto do processo anaeróbio (Fricke, 2005).

2.2.1.1 Tecnologias de digestão anaeróbica

As tecnologias de digestão anaeróbica "seca" operam com maior teor de sólidos e produzem maior calor (Andriamanohiarisoamanana et al, 2017). A produção de biogás reduz a quantidade de resíduos minimizando assim, a quantidade de resíduos para serem eliminados nos aterros sanitários. Este biogás geralmente é usado de duas formas distintas tais como, gerar eletricidade e produzir calor em diferentes processos requeridos (Bayard et al, 2010). O calor excedente pode ser utilizado adicionalmente em redes de aquecimento urbano ou em processos industriais (Moyaa et al, 2017).

2.2.2 Tecnologias de tratamento térmico

2.2.2.1 Pirólise

A pirólise é a degradação térmica dos resíduos sólidos na ausência de oxigênio, que requer uma fonte externa de calor para aquecer a matéria e fazer a temperatura variar entre 300 a mais de 1000°C, dependendo dos materiais utilizados no processo. Este processo começa com a decomposição térmica de material orgânico, a 300 ° C, com oxigênio reduzido ou livre de oxigênio, dentro de câmaras aquecidas (Agarwal, 2013; Chamon, 2013). Então, a temperatura aumenta para 800 ° C numa atmosfera não reativa; e os bio-produtos resultantes da pirólise são gases, resíduos líquidos e sólidos, podendo estes serem aprimorados para combustíveis limpos bem como produtos químicos de altos valores. A Tabela 2 apresenta alguns dos bio-produtos com seus respectivos PCIs (Silveira, 2015).

Tabela 2: Bio-Produtos de Pirólise.



Bio- Produto	PCI (MJ/kg)
Carvão	32
Bio-óleo	13 - 18
Gases (syngas)	15 - 20

Fonte: Adaptado de (SILVEIRA, 2015).

Syngas, é o gás produzido durante o processo de pirólise, é composto principalmente de metano, hidrogênio, monóxido de carbono e dióxido de carbono (Zafar. 2014). Algumas vantagens do processo de pirólise são: flexibilidade na instalação do equipamento; a separação de resíduos não é necessária; existem questões ambientais mínimas; Todos os resíduos são utilizados para produzir diferentes bio-produtos; e os gases de síntese produzidos podem ser usados em diferentes aplicações de energia, como motores, caldeiras, células de combustível, turbinas e bombas de calor (Alessandro, 2013). Em resumo, os gases podem ser queimados para produzir energia, e esses gases podem ser condensados para produzir bio-combustível.

Os processos de pirólise utilizados para tratamento de RSU que tiveram sucesso são os que utilizam a pirólise lenta. Uma característica dessa tecnologia é a modularidade, onde é possível atender desde pequenas quantidades de resíduos com populações de 10 a 20.000 habitantes, até grandes quantidades de resíduos gerados, acima de 300.000 habitantes. A Tabela 3 elucida os parâmetros de operação do processo de pirólise lenta (Chamon, 2013).

Tabela 3: Parâmetros operacionais de sistema de Pirólise.

Configuração	Temperatura	Tempo de Residência	Proporções de produtos Obtidos
Lenta	$T > 400^{\circ}\text{C}$	40min - 1h	30% líquidos 35% carbonáceos 35% gases

Fonte: Adaptado de (CHAMON, 2013).

Os tipos de reatores utilizados em processos de pirólise podem ser divididos em diferentes modelos. Para este estudo foi dotado o reator Tambor Rotativo. Na Tabela 4 pode ser observada as condições de operação do referido reator.

Tabela 4: Classificação quanto aos tipos de reatores e condições de operação

Tipo de Reator	Condições de operação
Tambor Rotativo	Temperaturas de operação variam entre 400°C e 850°C e a granulometria do material é da ordem de 50 mm. O reator é aquecido externamente e os resíduos são alimentados em uma das entradas do tambor, que roda lentamente e provoca uma movimentação deles em direção à outra extremidade do reator

Fonte: Adaptado de Chen, 2014

3 Material e Métodos

O aterro sanitário, objeto desse estudo encontra-se localizado no município de Angra dos Reis, região da Costa Verde do estado do Rio de Janeiro conforme a Figura 2.

Figura 2 – Aterro sanitário.



Fonte: Angra News, 2017

Os cálculos efetuados nesse estudo foram realizados com base nos dados obtidos da pesquisa de literatura

3.1 Análise do Potencial de geração de Biogás

A estimativa de geração de biogás do material depositado no aterro controlado remanescente e no aterro sanitário ao longo do tempo, bem como o potencial de transformação energética do RSU gerado diariamente no município, foi utilizado o método de Decaimento de Primeira Ordem I (USEPA, 1997; IPCC, 1996), conforme Equação 1,

$$Q_t = F \cdot R_x \cdot k \cdot L_0 \cdot e^{-k(t-x)} \quad (1)$$

Sendo: QT = metano gerado no ano T [m³/ano]; F = fração de metano no biogás [%]; Rx = quantidade de resíduo depositado no ano x[kg]; k = constante de decaimento [ano-1]; L0 = potencial de geração de biogás [m3 de biogás/kg RSD]; T = ano atual; x = ano de deposição do resíduo.

3.1.1 Fração de metano no biogás (F)

Adota-se a Fração de metano presente no biogás F=0,5 (este valor só pode ser conhecido com uma análise dos gases emitidos, como isso não é possível, foi adotado o valor médio da fração de metano no biogás segundo Persson et al. (2006) que varia de 35 a 65 %.

3.1.2 Quantidade de resíduo depositado no ano (Rx)

O resíduo disposto anualmente (Rx) é variável e depende de fatores como a taxa de crescimento populacional, taxa de RSD produzido por habitante ao ano e da porcentagem de resíduos que é coletada e disposta no aterro, que neste estudo é praticamente a totalidade. A multiplicação de todos esses fatores origina os valores de Rx.

3.1.3 Estimativa da constante de decaimento (K)

A estimativa dessa constante é função de fatores como disponibilidade de nutrientes, pH, temperatura e principalmente umidade. Os valores sugeridos para k podem variar de 0,01 ano-1 a 0,09 ano-1 conforme pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5: Valores sugeridos para k.

Precipitação anual (mm)	Valores para k [ano ⁻¹]		
	Relativamente inerte	Decomposição moderada	Decomposição alta
< 250	0,01	0,02	0,03
> 250 a < 500	0,01	0,03	0,05
> 500 a < 1000	0,02	0,05	0,08
> 1000	0,02	0,06	0,09

Fonte: adaptado de (NECKER, 2013).



Onde, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), o total médio anual de precipitação no município de Angra dos Reis é de 1797 mm.

3.1.4 Parâmetros para Cálculo do potencial de Geração de Metano (CH₄)

O valor de L₀ é dependente da composição do resíduo e da fração de matéria orgânica presente. Segundo MENDES et al. 2005, o valor de L₀ é estimado com base no conteúdo de carbono do resíduo, na fração de carbono biodegradável e num fator de conversão estequiométrico. Valores típicos para esse parâmetro variam de 125 m³ a 310 m³ de tonelada de CH₄/tonelada de resíduo. A Equação 2 calcula o potencial de geração de metano a partir do RSU, apresentada em IPCC (1996).

$$L_0 = \text{FCM} \cdot \text{COD} \cdot \text{COD}_f \cdot F \cdot \frac{16}{12} \quad (2)$$

Sendo: L₀: potencial de geração de metano do lixo [kg de CH₄/kg de RSD]; FCM: fator de correção de metano [%]; COD: carbono orgânico degradável [kg de C/kg de RSD]; COD_f: fração de COD dissociada [%]; F: fração em volume de metano no biogás [%]; (16/12): fator de conversão de carbono em metano [kg de CH₄/kg de C].

O fator de correção de metano (FCM) varia em função do tipo de local. Em função de impasses técnicos, políticos e administrativos das gestões municipais, este estudo caracteriza a área de vazamento de RSU do Ariró como local sem categoria, ou seja. FCM = 0,6.

Para o cálculo do COD foi aplicado à fração de madeira, os percentuais de plásticos (3%), metal (2%) e vidro (2%), totalizando 7%. No caso de têxteis considerou-se 4%. A fração de matéria orgânica, no que tange restos de parques e jardins 11%. Foram tomados os dados da Tabela 6:

Tabela 6: Teor de COD para componentes do lixo.

Componente	Porcentagem COD (em massa)
A- Papel e papelão	40
B- Resíduos vegetais	17
C- Resíduos de alimentos	15
D- Têxteis	40
E- Madeira	30

Fonte: (MENDES et al. 2005).

O cálculo da quantidade de carbono orgânico degradável foi efetuado conforme Equação 3 descrita por Mendes (2005).

$$\text{COD} = (0,4 \times A) + (0,17 \times B) + (0,15 \times C) + (0,4 \times D) + (0,3 \times E) \quad (3)$$

Segundo NECKER, a fração dissociada de carbono orgânico degradável (COD_f), é a fração de carbono que é disponível para a decomposição bioquímica e varia em função da temperatura na zona anaeróbia do aterro sanitário. Assume-se que a temperatura na zona anaeróbia de um local de disposição de resíduos sólidos (LDRS) permanece constante por volta dos 35°C (BIRGEMER E CRUTZEN, 1987). O COD_f pode ser calculada conforme Equação 4 descrita por NECKER, 2013.

$$\text{COD}_f = 0,014 \cdot T + 0,28 \quad (4)$$

Para a fração em volume de metano no biogás [%], foi adotado o valor médio segundo Persson et al. (2006).



3.2 Cálculo do tamanho do aterro

Para o cálculo do tamanho do aterro remanescente considerou-se o ano de 1986 o início da deposição dos RSD. Considera-se um período de 26 anos, de atividades nesta área. Como a geração de RSD é proporcional à sua população, utilizou-se valor para a taxa de crescimento populacional igual a 3,7% ao ano, na década de 80, chegando a 1991 com uma população que ultrapassa a 85,5 mil habitantes (ABEP, CENSO 1991). O cálculo do tamanho do aterro foi realizado utilizando-se da Equação 5 proposta pela USEPA,

$$T = \text{Pop. urb} \times \% \text{coleta} \times \text{Taxa RSD} \times \text{Idade} \times 0,001 \quad (5)$$

Sendo: T: tamanho do LDRS [t]; 0,001: conversão de unidades [t/kg]; Pop.urb: população urbana [habitantes]; Taxa RSD: taxa de geração de resíduos sólidos urbanos [kg de RSD/hab. Ano]; % coleta: taxa de coleta de resíduos [%]; Idade: número de anos em que vem sendo depositado resíduo no LDRS [ano]

3.3. Reaproveitamento Energético por Pirólise Lenta em Tambor Rotativo.

Para estimar o máximo aproveitamento do potencial energético do RSU depositados no aterro remanescente de Airoi foi utilizado a Equação 6 descrita por Moratorio, 2012.

$$P_g = a \times b \times c \times e = \text{MW elétricos} \quad (6)$$

Sendo: Pg: Potencial de geração de energia; a: Quantidades de RSU gerados (kg/dia); b: PCI do RSU (MJ/kg); c: Geração uniforme ao longo do dia {dia /seg.}; e :Fator de conversão de energia química em energia elétrica:

4 Resultados e Discussões

4.1 Análise do Potencial de geração de Biogás

A análise do potencial de geração do Biogás do material depositado no aterro controlado remanescente e no aterro sanitário ao longo do tempo, bem como o potencial de transformação energética do RSU gerado diariamente no município, no que tange ao biogás foi estimada pelas equações 1(Σ = somatório), 2, 3 e 4 dos itens 3.1, 3.1.2; 3.1.3.

4.2 Cálculo do tamanho do aterro

A estimativa do tamanho do aterro foi da ordem de **1.057.748,64 t de RSD**, para tal foi utilizando a Equação 5 do item 3.2 bem como os valores apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Valores para o cálculo do tamanho do aterro.

Parâmetro	Valor
População Urbana Média (1986-2012)	169511 habitantes
% de coleta	96%
Taxa de RSD (Resíduos Sólidos Domésticos)	250 kg de RSD/hab. ano
Idade	26 anos
Tamanho	1.057.748,64 t de RSD

4.3 Parâmetros para Cálculo do potencial de Geração de Metano (CH₄)

A estimativa da quantidade do potencial de geração de metano do lixo (L0), desse



estudo foi da ordem de 72,44 KgCH₄/t RSD ou 107,93Nm³ de CH₄/t RSD, conforme Equação 2 descrita no item 3.1.4. A estimativa de carbono orgânico degradável (*COD*), desse estudo foi da ordem de 235,2 Kg de C/ t de RSD, conforme Equação 3 descrita no item 3.1.4. A estimativa da quantidade da fração dissociada de carbono orgânico degradável (*COD_f*), desse estudo foi da ordem de 0,77, conforme Equação 4 descrita no item 3.1.4.

A quantidade de metano (CH₄) gerada nesse estudo foi da ordem de 132.762,29 m³ CH₄/ ano, sendo calculado através da Equação 1, conforme demonstrada no item 3.1 e dados da Tabela 8 de onde foi possível calcular a estimativa da soma das vazões no ano de T (2012).

Tabela 8: Dados para estimativa de geração de CH₄, aterro remanescente.

Ano de abertura do aterro	Aproximado: 1986
Ano de fechamento do aterro	2012
Tempo aterro fechado gerando biogás	5 (+20 anos)
População atendida pelo aterro	166742 habitantes
Taxa crescimento populacional	3,70% ao ano
Taxa geração resíduos “ <i>per capita</i> ” diária	0,8
Taxa de resíduos coletados depositados em aterro	96%
Constante de decaimento (k)	0,06
Potencial de geração de biogás (L ₀) Nm ³ CH ₄ /t RSD	107,93
Temperatura de digestão anaeróbica	35°C
Fator de conversão de metano (FCM)	0,6
Fração de metano no biogás	50%

4.4 Reaproveitamento Energético por Pirólise Lenta em Tambor Rotativo.

Para as 200 toneladas diárias de RSU geradas no município de Angra dos Reis, foi estimado um potencial de conversão de energia pelo processo de pirólise, adotando um PCI final de 2.275 kcal/kg de RSU da ordem de 19,3 kW/t de energia elétrica ou 10,95 Nm³.h/t de syngás.

5 Conclusões

O estudo mostra que as tecnologias de aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos proposta nesse estudo, possibilitaria expressiva economia ao município com os gastos da máquina administrativa ou equivaleria ao suprimento da demanda de consumo de energia elétrica de boa parte da população, na recuperação do biogás oriundo do aterro sanitário do Ariró, fazendo o uso dessas importantes ferramentas para estratégia de gerenciamento do lixo. Elas evitam a expansão de aterros e a poluição associada à disposição final de resíduos, além de gerarem energia. O uso destas tecnologias possibilitaria, portanto, solução para três problemas hoje existentes: o aumento da produção de lixo, aumento das emissões de GEE (gases de efeito estufa) e a crescente demanda energética.

Referências



ABRELPE [Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais], 2011, Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2011.

ABEP. Associação Brasileira de Estudos Populacionais, São Paulo. Disponível em: <<http://www.abep.nepo.unicamp.br>> Acesso em 20/08/2016, 19:00h.

MORATORIO, D.; ROCCO, I.; CASTELLI, M. **Conversión de Resíduos Sólidos Urbanos en Energía**;. Memorias de Trabajos de Difusión Científica y Técnica, núm. 10 (2012); ISSN 1510 -7450. ISSN (en línea) 1688-9584

ABDELAZIZ, A.E., LEITE, G.B. e HALLENBECK, P.C.; Addressing the challenges for sustainable production of algal biofuels: I. Algal strains and nutrient supply; Environmental Technology, Vol. 34, Nos. 13–14, 1783-1805 2013.

AGARWAL, M.J. TARDIO, AND S. VENKATA MOHAN, "Critical analysis of pyrolysis process with cellulosic based municipal waste as renewable source in energy and technical perspective," Bioresource Technology, vol. 147, pp. 361-368, November 2013.

ANDRIAMANOHIARISOAMANANA, F. J., N. MATSUNAMI, T. YAMASHIRO, M. IWASAKI, I. IHARA, AND K. UMETSU, "High-solids anaerobic monodigestion of riverbank grass under thermophilic conditions," Journal of Environmental Sciences, vol. 52, pp. 29-38, 2// 2017.

BAYARD, R. J. DE ARAÚJO MORAIS, G. DUCOM, F. ACHOUR, M. ROUEZ, AND R. GOURDON, "Assessment of the effectiveness of an industrial unit of mechanical–biological treatment of municipal solid waste," Journal of Hazardous Materials, vol. 175, pp. 23-32, March 15 2010

BRASIL. 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 2010– MMA (www.mma.gov.br).

. BRUNO QUARESMA BASTOS. TECNOLOGIAS DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

D’ALESSANDRO, B. M. D’AMICO, U. DESIDERI, AND F. FANTOZZI, "The IPRP (Integrated Pyrolysis Regenerated Plant) technology: From concept to demonstration," Applied Energy, vol. 101, pp. 423-431, January 2013.

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS FROM UK. (2014, May 27). Advanced Biological Treatment of Municipal Solid Waste. Available: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/284612/pb14130-energy-waste-201402.pdf

DIEGO MOYAA, CLAY ALDÁSB, GERMÁNICO LÓPEZA, PRASAD KAPARAJUC. Municipal solid waste as a valuable renewable energy resource: a worldwide opportunity of energy recovery by using Waste-ToEnergy Technologies. Energy Procedia Vol.134, pp.286–295, 5-7 July 2017 .

EPA [United States Environmental Protection Agency], 2012, "Resource Conservation and Recovery: A Guide to Developing and Implementing Greenhouse Gas Reduction Programs". Disponível em



<<http://www.epa.gov/statelocalclimate/documents/pdf/ResourceConservGuide.pdf>>. Acesso em 18 de Agosto de 2017, 21:20.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética], 2012, Plano Decenal de Expansão de Energia 2021, Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 2012.

EPRI [Electric Power Research Institute], 2011, "Waste-to-Energy Technology: Opportunities for Expanding Renewable Generation & Reducing Carbon Emissions

FRICKE, K.. H. SANTEN, AND R. WALLMANN, "Comparison of selected aerobic and anaerobic procedures for MSW treatment," Waste Management, vol. 25, pp. 799-810, October 2005.

HOORNWEG, D AND P. BHADA-TATA, "What a waste: a global review of solid waste management," 2012.

IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change], 2006, "Waste Generation, Composition and Management Data". In: IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol.5, chapter 2, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Disponível em: < <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>, Volume 5. Acesso em 14 de Agosto de 2017, 20:47.

MENDES, LUIZ GUSTAVO GALHARDO ET AL; SOBRINHO, P. M. Periódico: Métodos de estimativa de geração de biogás em aterro sanitário. Universidade Estadual Paulista – UNESP – SP – 2005. Disponível em:< <http://revistas.unitau.br/ojs-2.2/index.php/exatas/article/viewFile/358/480>>.

PANÇARDES, LUCIANO R. PARLAMENTARES e INEA visitam o aterro sanitário do Ariró. A Voz da Cidade. 10 abr. 2015. Disponível em:<<http://avozdacidade.com/site/noticias/meio-ambiente/41854>>. Acesso em: 22 out. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ANGRA DOS REIS (Município). Departamento de Serviços Públicos (24 3377 4402).

SILVEIRA, P. D. Avaliação do potencial da pirólise de Resíduos Sólidos urbanos como processamento termoquímico para recuperação de matéria e energia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina Curso Superior de Engenharia Ambiental, 2015.

TRANG, P. T. T. H. Q. DONG, D. Q. TOAN, N. T. X. HANH, AND N. T. THU, "The Effects of Socio-economic Factors on Household Solid Waste Generation and Composition: A Case Study in Thu Dau Mot, Vietnam," Energy Procedia, vol. 107, pp. 253-258, 2// 2017

VITORINO DE SOUZA MELARÉ.A., S. MONTENEGRO GONZÁLEZ, K. FACELI, AND V. CASADEI, "Technologies and decision support systems to aid solid-waste management: a systematic review," Waste Management, vol. 59, pp. 567-584, 1// 2017.

ZAFAR, S. Overview of Biomass Pyrolysis. Available: <http://www.bioenergyconsult.com/tag/biofuels/> (2014, May 28).