

Potencial de aproveitamento energético de biomassa residual

Italo Tadeu Machado¹, Waldir Nagel Schirmer¹, Camilo Bastos Ribeiro¹, Matheus Vitor Diniz Gueri²

¹Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, PPGB – Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, Irati-PR

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGB – Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, Cascavel-PR

E-mail: italo.tadeu2010@hotmail.com, wanash@hotmail.com, cb_ambiental@hotmail.com, guerieng@gmail.com

Resumo: Esta pesquisa apresenta os principais tipos de biomassa residual proveniente dos mais diversos setores da economia. Foi realizado um levantamento teórico, informando sobre o uso energético da biomassa e suas características, o potencial de conversão em energia, bem como as rotas utilizadas para tais conversões.

Palavras-chave: Biomassa residual; Rotas de conversão; Potencial energético

Energetic Utilization Potential of Residual Biomass

Abstract: This research presents the main types of residual biomass from the most diverse sectors of the economy. A theoretical survey was carried out, describing the energy use of the residual biomass, the characteristics of each residue, the potential of energy conversion, as well as the routes used for such conversions.

Key words: Residual Biomass; Conversion routes; Energetic potential

Introdução

A bioenergia é a energia derivada da conversão da biomassa, podendo ser utilizada diretamente como combustível ou processada a combustíveis líquidos e gasosos (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2015a).

Como fonte energética renovável, a biomassa e seus resíduos têm se destacado no mundo inteiro. A biomassa pode ser definida como,

“todo material orgânico, não fóssil, que tenha conteúdo de energia química no seu interior, o que inclui todas as vegetações aquáticas ou terrestres, árvores, biomassa virgem, lixo orgânico, resíduos de agricultura, esterco de animais e outros tipos de restos industriais. A biomassa de madeira inclui todo o material da árvore: tronco, ramos, folhas, casca e raízes.” (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2011).

A biomassa pode ser de origem florestal, agrícola ou de resíduos florestais e agrícolas. É fonte primária, quando o material é utilizado para fins energéticos sem processamento e, de fonte secundária, quando derivada de processo de industrialização agrícola ou de madeira (PANOUTSOU, 2011).

A biomassa residual pode ser um recurso energético potencial de baixo custo para aproveitamento energético e, ao mesmo tempo, contribuir para a redução do impacto ambiental, uma vez que se evita a destinação de resíduos para aterros industriais.

Resíduos Florestais

Em 2013, a área plantada com árvores no Brasil atingiu 7,6 milhões de hectares, crescimento de 2,8% em relação ao ano de 2012, sendo que os plantios de árvores de eucalipto representaram 72,0% desse total e as árvores de pinus, 20,7% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, 2014).

O cultivo de biomassa florestal para fins energéticos apresenta algumas vantagens em relação ao cultivo de herbáceas, pois as árvores estocam carbono por mais tempo, tanto na própria árvore, quanto no solo, podem crescer em solos inclinados e toleram ampla faixa de solos e hidrologia (DAVIS; HAY; PIERCE, 2014).

A utilização da biomassa de madeira é sustentável quando proveniente de fontes renováveis, ou seja, de florestas plantadas, ao invés de processo extrativista de madeira, onde não há compromisso ambiental e de sustentabilidade (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2011).

As principais fontes de bioenergia renovável são de origem florestal e de plantios dedicadas à produção energética (ROSILLO-CALLE, 2004).

Os resíduos florestais são definidos como galhos e ramos de folhagens, de desbaste, de árvores caídas ou de corte das árvores (RESSOURCES NATURELLES DU CANADA, 2015).

A quantidade de biomassa de resíduos florestais é proporcional à idade da árvore, quanto maior a idade, maior a produção de galhos e produção de folhas e copa. O sistema de manejo e as práticas silviculturais também influenciam no aumento da produtividade florestal, juntamente com a idade da árvore (BRAND et al., 2014).

Os resíduos florestais podem ser originados de desbastes de árvores, onde a árvore inteira é cortada e cominuída por máquinas deixando a biomassa pronta para transporte e consumo. Outra fonte de resíduos florestais são sistemas integrados, em que a árvore é cortada para fabricação de celulose, fabricação de placas de madeira “*medium density fiberboard*” (MDF), ou destinada às serrarias de madeira. As pontas de árvores e galhos são moídos para utilização como biomassa (VAN LOO e KOPPEJAN, 2008).

No setor industrial de processamento mecânico da madeira, são considerados subprodutos de origem florestal, a serragem, o cepilho e a lenha, originados do processo de serras e plainas, ou de maiores dimensões como costaneiras, aparas, cascas e outros, são originados de serrarias de beneficiamento de madeira. Também outros resíduos são gerados na indústria de laminados, compensados e placas, utilizados pela indústria moveleira (COUTO et al., 2004).

Os resíduos celulósicos podem ser reutilizados energeticamente para geração de calor ou eletricidade em grupos geradores ou termoeletricas (QUIRINO, 2003, apud RAMOS; TRUGUILHO; NAPOLI, 2011). Sendo assim, os resíduos florestais como troncos, cascas, galhos e folhas, seja de florestas plantadas para fins industriais de fabricação de papel e celulose ou para fins energéticos e os resíduos de outros processos madeireiros como indústria de serrarias e movelarias, podem ser utilizados energeticamente.

No Brasil, por sua característica de alta produtividade de florestas plantadas e de produtos agroindustriais, produz-se grande quantidade de biomassa residual decorrente destas atividades. Espera-se que haja aumento da utilização de biomassa moderna, por meio da produção de biocombustíveis derivados de materiais lignocelulósicos, como a produção de biogás e bioetanol a partir de resíduos agroindustriais, conduzindo ao aumento da sustentabilidade energética nos setores industrial e agrícola.

Resíduos Agroindustriais

Um dos principais resíduos agroindustriais é proveniente da indústria do álcool, a vinhaça residual do processo de destilação.

A vinhaça residual da destilação de álcool de cana-de-açúcar é um líquido de cor marrom escuro, de natureza ácido, que sai da bica de destilação à temperatura de 107°C e apresenta cheiro desagradável pela decomposição da matéria orgânica (SALOMON et al., 2012).

Embora a vinhaça seja aproveitada como adubo de solo nas culturas canavieiras, a biodigestão anaeróbica da vinhaça é uma das alternativas para seu aproveitamento (GRANATO et al., 2002).

A geração de energia elétrica a partir da combustão de biogás, produzido pela fermentação da vinhaça, é interessante do ponto de vista econômico e ambiental, devido a três pontos: tratamento do resíduo, produção de biogás para geração de eletricidade e utilização do resíduo do biodigestor como fertilizante para aplicação nas lavouras (AVACI et al., 2012).

O bagaço e a palha de cana destacam-se entre os cultivos agrícolas, sendo aproveitados para combustão em caldeiras para gerar energia nas usinas, além do excedente energético ter a possibilidade de ser acrescido ao sistema elétrico (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2015b). Esta é uma forma de reaproveitamento importante, uma vez que um hectare de cana gera em média, 26,56 toneladas de palha de cana-de-açúcar (RIPOLI et al., 2004).

As termoelétricas que utilizam biomassa podem utilizar outras opções de combustíveis, dentre eles o bagaço e a palha da cana-de-açúcar (palhiço), que são fontes importantes para geração de energia no setor sucroalcooleiro (FLORENTINO et al., 2005). Além dos resíduos provenientes da cultura da cana-de-açúcar, a grande maioria das culturas agroindustriais brasileiras gera biomassa residual, que pode ser utilizada como fonte de energia tais como casca de arroz, casca de castanhas, coco da bahia, coco de babaçu e dendê.

O crescimento acelerado da produção de proteínas animais no país tem aumentado o volume de biomassa residual, acompanhando a produção agropecuária, especialmente para o sistema de manejo que envolve espaços restritos, como quase a totalidade dos suínos e aves que abastecem as indústrias (BLEY JR. et al., 2009). Decorre a necessidade de destinação adequada de subprodutos de origem animal, originários de atividades agropecuárias.

Subprodutos de Origem Animal

Os subprodutos de origem animal são gorduras provenientes do abate e industrialização de carnes e derivados e, dejetos da produção animal.

As gorduras animais e óleos vegetais, pela sua alta viscosidade, devem ser aquecidos para utilização direta nos motores a diesel (LIMA, 2004).

A melhor opção para aproximar as características físicas e químicas do diesel mineral é o biodiesel, que consiste de ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, esterificados com álcoois de cadeia curta. Os ésteres de ácidos graxos metílicos são mais utilizados que os ésteres de ácidos graxos etílicos devido ao preço do metanol, com exceção do Brasil, onde é mais viável a utilização do etanol. Embora, atualmente, a maior parte de lipídios ainda é usada para alimentação humana (80%), alimentação animal (5%) e para fins industriais (15%), espera-se que o uso industrial de lipídios para suprimento de energia será crescente no futuro próximo (SOETAERT; VANDAMME, 2009).

A poluição causada pelos resíduos pecuários pode provocar danos ao próprio animal, ao homem que trabalha no sistema produtivo e ao meio ambiente como um todo, uma vez que pode ser a causa de doenças nos animais e no homem ocasionando prejuízo ao próprio empreendimento (HARDOIM; GONÇALVES, 2003, apud UTENBERG; AFONSO; PEREIRA, 2013).

Há várias técnicas para o tratamento de dejetos animais; os processos físicos compreendem a separação de sólidos por decantação, peneiramento, centrifugação ou separação química. Os processos de tratamento biológicos podem ser aeróbicos, onde a microbiologia se desenvolve em lagoas aeradas por aeradores que promovem a difusão do oxigênio do ar no efluente; processos anaeróbicos, quando não há aeração desenvolvendo as bactérias anaeróbicas; ou por processos facultativos, onde ocorrem aerobiose e anaerobiose na mesma lagoa de tratamento. No processo anaeróbio, há formação de metano, favorecendo instalação de biodigestores para aproveitamento do biogás e o lodo residual pode ser utilizado no cultivo de peixes (OLIVEIRA, 1983).

Resíduos Sólidos Urbanos e Aterros

A atividade humana gera resíduos sólidos, que precisam ser descartados por não ter mais utilidade. Entretanto, a maior parte dos resíduos sólidos pode ser reutilizada como fonte de matéria-prima para produção industrial ou geração de energia, se tratados adequadamente (TCHOBANOGLIOUS e KREITH, 2002).

Os resíduos sólidos urbanos são gerados pela atividade humana concentrada nos centros urbanos, que enfrentam problemas com a disposição e gestão dos resíduos.

O número de habitantes influencia na quantidade de resíduo gerado per capita dos centros urbanos. A quantidade de resíduo gerada por uma população de até 100 mil habitantes é de 0,4 kg de resíduos sólidos urbanos por habitante, por dia (kg RSU/hab.dia) e para uma população de mais de 1 milhão de habitantes é de 0,7 kg RSU/hab.dia (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010).

Alguns estudos indicam que os resíduos sólidos de aterros podem gerar biogás para captação do metano para geração de calor e eletricidade, no entanto, a maior parte do metano de aterros sanitários é emitida para a atmosfera.

A biodegradação completa de uma tonelada seca de biomassa de aterros pode gerar até 200 Nm³ de metano, contudo, uma estimativa conservadora seria a geração de 50 Nm³ de metano por tonelada de RSU de aterros (THEMELIS e ULLOA, 2007).

A estimativa de geração de energia elétrica, com o aproveitamento do biogás gerado no aterro sanitário de Foz do Iguaçu, Paraná, é equivalente a 0,86 MW (LUCAS; MARAN; FRARE, 2010).

O potencial de produção de biogás de lixívia do aterro sanitário do Teerã é de 18 m³ de metano por m³ de lixívia. Uma planta com vazão de 1.400 m³/d de lixívia, produziria 29.897 m³/d de biogás, cuja combustão em moto-gerador produziria 1,8 MWh. De acordo com os autores, o investimento no moto-gerador apresentaria retorno em 1,3 anos (ABDOLI et al., 2012).

Assim, o biogás gerado em aterros sanitários apresenta potencial de aproveitamento energético, contribuindo para redução do impacto ambiental e da dependência de fonte de energia fóssil.

Quando o resíduo sólido é originado de processo industrial, o aterro é dito industrial. Assim, resíduos de indústria alimentícia, frigoríficos, tintas, fábricas de papel e celulose, são destinados a aterros industriais. Por ser um processo com base em produtos de madeira, um dos resíduos gerados no processo de fabricação de papel e celulose é o resíduo de biomassa celulósica.

Aproveitamento de energia de biomassa

A energia de biomassa é aproveitada de duas formas principais: a tradicional, pela combustão direta de lenha, cavacos, resíduos florestais e resíduos agroindustriais, e a moderna, por conversão em rotas térmicas ou bioquímicas, para geração de gás ou biocombustíveis sólidos ou líquidos.

Os processos de conversão de biomassa são classificados em quatro rotas:

- combustão direta, ou queima da biomassa para produzir gases quentes para geração de vapor, aquecimento direto, ou cogeração de energia elétrica,
- rotas de conversão termoquímica, que inclui a carbonização (torrefação) para produção de carvão, a gaseificação para produção do “syngas” (mistura de CO e H₂) e liquefação para produção de bioóleo,
- rotas de conversão físico-química, que inclui a prensagem e extração, para produção de óleo vegetal, metanol e amônia e a transesterificação, para produção do biodiesel,
- rotas de conversão bioquímica, que inclui fermentação alcoólica para produção do bioetanol e fermentação anaeróbica para produção de biogás (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

A Figura 1 apresenta as tecnologias de conversão de biomassa em fontes de energia secundária.

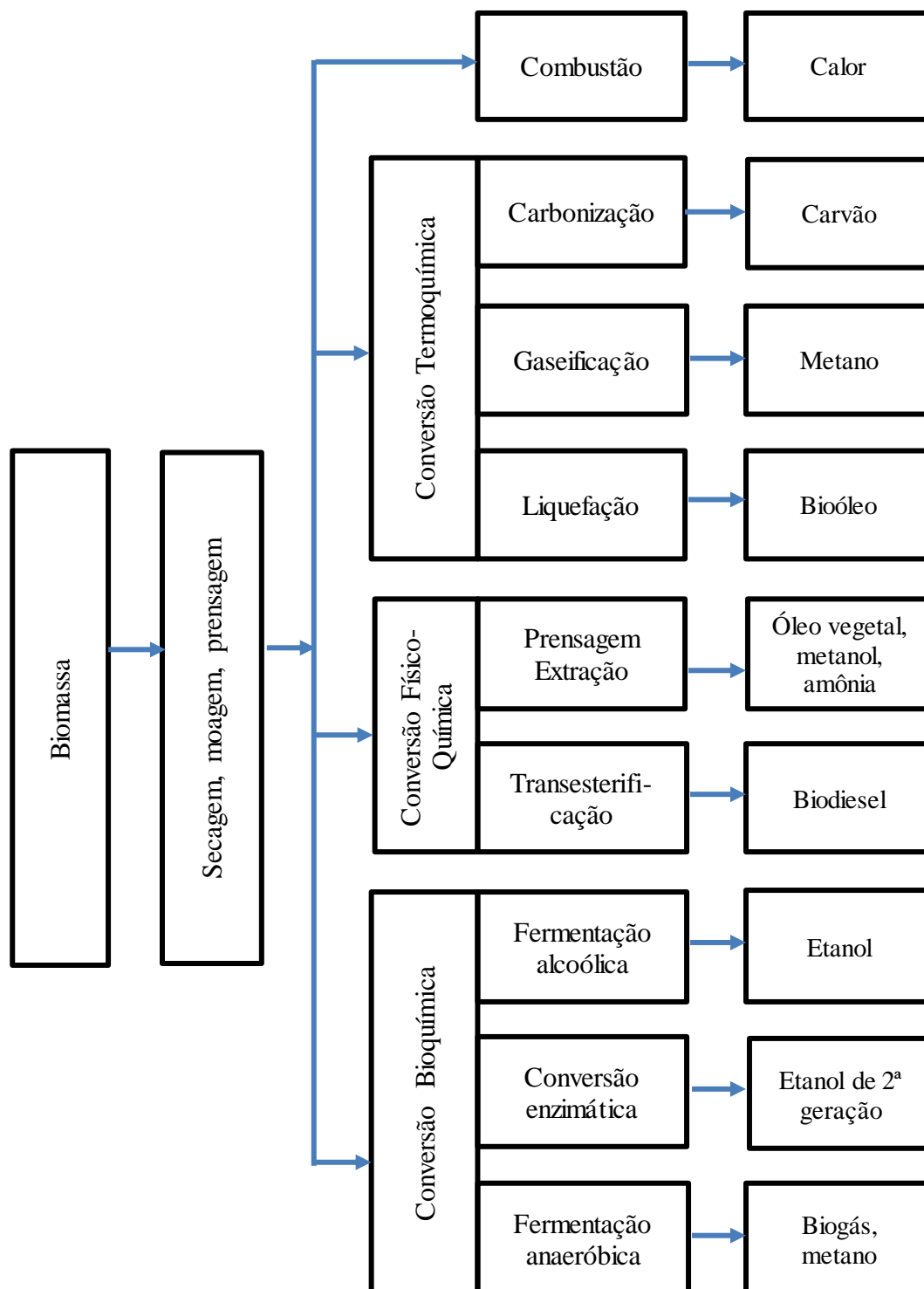


Figura 1. Tecnologias de conversão de biomassa em fontes de energia secundária (adaptado de DEUBLEIN e STEINHAUSER, 2008).

Os fatores que influenciam na escolha do processo de conversão da biomassa são tipo e quantidade de biomassa, a forma de energia desejada, os requisitos do produto final

como exigências ambientais, fatores econômicos e fatores específicos de projeto (McKENDRY, 2001).

Considerações finais

Os dados da literatura confirmam as vantagens ambientais do aproveitamento energético dos diferentes tipos de resíduos de biomassa. A grande maioria dos impactos ambientais relevantes são reduzidos quando da conversão de tais resíduos em energia. Assim, sob o ponto de vista ambiental, a utilização de rotas de conversão de biomassa residual em energia se torna um fator muito interessante, tendo em vista os trabalhos científicos já disponíveis.

Referências

ABDOLI, M. A.; KARBASSI, A. R.; SAMIEE-ZAFARGHANDI, R.; RASHIDI, ZH.; GITIPOUR, S.; PAZOKI, M. Electricity generation from leacheate treatment plant. **International Journal of Environmental Research**. Tehran, IRAN. 6 (2), p. 493 – 498, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. Disponível em: http://www.bracelpa.org.br/shared/iba_2014_pt.pdf. Acesso em: 10/02/2015.

AVACI, A. B.; CHAVES, L. I.; GASPARIN, E.; RODRIGUES, A.; ROSA, H. A. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica a partir da vinhaça. **Acta Iguazu**, v.1, n. 2, p. 80 – 93, Cascavel, 2012.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia. **BNDES Setorial 33, Papel e Celulose**, p. 261-314, 03/2011. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Energia/201103_08.html>. Acesso em: 30/08/2014

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia. **BNDES Setorial 33, Papel e Celulose**, p. 261-314, 03/2011. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Energia/201103_08.html>. Acesso em: 30/08/2014

BRAND, M. A.; STAHELIN, T. S. F.; FERREIRA, J. C.; NEVES, M .D. Produção de biomassa para geração de energia em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes idades. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.2, p. 353-360, 2014.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares 2009**. Inventário CETESB: São Paulo, 177 p.,

2010. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/publicacoes-e-relatorios/1-publicacoes/-relatorios>. Acesso em: 24/01/15.

COUTO, L. C.; COUTO, L.; WATZLAWICK, L. F.; CÂMARA, D. Vias de valorização energética da biomassa. **Biomassa e Energia**, v.1, n. 1, p. 71 – 92, 2004.

DAVIS, S.C.; HAY, W.; PIERCE, J. **Biomass in the energy industry: an introduction**. Published by BP p.l.c., London, United Kingdom, 2014. Disponível em: <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/.../ESC_biomass_handbook.pdf>. Acesso em 20/08/2015.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from waste and renewable resources: An introduction. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2008. 443p.

FLORENTINO, H. O.; RANGEL, S.; BAPTISTA, E. C. Técnicas de otimização no processo de aproveitamento do palhico da cana-de-açúcar para geração de energia. **Biomassa e Energia**, v. 2, n. 4, p. 285-292, 2005.

BLEY JR, C.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2ª ed. rev. Foz do Iguaçu, PR. Brasília: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, TechnoPolitik Editora, 2009. 140 p.

Granato, E.F. e Silva, C.L. (2002) - **Geração de energia elétrica a partir do resíduo de vinhaça**. Encontro Energia no Meio Rural, vol. 4, p. 1-6

HARDOIM, P. C.; GONCALVES, A. D. M. A. Avaliação do potencial do emprego do biogás nos equipamentos utilizados em sistemas de produção de leite. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., Campinas, 2000, apud UTENBERG B. L; AFONSO, E. R.; PEREIRA, A. S. C. **Manejo de dejetos em confinamento de bovinos de corte**. In: III SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE E CIÊNCIA ANIMAL. Pirassununga, SP, 2013.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Key world energy statistics. 2014**. Disponível em:<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2014.pdf>. Acesso em: 11/01/2015a.

LIMA, P. C. R. **O biodiesel e a inclusão social**. Consultoria Legislativa. Câmara dos Deputados, Brasília, Março 2004.

LUCAS, J. F. R.; MARAN, M. A.; FRARE L. M. **Proposta de aproveitamento do biogás gerado no aterro sanitário de Foz do Iguaçu - PR**. In: XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Foz do Iguaçu, 2010. Disponível em: www.foz.unioeste.br/~lamat/publicbiogas/biogascobeq2010.pdf. Acesso em: 16/05/2015.

McKENDRY, P. Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 47-54, 2002.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Balanco energético nacional 2014: Ano-base**

2013. Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatório_Final_BEN_2014.pdf. Acesso em: 05/01/2015b.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia. EMBRAPA-CNPQA, 1983. 188 p.

PANOUTSOU, C. Supply of solid biofuels: Potential feedstocks, cost and sustainability issues in EU27. In: GRAMMELIS, P. (Editor) **Solid biofuels for energy - a lower greenhouse gas alternative**. Greece: Springer-Verlag London Limited, 2011. Cap. 01, p.1-20.

QUIRINO, W. F. Utilização energética de resíduos vegetais. Brasília: LPF/IBAMA, 2003. 14 p. In: RAMOS e PAULA, L. E.; TRUGUILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 237-246, abr./jun. 2011.

RESSOURCES NATURELLES DU CANADA - RNA. Glossaire: R. Gouvernement du Canada. Disponível em: <http://scf.rncan.gc.ca/termes/explorer/R>. Acesso em 31/07/2015.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente, 2ª ed. Piracicaba. Edição dos autores, 2004. 302 p. Disponível em: <http://www.usp.br/green/downloads/12%20-%20Tomaz%20Caetano%20Canndvan%20Ripoli.pdf>. Acesso em 20/08/2015.

ROSILLO-CALLE, F. A brief account of Brazil's biomass energy potential. **Biomassa e Energia**, v.1, n.3, p. 225-236, 2004.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S.; ROCHA, M. H.; LEME, M. M. V. Biocombustíveis de primeira geração: biogás. In: LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J. **Biocombustíveis**. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2012. p. 312-358.

SOETAERT, W.; VANDAMME, E. J. **Biofuels**. New Delhi, India. Ed. Wiley, 2009, 257 p.

TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. **Handbook of solid waste management**. USA, Ed. McGrawHill Handbooks, 2002, 834 p.

THEMELIS, N. J.; ULLOA, P. A. Methane generation in landfills. **Renewable Energy**, v. 32 (7):1 243-1 257, 2007.

VAN LOO, S.; KOPPEJAN, J. **The handbook of biomass combustion and co-firing**. London, UK, Ed. Eartscan, 2008, 398 p.

Recebido para publicação em: 16/11/2016

Aceito para publicação em: 18/11/2016