

APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ANÁLISE DAS POLITICAS PUBLICAS

ENERGETIC USE OF URBAN SOLID WASTE: ANALYSIS OF PUBLIC POLICIES

ANNY KEY DE SOUZA MENDONÇA, Dra. | UFSC

ANTONIO CEZAR BORNIA, Dr. | UFSC

RESUMO

A geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos urbanos é uma realidade no Brasil, embora ainda pouco representativa. Os resíduos sólidos urbanos são em geral encaminhados para aterros sanitários, aterros controlados e muitas vezes encaminhados a lixões a céu aberto sem nenhum monitoramento, controle ou aproveitamento.

Este artigo tem como objetivo levantar o potencial das usinas de geração de energia elétrica com resíduos sólidos urbanos no Brasil e das políticas públicas voltada ao seu aproveitamento energético. O aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos se insere dentro das questões estratégicas de desenvolvimento sustentável, já que visa encontrar soluções ambientalmente seguras, socialmente adequadas e economicamente viáveis e eficientes para sua destinação e aproveitamento. Os resultados da pesquisa mostram que muitos municípios foram impulsionados pela implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, através da Lei nº 12.305/2010, e implantaram aterros sanitários para a destinação final dos resíduos urbanos, além de criar cooperativas de reciclagem, bem como, em muitos municípios e capitais, se faz o gerenciamento e aproveitamento energético dos resíduos urbanos.

PALAVRAS CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos; Geração de Energia elétrica; Políticas Públicas.

ABSTRACT

The generation of electric energy from urban solid waste is a reality in Brazil, although still little representative. Urban solid wastes are often sent to landfills, controlled landfills, and often sent to open-air dumps without any monitoring, control or exploration. This article aims to raise the potential of electric power generation plants with urban solid waste in Brazil and public policies aimed at their energy use. The energy use of urban solid waste is part of the strategic issues of sustainable development, since it aims to find environmentally safe, socially adequate and economically viable and efficient solutions for its destination and use. The results of the survey show that many municipalities were driven by the implementation of the National Solid Waste Policy, through Law 12305/2010, and implemented sanitary landfills for the final disposal of municipal waste, as well as creating recycling cooperatives, as well as many municipalities and capitals, it is the management and energy use of urban waste.

KEY WORDS: Urban Solid Waste; Electricity Generation; Public Policies.



1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas verificou-se um aumento acentuado da população mundial, com um acelerado processo de urbanização das cidades. Na década de 1990, a população mundial era de 5,3 bilhões de habitantes, em 2019, de aproximadamente 7,7 bilhões, com previsão de alcançar a marca de 9,7 bilhões de habitantes em 2050 (WORLDMETERS, 2019).

Um aumento populacional também foi fortemente observado no Brasil. Estima-se que a população brasileira em 2019 seja de aproximadamente 212 milhões de habitantes, com previsão de chegar ao montante de 232 milhões em 2050 (WORLDMETERS, 2019). De acordo com estimativas oficiais de 2016, a maior parte da população brasileira, cerca de 84% vive nas cidades (RIBEIRO, 2016).

Com todo esse aumento populacional, um aumento da demanda por energia elétrica também ocorreu e incentivou vários países a buscarem diferentes soluções tecnológicas para a geração de energia elétrica. O setor de energia vem ganhando espaço com a inserção de energias renováveis da matriz energética mundial. A energia eólica apresenta-se como a fonte de energia mais barata entre as novas tecnologias, e a energia solar fotovoltaica atingiu a paridade de rede em muitos países (REN21, 2017).

O desenvolvimento da energia eólica e solar fotovoltaica, tem sido notável e seu sucesso ganhou atenção mundial, tornando-se sinônimo de “energias renováveis” (REN21, 2017). No entanto, para alcançar 100% de sistemas renováveis, uma combinação de diferentes fontes de energia se fará necessário. Entre elas, encontram-se as hidrelétricas, as geotérmicas, a energia de mares e a biomassa.

No Brasil, a energia de biomassa, foco desta pesquisa, vem se desenvolvendo e ganhando cada vez mais espaço na matriz energética brasileira, sendo a quarta fonte de energia mais utilizada (ANEEL, 2019b). Porém, sua participação ainda é pequena na matriz energética, sendo contabilizado em conjunto com o biocombustível do bagaço de cana de açúcar, do capim elefante, da casca de arroz, do etanol, do licor negro, dos resíduos florestais, do biogás de resíduos animais, do biogás de resíduos sólidos urbanos entre outros.

O Brasil, com um crescimento populacional em torno de 0,75% entre 2016 e 2017 (ABRELPE, 2018), somados ao aumento nos padrões de consumo ocorridos nos últimos anos, apresentou um aumento de consumo de bens e consequentemente da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU).

Todo resíduo sólido urbano produzido, precisa ser gerenciado de forma adequada para não causar poluição ambiental e danos à saúde da população. Entretanto, sua destinação apresenta-se com um dos principais problemas e desafios enfrentados pelos municípios, que ficam

responsáveis por gerenciar os resíduos, bem como, de encontrar soluções ambientalmente responsáveis, socialmente seguras e tecnologicamente eficientes para a grande quantidade de resíduos produzidos pela população.

Em 2017, o país produziu aproximadamente 214.9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia, o equivalente a 377 kg por habitante ano, representando um aumento de 1% em relação a 2016. Deste total, 59% de resíduos sólidos urbanos foram encaminhados para aterros sanitários, sendo que mais de 40% foram destinados a locais inapropriados como lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2018).

De acordo com (GOMES, 2010; OKOT-OKUMU & NYENJE, 2011) o aterramento dos resíduos sólidos urbanos provocam num futuro próximo, uma fonte de contaminação pelo processo de decomposição anaeróbica dos resíduos, bem como o surgimento de dióxido de carbono e metano que provocam o aquecimento global.

No Brasil, a legislação que trata dos RSU é a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A PNRS no seu artigo 9º estabelece que na gestão e gerenciamentos de resíduos sólidos, devem ser observadas a seguintes exigências: não geração de resíduos, sua redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e a disposição final dos rejeitos em locais ambientalmente adequados e no mesmo artigo, inciso § 1º, é previsto a utilização de tecnologias visando a recuperação energética dos resíduos (BRASIL, 2010). Vale ressaltar que a disposição final dos resíduos sólidos é estabelecida por lei e que deveriam estar implantados em todas as cidades no território nacional até o final de 2014, sob pena de aplicação da Lei 9.605/98 de Crimes Ambientais, regulamentada pelo Decreto nº 6.514/08. No entanto, tendo em vista o grande percentual de inadequação de resíduos sólidos em lixões e aterros controlados como mostra a Figura 01, os governos municipais terão que percorrer um longo caminho com grandes desafios a superar.

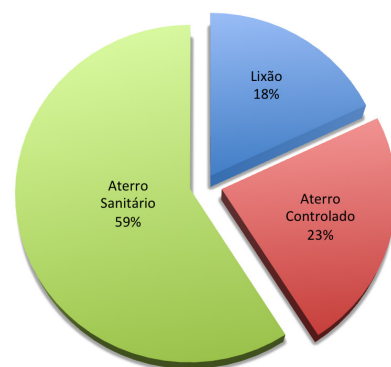


Figura 1 – Disposição final dos resíduos sólidos urbanos em tonelada ano. Fonte: (ABRELPE, 2018).

A geração de resíduos sólidos e sua destinação são intrínsecos ao crescimento populacional, produzem emissões de gases que provocam o efeito estufa, e agravam as mudanças climáticas.

De acordo com (BRASIL, 2010), Resíduos sólidos urbanos são classificados como resíduos domésticos gerados em áreas urbanas. Com o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos, a vida útil dos aterros sanitários, tem diminuído e provocado impactos ambientais (ROCHA, 2012).

Os resíduos sólidos urbanos são ricos em matéria orgânica, e de acordo com (MURARA, 2016), cerca de 50 à 60% destes resíduos ofereceriam oportunidades na geração de energia elétrica por meio do aproveitamento do biogás, em vez da solução normalmente verificada, que é a disposição em aterros sanitários, aterros controlados e ou lixões. Porque, não aproveitar os resíduos sólidos urbanos para gerar energia elétrica?

Nesse contexto, esta pesquisa investiga as políticas públicas para o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos e levanta o potencial energético a partir destes resíduos já em desenvolvimento no Brasil.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste artigo, utilizou-se a pesquisa exploratória-descritiva, utilizando-se do procedimento de pesquisa bibliográfica e documental para coleta de dados.

A pesquisa bibliográfica, fundamentou o desenvolvimento do referencial teórico, porque as informações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa são provenientes da literatura científica e técnica disponíveis em materiais públicos como artigos, manuais, livros, na Constituição Federal e legislação complementar.

A pesquisa documental baseou-se em diferentes documentos e envolveu análise de dados secundárias. A partir do levantamento de dados do potencial energético brasileiro de resíduos sólidos urbanos coletados no Banco de informações de geração – BIG da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e de políticas públicas de resíduos sólidos para o aproveitamento energético disponíveis por instituições públicas como o Ministério de Minas e Energia - MMA, pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE, em relatório governamentais e materiais constitucionais e legais, bem como na plataforma Google, analisa-se a evolução da geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos, e adota como critério de análise o método qualitativo. A base de dados utilizada no portal de periódicos Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, foi a Web of Science, por ser multidisciplinar e amplamente utilizada para a pesquisa de literatura

científica e indexar os periódicos mais importantes e citados em suas respectivas áreas (AGHAEI Chadegani et al., 2013). Como critério de busca, utilizou-se as seguintes palavras chaves: Resíduos Sólidos Urbanos, Geração de Energia elétrica, Políticas Públicas.

3. RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduos sólidos são definidos com material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, nos estados sólido ou semissólido, (BRASIL, 2010).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da Norma Brasileira nº 10.004 (ABNT, 2004), os resíduos sólidos são definidos como aqueles nos estados sólido e semissólido, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Na norma NBR 10.004, os resíduos sólidos dividem-se em três grupos, descritos na Tabela 01.

Resíduos Classe I (Perigosos)	Classificados como resíduos ou mistura que apresentam risco à saúde pública e ou, ao meio ambiente, possuindo características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, ou patogenicidade.
Resíduos Classe II A (Não perigosos e não inertes)	São classificados com resíduos que não apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, contudo, podem apresentar propriedade de biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água, existindo a possibilidade de haver reação com o meio ambiente, e possíveis riscos de poluição.
Resíduos Classe II B (Não perigoso e inerte)	São classificados com resíduos que não tem algum constituinte solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade da água.

Tabela 1 – Classificação dos resíduos sólidos.

Fonte: (ABNT, 2004).

Seguindo um conceito definido na década de 1990 pelo programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que consiste na aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada para processos, produtos e serviços para aumentar sua eficiência, principalmente em relação a geração de resíduos, um dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos consiste em incentivar a gestão de resíduos sólidos, observada a priorização apresentada na Figura 02.

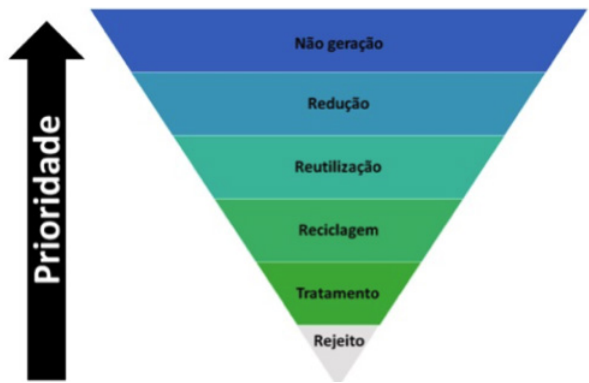


Figura 2 – Prioridades na gestão de resíduos sólidos
Fonte: (CAMPOS, MELLO Filho, & CARVALHO, 2015).

- Não geração: realizar a atividade produtiva sem que ocorram perdas ao longo do processo e demais atividades que o suportam.
- Reduzir: buscar a otimização e maximização da eficiência de processo quanto ao uso de maquinário, matérias primas, desenvolvimento de novas tecnologias, de forma a gerar a menor quantidade possível de resíduos.
- Reutilizar: identificar e buscar alternativas para viabilizar técnica e economicamente o uso de refugos e perdas no próprio processo ou em outro, tanto do ponto de vista mássico quanto energético.
- Reciclar: identificar, buscar alternativas para viabilizar técnica e economicamente o tratamento de refugos, perdas em processos, embalagens, transformando-os em insumos ou novos produtos;
- Outros tratamentos: aplicação de técnicas, tais como: compostagem, recuperação, aproveitamento energético, entre outras admitidas pelos órgãos competentes.
- Disposição final ambientalmente adequada: destinação de rejeitos em aterro, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e minimizar os impactos ambientais adversos.

Embora o Brasil tenha vários marcos legais para incentivar a disposição final de resíduos sólidos em locais adequados, segundo a (ABRELPE, 2018) 29,6 % dos resíduos sólidos produzidos no Brasil não foram coletados em 2018. Os resíduos não coletados, certamente tiveram uma destinação final inadequada, como por exemplo, serem queimados, encaminhados a aterros controlados, lixões ou encaminhados a terrenos baldios. Entretanto, nos 70,4 % dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil, não se pode dizer que os resíduos coletados tiveram uma destinação adequada, pois 40,9 % desses resíduos ainda tem uma destinação inadequada (lixões e aterros controlados).

Os lixões são a maneira mais inadequada de todos os meios possíveis para disposição final de resíduos sólidos, e infelizmente, muito comum. Esses espaços funcionam como depósitos de resíduos sólidos, sem que seja feita coleta seletiva ou um preparo adequado. Os resíduos são simplesmente jogados em grandes terrenos a céu aberto. Outras formas de descarte de resíduos sólidos autorizados pelo governo, são os aterros sanitários, aterros controlados e a incineração. Os aterros controlados podem ser classificados como uma categoria intermediária entre lixões e aterros sanitários, apresentando uma qualidade inferior ao aterro sanitário, podendo contaminar o meio ambiente. A incineração, é o processo de queima de resíduos sólidos em usinas, pode representar uma solução para diminuir o volume de lixo, mas há o enorme risco de poluição do ar com a emissão de gases tóxicos. Nos aterros sanitários, a princípio, há normas a serem seguidas para que haja menos danos ao meio ambiente. Geralmente, são construídos em locais mais afastados das cidades, para que haja maior cuidado com os riscos de poluição. Estes cenários trazem consequências ambientais como a poluição do ar, do solo e dos recursos hídricos, afetando a saúde da população.

A Figura 03 apresenta o volume de geração e coleta dos resíduos sólidos por região do país. Observe que na região Norte do país com seus 450 municípios geraram a quantidade de 15.634 toneladas/dia de RSU em 2017, sendo que aproximadamente 81% foram coletados. Já a região Nordeste com seus 1.794 municípios geraram 55.492 toneladas/dia com aproximadamente 79% dos RSU coletados. As regiões Centro-Oeste com 467 municípios, Sudeste com 1.668 e Sul com 1.191 municípios, geraram respectivamente na mesma ordem 15.519, 105.794 e 22.429 toneladas dia de RSU, das quais aproximadamente 92, 98 e 95% dos resíduos foram coletados (ABRELPE, 2018). Nestas regiões, a geração e a coleta de resíduos são próximos, no entanto a coleta dos resíduos ainda não é 100%.

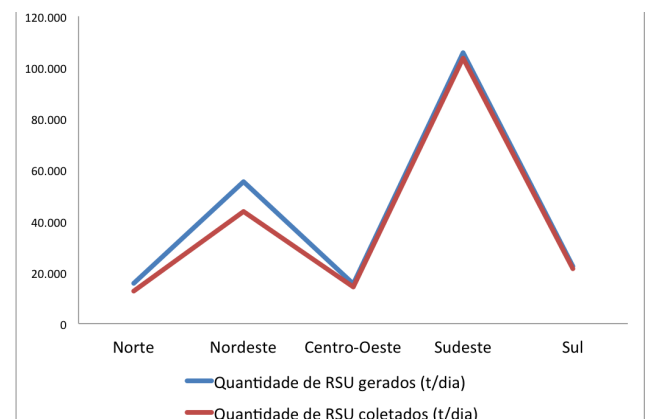


Figura 3 – Volume da geração e coleta dos resíduos sólidos por região no país em 2017
Fonte: Adaptado de (ABRALPE, 2018).

4. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Os aspectos relacionados a estrutura, que reúne um conjunto significativo de marcos legais - normas, leis, práticas e iniciativas locais de limpeza urbana, principalmente da gestão dos resíduos sólidos no Brasil, são definidos na Política Nacional de Saneamento Básico, e na Lei nº 11.445, de 2007, onde os resíduos sólidos devem integrar os planos municipais de saneamento básico (PNSB), na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e na Lei nº 12.305, de 2010, ficando sob a coordenação do Ministério das Cidades a responsabilidade pela elaboração Plano Nacional de Saneamento Básico. Os principais marcos legais para gestão de resíduos sólidos são apresentados na Figura 04.



Figura 4 – Marcos legais para a gestão de RSU
 Fonte: Elaborado pelos autores

A principal lei é a Lei nº. 12.305/2010, que estabelece uma série de instrumentos voltados à obtenção dos objetivos nela determinados, dentre os quais (MILARÉ, 2011) destaca os Planos de Resíduos Sólidos, conforme apresentado no Tabela 02:

PLANOS	CARACTERÍSTICAS
Plano Nacional de Resíduos Sólidos;	- elaborado pela União sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente; - vigência: prazo indeterminado; - atualização: a cada 4 (quatro) anos.
Planos Estaduais de Resíduos Sólidos	- gestão no espaço territorial de cada Estado; - vigência: prazo indeterminado; - atualização: a cada 4 (quatro) anos.

Planos Microrregionais de Resíduos Sólidos e os Planos de Resíduos Sólidos de Regiões Metropolitanas ou Aglomerações Urbanas	- elaboração e implementação pelos Estados com a participação obrigatória dos Municípios; - estabelecer soluções integradas para a coleta seletiva, a recuperação e a reciclagem, o tratamento e a destinação final dos resíduos sólidos urbanos.
Planos Intermunicipais de Resíduos Sólidos	- consórcio entre municípios para gestão dos resíduos sólidos;
Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	- atualização: concomitante com a elaboração dos planos plurianuais municipais; - pode ser inserido no plano de saneamento básico; - condição necessária para o Distrito Federal e os municípios terem acesso aos recursos da União;
Planos de gerenciamento de resíduos sólidos	- ações exercidas nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada.

Tabela 2 – Planos de resíduos sólidos urbanos

Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2010; MILARÉ, 2011).

Outro objetivo, diz respeito a gestão integrada de resíduos sólidos (artigo 3º, inciso XI), que trata de um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010). Dentre o conjunto de ações a ser considerado na gestão integrada de resíduos sólidos, o desenvolvimento sustentável apresenta-se como um importante princípio.

De acordo com (BRASIL, 2010) no seu artigo 3 inciso XIII, os padrões sustentáveis de produção e consumo, são definidos como a produção e consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A disposição final dos resíduos sólidos no mundo, tem se apresentado de forma diferenciada. Nos países mais desenvolvidos como Estados Unidos, Japão e grande parte da União Europeia, o gerenciamento dos resíduos sólidos estão muito à frente, quando comparados com países em desenvolvimento.

De acordo com (ABRELPE, 2011), nestes países a gestão dos resíduos sólidos envolvem três fases como apresentado a seguir:

- Na primeira fase, ocorreu na década de 60 onde os lixões existentes foram transformados em aterros sanitários e uma grande parte dos resíduos passou a ser incinerados. No entanto, como não existia política para restringir à geração de resíduos, ocorreu um crescimento expressivo no seu volume.
- Na segunda fase em meados de 1970, foram criadas metas prioritárias para a reutilização e reciclagem dos materiais. Com a exploração da reciclagem, o consumo dos recursos naturais e o volume dos resíduos a serem dispostos, apresentou um crescimento mais lento. Já no final da década de 80, novas prioridades em relação à gestão de resíduos sólidos foram estabelecidas, e surgiu a classificação dos três R (Reduzir, Reutilizar, Reciclar), que vigora hoje no Brasil.
- Na terceira fase, os países mais desenvolvidos buscam a redução do volume de resíduos no início do processo produtivo, até mesmo nos projetos de bens de forma a simplificar a reutilização e a reciclagem. As principais diretrizes a seguir são: evitar ou, nos casos em que não for possível, diminuir a geração de resíduos; reutilizar ou, quando não for possível, reciclar resíduos; utilizar a energia contida nos resíduos; e tornar inertes os resíduos antes da disposição final.

Na Tabela 03 e na Figura 05, são apresentados os principais equipamentos utilizados em uma usina de recuperação energética instalada na União Europeia, bem como o diagrama esquemático dos fornecedores de resíduos sólidos para fornecedores de energia.

Equipamentos	
1	Local de Recebimento de RSU
2	Poço de Armazenamento de RSU
3	Ponte Rolante de RSU
4	Moega de Alimentação
5	Alimentador da Grelha
6	Grelha de Incineração
7	Fornalha
8	Transportador / Peneira de Cinzas
9	Extrator de Cinzas de Fundo
10	Peneira Vibratória
11	Talha de Cinzas de Fundo
12	Poço de Armazenamento Auxiliar
13	Ar de Combustão Primário

14	Ar de Combustão Secundário + Sistema de Abatimento de NOx
15	Caldeira de Recuperação de Calor
16	Transportador de Cinzas de Caldeira
17	Reator de Tratamento de Gases de Combustão
18	Transportador de Resíduos do Tratamento de Gases de Combustão
19	Silo de Cinzas de Caldeira e Resíduos do Tratamento de Gases de Combustão
20	Estação de Carregamento de Cinzas e Resíduos
21	Ensacamento de Cinzas e Resíduos
22	Lavador de Gases
23	Filtro de Mangas
24	Ventilador de Tiragem Induzida
25	Chaminé
26	Aerocondensador
27	Tanque de Água de Alimentação
28	Planta de Tratamento de Água (Desmineralização)
29	Turbina / Gerador
30	Sala de Controle

Tabela 3 - Principais equipamentos de uma usina de recuperação energética instalada na Europa. Fonte: (ABRALPE, 2011, p.15).

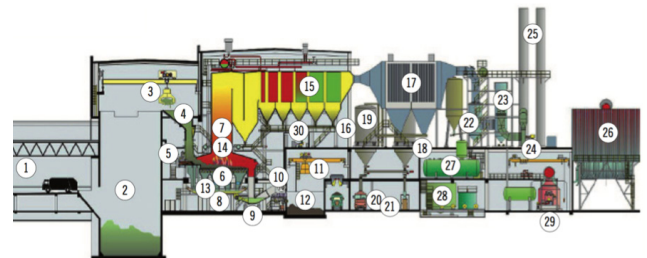


Figura 5 - Diagrama esquemático de uma usina de recuperação energética Europeia. Fonte: (ABRALPE, 2011, p.15).

Nos países em desenvolvimento, como por exemplo os da América Latina, a gestão de resíduos sólidos encontram-se em posições intermediárias, entre a primeira e a segunda fase dos verificados nos países mais desenvolvidos. Com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei nº 12.305/10, o Brasil está enfrentado um desafio quando nos referimos a adequada destinação final dos resíduos sólidos, de forma a seguir a tendência mundial.

O Brasil possui 7.428 empreendimentos de geração de energia elétrica em operação, totalizando 163.848,441 KW de potência instalada (ANEEL, 2019a). No entanto, a bioenergia a partir da Biomassa, ainda é um produto que tem uma participação pequena na matriz energética brasileira, sendo contabilizado em conjunto com outros

biocombustíveis tais como o bagaço de cana de açúcar, o capim elefante, a casca de arroz, o etanol, o óleos vegetais, o carvão vegetal, o gás de alto forno, a lenha, o licor negro, os resíduos florestais, o biogás de resíduos animais, o biogás de resíduos urbanos e o carvão de resíduos urbanos. A Figura 06 apresenta a matriz energética brasileira. Observa-se que a geração de energia elétrica por meio da bioenergia – Biomassa, representa 8.596 KW de capacidade instalada (ANEEL, 2019b).

Quase todas as capitais brasileiras possuem como destino final de resíduos sólidos urbanos o aterro sanitário, bem como possuem cooperativas de reciclagem. A região Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil são as regiões com maior índice de cobertura da coleta de RSU, respectivamente com 95, 98 e 92% (ABRELPE, 2018). No entanto, como mostra a Tabela 04, somente oito estados brasileiros possuem aproveitamento de biogás.

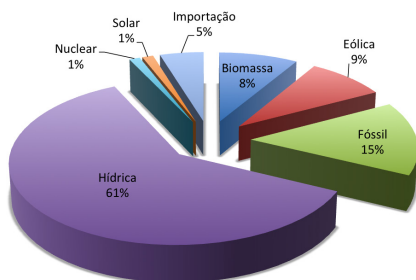


Figura 6 – Matriz energética brasileira
 Fonte: (ANEEL, 2019b)

Estado	Capitais	Tratamento	Disposição final	Tem cooperativa de Reciclagem	Tem aproveitamento de Biogás na Capital	Tem aproveitamento de Biogás no Estado
NORTE	Belém	Reciclagem, Coleta seletiva	Utiliza o aterro sanitário de Marituba (da empresa Guamá Resíduos sólidos)	Sim	Não	Não
	Manaus	Coleta seletiva, reciclagem e compostagem	Aterro de Manaus			
	Boa Vista	Coleta seletiva, reciclagem	Lixões - apenas a cidade de Bonfim possui aterro sanitário			
	Macapá	Coleta seletiva, reciclagem	Aterro sanitário de Macapá			
	Palmas	Coleta seletiva, reciclagem e compostagem	Aterro Sanitário de Palmas			
	Porto Velho	Coleta seletiva, reciclagem	Lixões - Aterro sanitário somente nas cidades de Ariquemes; Cacoal e em Vilhena			
	Rio Branco	Coleta seletiva, reciclagem e compostagem	Unidade de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos (UTRE)			
NOR-DESTE	São Luís	Coleta seletiva, reciclagem	Central de Tratamento de Resíduos Titara (municípios de Rosário)	Sim	Não	Não
	Teresina	Coleta seletiva, reciclagem	Aterro de Teresina	Sim	Não	

	Fortaleza	Coleta seletiva, reciclagem	Aterro Sanitário Municipal Oeste de Caucaia (Asmoc)	Sim	Não	Não
	Natal	Coleta seletiva, reciclagem	Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos – ETRSU, localizada junto a área das cooperativas de catadores de materiais recicláveis de Natal	Sim	Não	
	Recife	Coleta seletiva, reciclagem	Aterro da Muribeca (localizado no município de Jaboatão dos Guararapes)	Sim		
	João Pessoa	Coleta seletiva, reciclagem e compostagem	Aterro Sanitário da Região Metropolitana	Sim	Sim	
	Aracaju	Coleta seletiva, reciclagem	Lixões e CPSBRS - Consórcio Público de Saneamento Básico e Resíduos Sólido	Sim	Não	
	Maceió	Coleta seletiva, reciclagem e compostagem	Aterro sanitário de Maceió	Sim	Não	
	Salvador	Coleta seletiva, reciclagem e compostagem	Aterro Metropolitano Centro e Aterro controlado de Canabrava	Sim	Sim	
CENTRO-OESTE	Brasília	Reciclagem, compostagem, coleta seletiva e usinas de tratamento de lixo	Aterro do Jóquei	Sim	Não	Não
SUDESTE	Belo Horizonte	Reciclagem, compostagem, coleta seletiva	Aterro - Centro de Tratamento em Resíduos Macaúbas em Sabará	Sim	Sim	Sim
	São Paulo	Coleta seletiva, reciclagem e compostagem	Aterros privados Centro de Disposição de Resíduos - CDR Pedreira (Estre Ambiental) e a Central de Tratamento de Resíduos - CTR Caieiras (Essencis),	Sim	Sim	
	Rio de Janeiro	Coleta seletiva, reciclagem e compostagem	Sanitário Gericinó e Aterro Sanitário Seropédica	Sim	Não	
	Vitória	Coleta seletiva, reciclagem e compostagem	Aterro Sanitário de Cariacica	Sim	Não	
SUL	Curitiba	Coleta seletiva, Reciclagem	Aterro - Centro de Gerenciamento de Resíduos Iguazu em Fazenda Rio Grande	Sim	Não	Não
	Florianópolis	Coleta seletiva, reciclagem e compostagem	Aterro na cidade de Biguaçu			
	Porto Alegre	Coleta seletiva, reciclagem e compostagem	Aterro - Central de Resíduos Recreio			

Tabela 4 – Gestão de resíduos sólidos nas capitais brasileiras
Fonte: Elaborado pelos autores baseados em dados da (ABRELPE, 2018).

A biogás para geração de energia elétrica, pode ser utilizada de diferentes maneiras. (HOOGWIJK et al., 2003), classificam bioenergia em resíduos:

- primários - aqueles produzidos na agricultura e silvicultura;
- secundários - os resíduos gerados durante o processo produtivo, indústrias de alimentos, bebidas, papéis e etc.;

• terciários – por meio de resíduos resultantes dos pós-
 -uso dos resíduos secundários e correspondem a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos.

Os resíduos sólidos urbanos representam na matriz energética brasileira 137.735 KW de potência total provenientes de 21 usinas. A Tabela 05, apresenta as usinas de geração de energia com resíduos sólidos urbanos em operação no Brasil.

Usina	Data operação	Potência total (KW)	Proprietário	Município/UF
Energ-Biog	18-12-2002	0.030	Biomass Users Network do Brasil	Barueri – SP
São João Biogás	27-03-2008	21.560	São João Energia Ambiental S.A	São Paulo – SP
Asja BH	01-08-2008	1.424	Consortio Horizonte Asja	Belo Horizonte -MG
Arrudas	16-12-2009	2.400	Companhia de Saneamento de Minas Gerais	Belo Horizonte -MG
Salvador	22-12-2010	19.730	Termoverde Salvador S.A	Salvador - BA
Ambient	14-03-2011	1.500	Ambient Serviços Ambientais de Ribeirão Preto S.A	Ribeirão Preto - SP
Uberlândia	01-12-2011	2.852	Energias Geração de Energia Ltda	Uberlândia-MG
Itajaí Biogás	01-02-2013	1.065	Itajaí Biogás e Energia S.A.	Itajaí –SC
Centro Tec. Usinaverde	06-05-2013	0.440	Usinaverde S.A.	Rio de Janeiro - RJ
CTR Juiz de Fora	01-08-2013	4.278	Valorgas - Energia e Biogas LTDA	Juiz de Fora - MG
Guatapar	29-08-2014	5.704	Guatapar Energia S.A.	Guatapar – SP
Bandeirantes	03-11-2014	4.624	Biogas Energia Ambiental S.A	São Paulo – SP
Biotérmica Recreio	24-06-2015	8.556	Biotérmica Energia S.A	Minas do Leão - RS
Tecipar	30-10-2015	4.278	Tecipar Engenharia e Meio Ambiente LTDA	Santana de Parnaíba - SP
Termoverde Caieiras	15-07-2016	29.547	Termoverde Caieiras Ltda	Caieiras - SP
Asja Sabará	30-06-2017	7.130	ASJA Sabara Serviços Para O Meio Ambiente S/A	Sabará - MG
Tremembé	15-05-2018	4.278	SPE Tremembe Energia Ltda	Tremembé - SP
PCT Barueri Biogás	-	2.601	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	Carapicuíba - SP
Novagerar	-	4.000	Novagerar Eco-Energia Ltda	Nova Iguaçu - RJ
Asja João Pessoa		3.180	ASJA Paraíba Serviços Ambientais Spe Ltda	João Pessoa - PB
Total		137.733		

Tabela 5 – Usinas de geração de energia com resíduos sólidos urbanos em operação no Brasil
 Fonte: Adaptado de (ANEEL, 2019c).

Note que São Paulo é o estado que tem o maior número de usinas de biogás de resíduos sólidos urbanos instalada, contabilizando 9 usinas com 74.122 KW de potência fiscalizada, seguida pelo estado Bahia e Minas Gerais com respectivas 9 usinas e 19.730 KW de potência fiscalizada e 5 usinas com 18.085 KW de potência fiscalizada, como mostra a Figura 07.

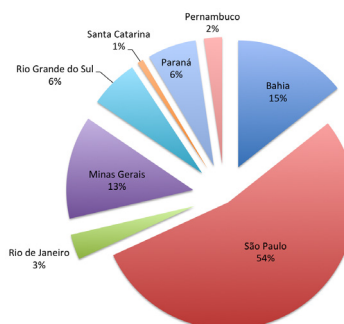


Figura 7 – Usinas de Biogás de Resíduos Sólidos Urbanos instaladas por Estado.
 Fonte: (ANEEL, 2019c).

A Lei nº 12.305/10 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, procura organizar a forma com que o país lida com o lixo e exige dos setores públicos e privados transparência no gerenciamento de seus resíduos. Alguns dos objetivos da PNRS é o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluindo a recuperação e o aproveitamento energético. A Figura 08, apresenta algumas considerações em relação a implementação da PNRS.

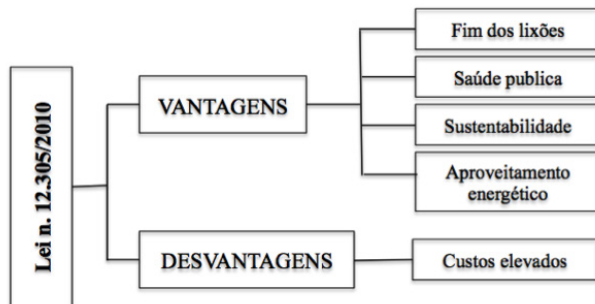


Figura 8 – Considerações sobre a implantação da PNRS
 Fonte: Elaborado pelos autores.

O PNRS, tem informações importantes para permitir o avanço necessário no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos, possui instruções para estimular na população consumidora, bem como nas empresas, uma diminuição do consumo de matérias-primas e uma consciência mais sustentável. Verificou-se também, medidas seguras e padronizadas dentro do processo de recolhimento e reciclagem de lixo, não havendo necessidade da presença de pessoas nos lixões, reduzindo o risco de contaminações.

Estimulados pelo PNRS, alguns estados brasileiros criaram suas políticas independentes. Os respectivos plano estadual de resíduos sólidos e as datas da publicação são apresentados no Tabela 6.

Região	Estado	Plano Estadual de Resíduos Sólidos	ANO
NORTE	Acre	PEGIRS/AC	2012
NORDESTE	Rio Grande do Norte	PEGIRS/RN	2012
	Pernambuco	PERS/PE	2012
	Maranhão	PEGRS/MA	2012

CENTRO-OESTE	Goiás	PERS/GO	2017
SUDESTE	Rio de Janeiro	PERS/RJ	2013
	São Paulo	PERS/SP	2014
SUL	Santa Catarina	PERS/SC	2014
	Rio Grande do Sul	PERS/RS	2014
	Paraná	PEGIRSU/PR	2013

Tabela 6 – Políticas Estaduais de Resíduos Sólidos.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Os estados que não estão classificados na Tabela 05, não possuem política estadual de resíduos sólidos. A Política Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo - PERS/SP, é anterior à PNRS nacional, tendo sido instituída pela Lei Estadual n. 12.300, de 16 de março de 2006, e regulamentada pelo Decreto Estadual n. 54.645 de 5 agosto de 2009, a partir de um processo que se iniciou em 1998. O processo de validação do documento pela sociedade foi feito por consultas e audiências públicas em 2014 (PERS/SP, 2014). Na Tabela 7, é apresentada a quantidade de municípios por estados brasileiros com algum tipo de disposição final de resíduos sólidos adotada.

Disposição Final	Total Brasil 2017	Regiões Brasileiras				
		Norte	Nordeste	Centro Oeste	Sudeste	Sul
Aterro Sanitário	2.218	90	449	159	817	703
Aterro Controlado	1.742	108	484	159	634	357
Lixão	1.610	252	861	149	217	131
Brasil	5.570	450	1.794	467	1.668	1.191

Tabela 7 – Panorama da quantidade de municípios por tipo de disposição final de resíduos sólidos.
 Fonte: Adaptado da (ABRELPE, 2018).

Observa-se na Tabela 7, que o Nordeste é a região com maior número de municípios com disposição final de resíduos sólidos, seguido pela região Sudestes com 1.668 municípios e pelo Sul com 1.191. No entanto, note que no Nordeste, em 861 municípios o destino dos resíduos são os lixões (destinos inadequados), já no Sudeste e Sul do país, 817 e 703 municípios respectivamente o destino dos resíduos são os Aterros Sanitários. A disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil é apresentada na Figura 09.

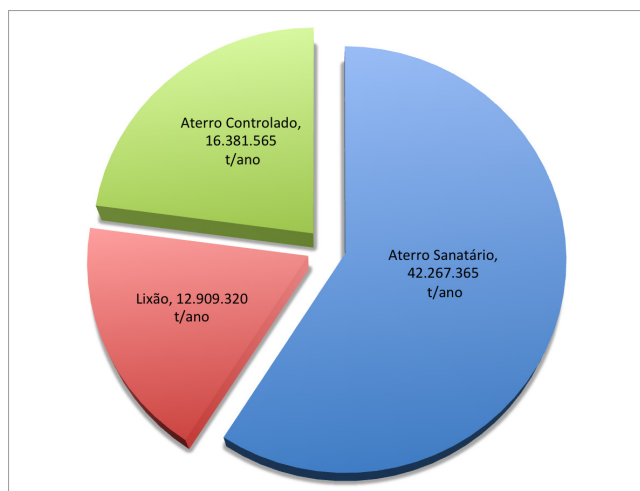


Figura 9 – Disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil.
 Fonte: (ABRELPE, 2018).

Note que mais de 29 mil toneladas por ano de resíduos sólidos tem como disposição final lixões e aterros controlados, representando destino final inadequado.

Um importante instrumento que poderia diminuir os resíduos depositados em locais inadequados é o Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos (SIBR). O SIBR é a união de diversas bolsas de resíduos existentes no Brasil em um único sistema virtual. O Sistema Integrado é patrocinado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) que tem como meta a viabilidade do instrumento em escala regional e a sua expansão para outros estados do país. A bolsa de resíduos, tem como objetivo a negociação de resíduos entre indústrias, por meio de compra, venda, troca ou doação, visando agregar valores aos resíduos transformando-os em matéria-prima ou insumo na fabricação de produtos. Empresas instaladas no país ou de outros países, podem participar do programa bolsa de resíduos,

desde que possua representante autorizado (SIBR, 2018). Na Tabela 8 é apresentado algumas bolsas de resíduos em funcionamento no Brasil.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo demonstrou que a geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos vem desempenhando-se como uma alternativa viável, ao desenvolvimento sustentável por meio de iniciativas tecnológicas de alguns estados brasileiros. Com uma prática adequada para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos, todos os estados poderiam aproveitar este recurso em abundância para gerar eletricidade, além de reaproveitar materiais e viabilizar a criação de emprego, renda e inclusão social. As ações desenvolvidas na gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios e pelos estados, colocam os mesmos em evidência, servindo como referência para outros municípios. Foi possível observar que grande parte dos estados brasileiros possuem como destinação final dos resíduos sólidos urbanos o aterro sanitário, além de possuírem coleta seletiva e cooperativas de reciclagem. Também foi possível observar que em muitos municípios e capitais, o aproveitamento energético dos resíduos sólidos é uma realidade. A implantação de aterros sanitários adequados, estações de triagem, coleta seletiva, incineradores, e incentivos governamentais para todos os estados, incentivariam a iniciativa pública e privada a investir em projetos para o desenvolvimento dessa fonte. O desenvolvimento energético dos resíduos sólidos urbanos podem trazer inúmeros benefícios aos estados e a população em geral como, geração de emprego, substituição de combustíveis fósseis, mitigação de gases que provocam as mudanças climáticas, adequado sistema sanitário e o uso de transferência de tecnologia.

Bolsa de Resíduos	Empresas cadastradas	Início de atividade	Estado	Endereço eletrônico
SIBR - Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos (SIBR, 2018)	7.234	-	Confederação Nacional da Indústria (CNI) e das Federações das Indústrias da BAHIA, GOIÁS, MINAS GERAIS, PARÁ, PARANÁ, PERNAMBUCO E SERGIPE.	http://www.sibr.com.br/sibr/index_bolsa.jsp
BRFIESC - Bolsa de Resíduos do Sistema FIESC (BRFIESC, 2018)	2.107	2004	Bolsa de Resíduos do Sistema FIESC, Santa Catarina	http://brfiesc.com.br/bolsa-de-residuos/o-que-e-a-brfiesc
FIRJAN – Bolsa de Resíduos (FIRJAN, 2018)	-	-	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro	https://bolsaderesiduos.firjan.com.br
FIESP - Bolsa de Resíduos, Negócio e Meio Ambiente (FIESP, 2018)	-	2002	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, São Paulo	https://apps.fiesp.com.br/bolsa/index2.asp

FIEMS – Bolsa de Resíduos (FIEMS, 2019)	-	-	Federação das Indústrias do Estado de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul	http://www2.fiems.com.br/bolsaderesiduos
FIERGS - Bolsa de Resíduos (FIERGS, 2018)	-	2017	Federação das Indústrias do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul	https://www.fiergs.org.br/pt-br/tags/bolsa-de-recicláveis
FIEC – Bolsa de Resíduos e Negócios (FIEC, 2018)	-	2001	Mantido pelo Instituto Euvaldo Lodi - Ceará (IEL/CE)	http://www.sfiec.org.br/bolsaresiduos
FIEMG – Bolsa de Resíduos	-	-	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG	http://www.sibr.com.br/sibr/portal.jsp?id=9&pagina=uso.jsp
FIES - Bolsa de Resíduos da Federação das Indústrias do Estado de Sergipe	-	-	Bolsa de Resíduos da Federação das Indústrias do Estado de Sergipe	Utiliza o endereço da SIBR http://www.sibr.com.br/sibr/index_cni.jsp , no entanto A Federação das Indústrias do Estado de Sergipe manterá um canal de relacionamento direto com os participantes da Bolsa de Resíduos através do e-mail: bolsaderesiduos@fies.org.br

Tabela 8 – Bolsas de Resíduos
Fonte: Elaborado pelos autores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEP/UFSC) pelo financiamento e apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABNT, N. (2004). 10004: *Resíduos sólidos—Classificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas*, 71.

ABRELPE. (2011). *Recuperação energética – Transformando lixo em energia: ABRELPE e PLASTIVIDA – Instituto Sócio-Ambiental dos Plásticos*, São Paulo, Brasil.

ABRELPE. (2018). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017: Abrelpe São Paulo*, Brasil.

AGHAEI Chadegani, A., SALEHI, H., YUNUS, M., FARHADI, H., FOOLADI, M., FARHADI, M., & ALE Ebrahim, N. (2013). A comparison between two main academic literature collections: Web of Science and Scopus databases. *Asian Social Science*, 9(5), 18-26.

ANEEL. (2019a). *Capacidade de Geração do Brasil*. Banco de Informações da Geração. <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>.

ANEEL. (2019b). *Matriz de Energia Elétrica*. Banco de Informações da Geração. <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>.

ANEEL. (2019c). *Usinas do Tipo Biomassa em Operação*. <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoGeracaoTipo.asp>.

BRASIL. (2010). Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*.

BRFIESC. (2018). *Bolsa de Resíduos da FIESC*. Florianópolis - SC - Brasil. Disponível em: < <http://brfiesc.com.br> >.

CAMPOS, A. L. G., MELLO Filho, F. S., & CARVALHO, L. S. L. d. S. (2015). *Política nacional e gestão municipal de resíduos sólido*. FGV Projetos. ISBN 978-85-64878-28-0. Retrieved from

- FIEC. (2018). Bolsa de Resíduos e Negócio. Federação das Indústrias do Estado do Ceará. Disponível em: <<http://www.sfiec.org.br/bolsaresiduos>>.
- FIEMS. (2019). Bolsa de Resíduos. Federação das Indústrias do Estado de Mato Grosso do Sul. Disponível em: <<http://www2.fiems.com.br/bolsaderesiduos>>.
- FIERGS. (2018). Bolsas de Resíduos abrangem federações. Federação das Indústrias do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://www.fiergs.org.br/pt-br/tags/bolsa-de-recicl%C3%A1veis>>.
- FIESP. (2018). Bolsa de Resíduos, Negócios e Meio Ambiente. Disponível em: <<https://apps.fiesp.com.br/bolsa/index2.asp>>.
- FIRJAN. (2018). Bolsa de Resíduos, Bons Negócios para a Indústria. Disponível em: <<https://bolsaderesiduos.firjan.com.br>>.
- GOMES, F. (2010). *Biometanização seca de RSU—Estado da arte e análise crítica das principais tecnologias*. Dissertação (Mestrado)—Universidade Federal de Ouro Preto.
- HOOGWIJK, M., FAAIJ, A., VANDEN BROEK, R., BERNDEN, G., GIELEN, D., & TURKENBURG, W. (2003). Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy. *Biomass and bioenergy*, 25(2), 119-133.
- MILARÉ, É. (2011). *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco. rev., atual. e reform.* São Paulo: Editora Revista dos Tribunais.
- MURARA. (2016). Biomassa contida nos resíduos sólidos urbanos. *Assessoria Industrial e Florestal*.
- OKOT-OKUMU, J., & NYENJE, R. (2011). Municipal solid waste management under decentralisation in Uganda. *Habitat International*, 35(4), 537-543.
- PERS/SP. (2014). Plano de resíduos sólidos do Estado de São Paulo. Secretária de Estado do Meio Ambiente. 1 edição. São Paulo: Ministério do Meio Ambiente.
- REN21. (2017). *Renewables Global Futures Report: Great Debates towards 100% Renewable Energy*. Paris: REN21 Secretariat. ISBN 978-3-9818107-4-5.
- RIBEIRO, A. (2016). População do Brasil. Brasil Escola. Disponível em <<https://www.infoescola.com/demografia/populacao-do-brasil/>>. Acessado em 05 de fevereiro de 2018., 14, 12.
- ROCHA, D. L. (2012). Uma análise da coleta seletiva em Teixeira de Freitas—Bahia. *Caminhos de Geografia*, 13(44).
- SIBR. (2018). Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos. Disponível em: <http://www.sibr.com.br/sibr/index_cni.jsp>.
- WORLDMETERS. (2019). World Population. Disponível em: <<http://www.worldometers.info/>>. Acessado em Fevereiro de 2019.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1640-8935>

ANNY KEY DE SOUZA MENDONÇA, Dra. | Universidade Federal de Santa Catarina | Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis-SC, Brasil. | Correspondência para: Departamento de Engenharia de Produção - PPGEP, Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário, CEP 88010-970, Florianópolis-SC, Brasil. | E-mail: annykeysmendonca@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3468-7536>

ANTONIO CEZAR BORNIA, Dr. | Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis-SC, Brasil. | Correspondência para: Departamento de Engenharia de Produção - PPGEP, Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário, CEP 88010-970, Florianópolis-SC, Brasil. | E-mail: cezar.bornia@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

MENDONÇA, Anny Key de Souza; BORNIA, Antonio Cezar. Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos: Análise das Políticas Públicas. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 109-122, jun. 2019.** ISSN 24473073.. Disponível em: <<http://www.nexus.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n2.109-122>.

DATA DE ENVIO: 15/04/2019

DATA DE ACEITE: 16/04/2019
