

# REGULAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO BIOGÁS: ESTUDO DE VIABILIDADES EM REGIÕES DA GRANDE VITÓRIA/ES

Juçara de Jesus Monteiro de Galiza<sup>1</sup>

Adriana Fiorotti Campos<sup>2</sup>

## RESUMO

A utilização de resíduos sólidos urbanos (RSU) para a geração de energia apresenta-se como uma importante opção para diversificar a matriz energética brasileira e, também, para solucionar o problema do lixo nos centros urbanos, gerando vários benefícios municipais. No Brasil, tanto a legislação aplicada aos resíduos quanto a que regula o seu uso para geração de energia são recentes e ainda estão em processo de aperfeiçoamento. Além da viabilidade técnica e ambiental exigida pela Lei nº 12.305/2010, a viabilidade regulatória também é considerada como fator essencial para entrave ou sucesso da atividade, justificando-se, portanto, como objetivo desta pesquisa. Nesse contexto, este artigo reúne estudos que servirão como base para compreensão do estado da arte relacionado ao tema de biogás e resíduos sólidos urbanos, com ênfase no arcabouço legal que envolve o setor no Brasil e Estado do Espírito Santo. Para tal, a pesquisa terá como área de estudo as regiões de Vila Velha, Serra, Cariacica e Vitória, que integram a Região Metropolitana da Grande Vitória. As regiões foram selecionadas pelo motivo de possuírem o maior potencial de biogás proveniente de resíduos sólidos urbanos, segundo Atlas de Bioenergia da Agência de Serviços Públicos de Energia do Espírito Santo - ASPE (2013).

**Palavras-chave:** Regulação. RSU. Biogás.

## URBAN SOLID WASTE REGULATION FOR POWER GENERATION FROM BIOGAS: FEASIBILITY STUDY IN THE REGIONS OF GRANDE VITORIA/ES

### ABSTRACT

The use of urban solid waste (USW) for energy generation presents itself as an important option for the Brazilian energy matrix diversification as well as to solve the garbage problem in the urban centers, generating benefits for the society. In Brazil, both the legislation applied to waste as well as the one which regulates its use for power generation are new and are still in the process of improvement. Besides the technical and environmental viability required by the Law No. 12,305/2010, the regulatory viability is also considered as an essential factor for success or hindrance of the activity, justifying itself as the objective of this research. In this context, this article presents studies that will be useful as a basis for understanding the state of the art related to the biogas and the urban solid waste, with emphasis on the legal framework in this sector in Brazil and in Espírito Santo. To that end, this research will study Vila Velha, Serra, Cariacica and

<sup>1</sup> Mestranda em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, ES, Brasil  
juçaragaliza@gmail.com

<sup>2</sup> Doutora em Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Professora do Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, ES, Brasil  
afiorotti@yahoo.com

Vitoria regions, that are part of the Grande Vitoria metropolitan area. The regions were selected because of its great potential for biogas production from urban solid waste, according to the Bioenergy Atlas of the Espírito Santo Energy Public Services Agency - ASPE (2013).

**Keywords:** Regulation. USW. Biogas.

## 1 INTRODUÇÃO

A população, concentrada principalmente no meio urbano, é fonte geradora de elevados volumes de resíduos sólidos. Estudos revelam que mais da metade da população mundial situa-se em áreas urbanas e, se assim continuar, maior será a produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) nas cidades (VOJNOVIC, 2014). Estes, por sua vez, quando coletados ou dispostos inadequadamente, trazem significativos impactos à saúde e elevada degradação ambiental. No entanto, podem-se amenizar os resultados negativos desses resíduos com a produção de energia a partir do biogás.

A utilização de resíduos sólidos como fonte de energia revela-se como uma opção considerável para reduzir os danos decorrentes do lixo urbano, além de ser também uma fonte de recursos. O aproveitamento energético dos RSU proporciona diversas vantagens socioambientais e, por isso, existe interesse em viabilizar o seu aproveitamento energético no Brasil. A produção de energia elétrica a partir desses materiais já apresenta alternativas maduras em termos tecnológicos (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2007). A produção de energia por meio do biogás do lixo permite a geração de uma energia renovável e limpa, reduz a emissão de gases que causam o efeito estufa e favorece a obtenção de receitas por meio de créditos de carbono (MAIER; OLIVEIRA, 2014). Além disso, o aproveitamento da energia a partir da biomassa de resíduos e outras fontes renováveis também pode diminuir o consumo de combustíveis fósseis e minimizar os impactos causados pela sua queima (OLIVEIRA; HENRIQUES; PEREIRA JUNIOR, 2010).

Neste contexto, a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei nº 12.305/2010) veio suprir a lacuna de políticas no setor de saneamento, especialmente no setor de resíduos, e promover a gestão adequada dos RSU, garantindo responsabilidade entre todos os envolvidos na cadeia produtiva. Tal legislação é clara, só poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos RSU quando comprovada sua viabilidade técnica e ambiental. Considerando-se o disposto na lei mencionada e no que tange às tecnologias de recuperação energética dos resíduos, é possível apontar possibilidades técnicas para tal atividade, o que poderia comprovar a hipótese de viabilidade (técnica e ambiental) (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014). No entanto, a utilização de RSU para a produção de energia também necessita de uma regulação específica e mais detalhada sobre a qualidade final do biogás, o que reforça sua importância no quesito de questão regulatória.

O artigo em tela tem por objetivo estudar as regiões de Vila Velha, Serra, Cariacica e Vitória, integrantes da região metropolitana do Estado do Espírito Santo, selecionadas pelo motivo de possuírem o maior potencial estadual de biogás proveniente de resíduos sólidos urbanos (AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2013). Para tanto, serão reunidos estudos que nortearão a compreensão do estado da arte relacionado ao tema de RSU e produção de energia a partir do biogás, com ênfase no arcabouço legal que envolve o setor no Brasil e Espírito Santo, para assim indicar viabilidade desta atividade nas regiões mencionadas, conforme mapa demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Regiões de estudo de caso no Espírito Santo



Fonte: A autora.

## 2 A GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

O significado da palavra resíduo envolve vários elementos que, avaliados como inúteis pelo homem, perderam seu valor e utilidade, por isso também são considerados lixo. Os resíduos gerados podem ser sólidos e líquidos, mas esta pesquisa concentrará sua atenção apenas aos resíduos sólidos.

A ABNT NBR 10004: 2004 conceitua RSU como resíduos nos estados sólido e semissólido, que derivam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Incluem-se nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis diante da tecnologia disponível (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Tabela 1 - Destino dos RSU em diversos países (arredondados em %)

País	Reciclagem	Compostagem	Recuperação Energética <sup>1</sup>	Aterro Sanitário
Holanda	39%	7%	42%	12%
Suíça	31%	11%	45%	13%
Dinamarca	29%	2%	58%	11%

Tabela 1 - Destino dos RSU em diversos países (arredondados em %) (continuação)

País	Reciclagem	Compostagem	Recuperação Energética <sup>1</sup>	Aterro Sanitário
EUA	24%	8%	13%	55%
Austrália	20%	1%	1%	80%
Alemanha	15%	5%	30%	50%
Japão	15%	0%	78%	7%
Israel	13%	0%	0%	87%
França	12% <sup>2</sup>	n.i	40%	48%
Brasil	8%	2%	0%	90% <sup>3</sup>
Reino Unido	8%	1%	8%	83%
Grécia	5%	0%	0%	95% <sup>3</sup>
Itália	3%	10%	7%	80%
Suécia	3%	5%	52%	40%
México	2%	0%	0%	98% <sup>3</sup>

Fonte: Adaptado (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

Na tabela 1, apresenta-se percentualmente o destino final dos RSU em vários países do mundo, com destaque especial para o Japão, que é o país que menos envia seus resíduos para aterro e o que mais os utiliza para recuperação de energia (78%). O segundo e o terceiro lugares no *ranking* de reaproveitamento energético de RSU são, respectivamente, da Dinamarca (58%) e da Suécia (52%). Cabe frisar que, no Brasil, ainda é comum o destino tradicional de enviar seus resíduos para aterros, sejam sanitário, controlado ou lixões (90%).

De acordo com pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), a geração de RSU no Brasil foi de 76.387.200 toneladas no ano de 2013 e 209.280 toneladas diárias. Esse número representou um crescimento de 4,1 % quando comparado com o ano de 2012 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2013). Na Tabela 2, mostra-se a quantidade de RSU gerado no Brasil com índices de kg/hab/dia referentes aos anos de 2012 e 2013, calculados por pesquisa da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2013) tendo como base a população municipal. Nota-se que a quantidade de resíduos gerados é mais elevada na região Sudeste, obviamente, por conter a maior parcela do total de habitantes.

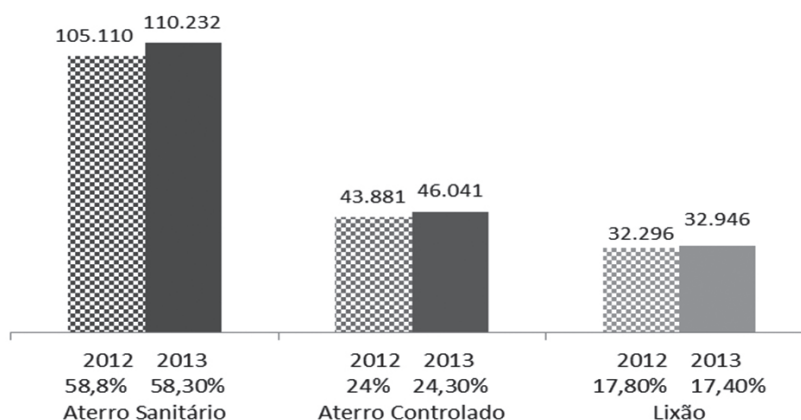
Tabela 2 - Quantidade de RSU gerado por região do Brasil

Regiões	2012	População Total (hab.)	2013	
	RSU Gerado (t/dia)/Índice (Kg/hab/dia)		RSU Gerado (t/dia)	Índice (Kg/hab/dia)
NORTE	13.754 / 0,841	17.013.559	15.169	0,892
NORDESTE	51.689 / 0,959	55.794.707	53.465	0,958
CENTRO-OESTE	16.055 / 1,113	14.993.191	16.636	1,110
SUDESTE	98.215 / 1,204	84.465.570	102.088	1,209
SUL	21.345 / 0,770	28.795.762	21.922	0,761
<b>BRASIL</b>	<b>201.058 / 1,037</b>	<b>201.062.789</b>	<b>209.280</b>	<b>1,041</b>

Fonte: Adaptado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2013).

O aterro sanitário, até o momento, ainda é a opção mais utilizada no Brasil, por ser atualmente a forma mais segura e econômica para a disposição de RSU. A pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2013) revelou que 58,3% dos resíduos urbanos coletados foram para aterro sanitário, os demais para aterros controlados (24,3%) e lixões (17,4%), ou seja, uma parte dos RSU ainda possui destino impróprio, conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Destinação final de RSU no Brasil



Fonte: Adaptado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2013).

Sendo assim, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), de agosto de 2012, promovendo a eliminação dos lixões até o ano de 2014, supriu a brecha da inexistência de regulamentação para obrigar os municípios a praticarem a disposição final de resíduos de maneira ambientalmente adequada. Desta forma, é possível prever que, num futuro breve, o gráfico mais atualizado sobre a destinação final de RSU já não deverá conter o item "Lixão", ainda presente no Gráfico 1.

Nesse contexto, na busca por mudanças sustentáveis e soluções não tradicionais para o problema dos resíduos sólidos nas cidades, a recuperação energética a partir dos RSU<sup>34</sup> surge como uma alternativa importante para auxiliar na solução do problema do lixo municipal, além de contribuir como fonte alternativa de energia. Até mesmo porque diante de um cenário de escassez de recursos ambientais, a utilização de energias renováveis e limpas poderá contribuir para amenizar a crise energética e reduzir os impactos ao meio ambiente, além de promover o desenvolvimento sustentável (ZHENG; PAN, 2014).

<sup>3</sup> Para Maier e Oliveira (2014), os resíduos podem ser usados tanto para aumentar a quota de 4,7% da biomassa de eletricidade domiciliar do Brasil de 545,1 TW h em 2010, como também para a geração de eletricidade próxima à área de grande demanda, como nos grandes centros urbanos.

<sup>4</sup> Estudos realizados por Oliveira et al. (2008) comprovam a sustentabilidade e muitos benefícios no uso de resíduos para geração de energia. Existem benefícios locais e globais, tais como: ambientais (reduções de emissões gases de efeito estufa, redução da poluição local), sociais (geração de emprego e renda), econômicos (redução das importações de combustíveis), tecnológicos (pagamento de royalties) e os operacionais (capacidade para instalar, operar e reproduzir em diferentes regiões do país). A pesquisa comprovou, à luz do desenvolvimento sustentável, que o uso da energia de resíduos deve ser prioridade.

### 3 PROCESSO DE REAPROVEITAMENTO DE RSU PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2014), a técnica consiste em aproveitar o biogás gerado a partir da decomposição anaeróbia da fração orgânica dos RSU, devido à ação de microorganismos que transformam esses resíduos em substâncias mais estáveis, como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), água, gás metano ( $\text{CH}_4$ ), gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), mercaptanas e outros elementos minerais.

Neste caso, o principal componente do biogás é o metano ( $\text{CH}_4$ ), que é aproximadamente vinte vezes mais poluente que o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) em se tratando de efeito estufa. Por esse motivo, só a queima desse gás já representa um benefício ao meio ambiente; salienta-se que boa parte das empresas que trabalham com o tratamento de resíduos realiza o procedimento da queima em *flare*. Esse procedimento também evita explosões e a emissão direta de metano para a atmosfera (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014). "Em adição, o aproveitamento energético também evita a emissão decorrente da queima de combustível fóssil que poderia ser utilizado para ofertar a mesma quantidade de energia que o biogás" (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014, p. 17).

Segundo informações da Empresa de Pesquisa Energética (2014), a geração do gás acontece em quatro etapas, que são características da vida útil de um aterro:

- a) fase aeróbia: ocorre a produção de  $\text{CO}_2$  com alta concentração de nitrogênio ( $\text{N}_2$ ), com decaimento quando passa para a segunda e terceira fase;
- b) esgotamento de oxigênio ( $\text{O}_2$ ): ambiente anaeróbico com alta concentração de  $\text{CO}_2$  e um pouco de hidrogênio ( $\text{H}_2$ );
- c) Etapa anaeróbia: inicia-se a produção de  $\text{CH}_4$  e redução de  $\text{CO}_2$ ; e
- d) Etapa final: produção praticamente estável de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ .

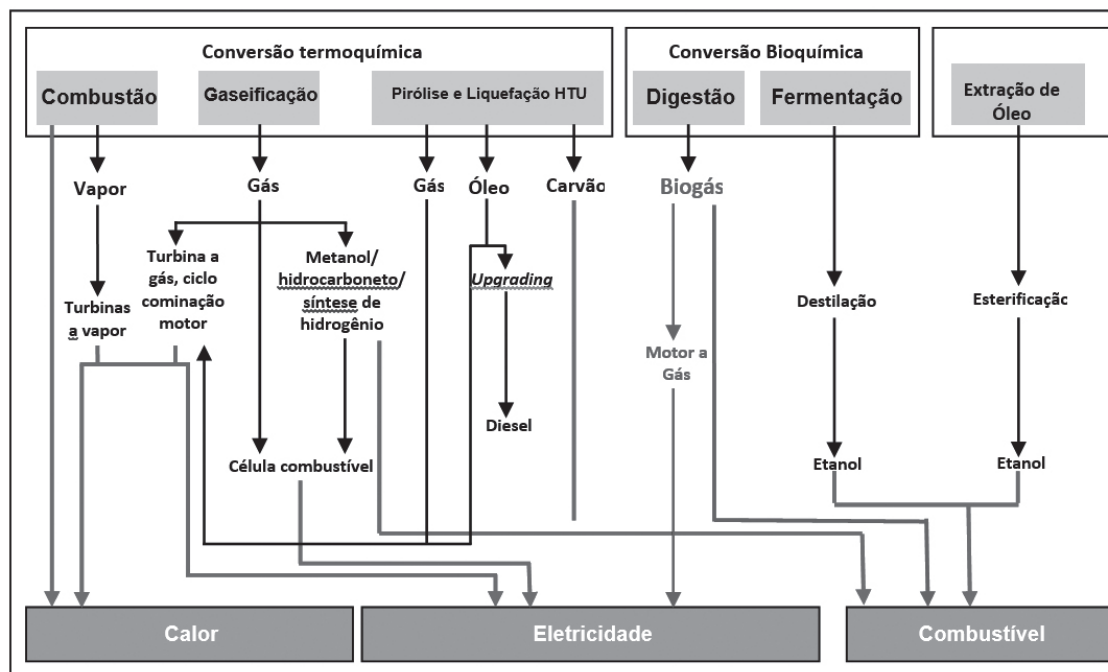
A Empresa de Pesquisa Energética (2014) aponta alguns fatores que influenciam na geração do gás, como: a composição do resíduo, o material de cobertura, o projeto e o estado anaeróbico das condições do aterro. Esses fatores determinam a duração das fases e o período de geração do gás, que ainda pode sofrer variações pelo clima.

O principal objetivo de um projeto que visa ao aproveitamento energético por meio de resíduos é a conversão em alguma forma de energia útil, como: eletricidade, vapor, combustível para caldeiras ou fogões, combustível veicular ou ainda abastecimento de gasodutos. Além disso, existem diversas tecnologias que podem ser usadas para maximizar o valor do GDL, por meio de variadas formas de utilização como: uso direto do gás de médio poder calorífico, produção de energia e cogeração e venda de gás (semelhante ao gás natural) por meio de gasodutos ou como Gás Natural Veicular (GNV) (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

Conforme apresentado na figura 2, para gerar energia a partir da biomassa podem ser usados vários sistemas, com diversas alternativas para sua aplicação. A escolha dessas alternativas é fundamentada nas variáveis institucionais, técnicas e ambientais (BRASIL, 2012). Cabe observar que o biogás pode gerar tanto energia térmica, elétrica como combustível.



Figura 2 – Rotas de conversão da biomassa em energia



Fonte: Adaptado (BRASIL, 2012).

As informações gerenciais da Agência Nacional de Energia Elétrica (2015) apresentam em detalhe as usinas termelétricas que utilizam a biomassa para a produção de energia, conforme demonstrado na Tabela 3. Nota-se que a biomassa a partir de resíduos divide-se em Resíduos Animais e Resíduos Sólidos Urbanos e, ambas, somam um total de 22 usinas no Brasil com capacidade para produzir 62.317 kW.

Tabela 3 - Usinas Termelétricas por tipo

Tipo		Usinas Termelétricas <sup>4</sup>			
		Quantidade	Potência Instalada (KW) <sup>5</sup>	%	
Biomassa	Agroindustriais	Bagaço de Cana de Açúcar	387	9.933.550	25,9%
		Biogás - AGR	2	1.500	0,0%
		Capim Elefante	3	65.700	0,2%
		Casca de Arroz	11	39.533	0,1%
	Biocombustíveis Líquidos	Óleos vegetais	2	4.350	0,0%
	Florestas	Carvão Vegetal	7	51.397	0,1%
		Gás de Alto Forno - Biomassa	8	109.865	0,3%
		Licor Negro	17	1.785.102	4,7%
		Resíduos de Madeira	47	358.925	0,9%
	Resíduos Animais	Biogás - RA	12	2.081	0,0%
Resíduos Sólidos Urbanos	Biogás - RU	10	62.317	0,2%	

Tabela 3 - Usinas Termelétricas por tipo (continuação)

Tipo			Usinas Termelétricas <sup>4</sup>		
			Quantidade	Potência Instalada (KW) <sup>5</sup>	%
Fóssil	Carvão Mineral	Calor de Processo - CM	1	24.400	0,1%
		Carvão Mineral	13	3.389.465	8,8%
		Gás de Alto Forno - CM	9	200.290	0,5%
	Gás Natural	Calor de Processo - GN	1	40.000	0,1%
		Gás Natural	135	12.852.650	33,5%
	Outros Fósseis	Calor de Processo - OF	1	147.300	0,4%
	Petróleo	Gás de Refinaria	7	339.960	0,9%
		Óleo Combustível	39	3.935.151	10,3%
		Óleo Díesel	1.563	937.928	2,4%
		Outros Energéticos do Petróleo	16	4.090.553	10,7%
<b>Total</b>			<b>2291</b>	<b>38.372.017</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Adaptado (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015).

#### 4 ARCABOUÇO LEGAL APLICADO AOS RSU

No Brasil, a Constituição Federal/1988 (BRASIL, 1988) instituiu como competência dos Municípios legislar e organizar os serviços públicos locais, que é o caso da limpeza urbana. Nesse sentido, instrumentos legais importantes para o setor passaram a nortear ações em cada nível do governo. O principal instrumento até então foi a criação da PNRS (Lei nº 12.305/2010), pois sua aprovação constitui o reinício de importantes iniciativas para o setor de resíduos sólidos no país. De forma geral, tal lei tem como objetivo estabelecer uma política de gestão de resíduos sólidos ambientalmente saudáveis, sem negligenciar todas as pessoas físicas ou jurídicas de direito público ou privado que estão direta ou indiretamente responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos. Os objetivos específicos são a proteção da saúde pública e qualidade ambiental, a gestão integrada de resíduos sólidos, reutilização de recicláveis e a simulação e desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresas que visam melhorar os processos de produção e reciclagem de resíduos sólidos, incluindo a recuperação energética (MAIER; OLIVEIRA, 2014). Na Tabela 4, reúnem-se as legislações, em âmbito federal, e as notas técnicas pertinentes ao tema.

Tabela 4 - Legislação Brasileira aplicada aos RSU

ARCABOUÇO	FUNDAMENTAÇÃO
Lei nº 12.305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências.
Lei nº 11.445/2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências.
NT <sup>6</sup> nº 132/2013/-SBQ-RJ NT nº 157/2014/SBQ/RJ	Estas Notas Técnicas têm por objetivo consolidar as informações obtidas pelo Grupo de Trabalho (GT) sobre a regulamentação do biometano.



Tabela 4 - Legislação Brasileira aplicada aos RSU (continuação)

ARCABOUÇO	FUNDAMENTAÇÃO
R 7 ANP nº 8/2015	Resolução que estabelece a especificação do biometano, orienta sobre a aplicação e uso do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinado ao uso veicular (GNV) e às instalações residenciais e comerciais.
Lei nº 6.361/2012	Dispõe sobre a Política Estadual de Gás Natural e Renovável (GNR) no Rio de Janeiro.

Fonte: A autora.

Conforme literatura já apresentada, existem formas variadas para a utilização da energia gerada a partir do biogás de RSU, mas esta pesquisa concentrou-se na utilização para energia elétrica e combustível (biometano). E para ambas as finalidades, tanto energia elétrica como combustível, existe um mercado onde operam diversos atores, sob influência de regulação específica - ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Apesar dos agentes regulatórios, ainda há aspectos que podem causar grandes conflitos.

Como exemplo, pode-se citar a Resolução ANP nº 8/2015, que trata da especificação do biometano, e proíbe a utilização comercial do produto originado de resíduos sólidos urbanos ou de esgotamento sanitário e permite o uso apenas de resíduos orgânicos de atividades da agroindústria, o que limita o comércio do produto e causa um problema regulatório entre Estado e União, uma vez que existem legislações anteriores, como a Lei nº 6.361/2012, que permitem o uso do biometano compatível com o Gás Natural Renovável (GNR) no Rio de Janeiro. O Grupo Técnico (GT) da ANP<sup>8</sup> esclarece que o motivo das limitações é que o biogás proveniente de aterros sanitários e tratamento de esgoto pode conter compostos voláteis (siloxanos), que são contaminantes e podem afetar negativamente alguns usos do biogás (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS, 2013). Mas essa restrição não impede o seu uso de forma experimental, o que pode ser interpretado como uma preocupação da ANP em desenvolver mais estudos nesta área, até mesmo para evitar conflitos com leis estaduais.

## 5 ARCABOUÇO LEGAL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO APLICADO AOS RSU

A regulação que conduz ações e promove iniciativas referentes aos resíduos sólidos no Espírito Santo é a Lei nº 9.264/2009, juntamente com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos, elaborado a partir de convênio entre o MMA/SRHU e Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA) (ESPÍRITO SANTO, 2009). No âmbito desta lei, é possível identificar, embora sem detalhes claros, informações sobre o reaproveitamento de RSU para a geração de energia por meio do biogás de aterro.

Além da legislação supracitada, cabe mencionar: (1) a Lei nº 9.531/2010, que institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC. Em seu art. 18, inciso X, nota-se o interesse em incentivar a recuperação do gás metano gerado pela digestão anaeróbia de sistemas de tratamento de esgotos domésticos, efluentes industriais, resíduos rurais e resíduos sólidos

urbanos, especialmente para produção de energia (ESPÍRITO SANTO, 2010); e (2) o Decreto nº 3.453-R/2013<sup>11</sup>, que dispõe sobre a política estadual de incentivo às energias renováveis como a eólica, solar e da biomassa, além de outras fontes. Na tabela 5, apresenta-se um resumo da legislação Estadual do Espírito Santo, que demonstra certa relação com o reaproveitamento dos RSU para geração de energia.

Tabela 5 - Legislação Estadual do Espírito Santo aplicada aos RSU

LEGISLAÇÃO	FUNDAMENTAÇÃO
Lei nº 9.264/2009	Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências correlatas.
Lei nº 9.531/2010	Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC, contendo seus objetivos, princípios e instrumentos de aplicação.
Decreto nº 3453-R/2013	Dispõe sobre a política estadual de incentivo as energias renováveis - eólica, solar e da biomassa e outras fontes renováveis.

Fonte: A autora.

Por fim, cabe mencionar as legislações municipais, que seguem o que determinam os arts. 18 e 19 da Lei nº 12.305/2010: elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (PGIRSU). Desta forma, o PGIRSU de cada região selecionada para estudo de caso (Vila Velha, Serra, Cariacica e Vitória), juntamente com o arcabouço legal em esferas nacionais e federais já mencionados, servirá como base de pesquisa e análises, haja vista o objetivo de tratar de forma mais profunda a gestão de RSU no âmbito municipal. Na tabela 6 é possível visualizar a fundamentação legal que abrange os municípios estudados no Espírito Santo.

Tabela 6 - Legislação Municipal do Espírito Santo aplicada aos RSU

MUNICÍPIO	ARCABOUÇO	FUNDAMENTAÇÃO
Vitória	Lei nº 6.705/2006	Institui o Plano Diretor Urbano do Município de Vitória e dá outras providências.
Vila Velha	Lei nº 4.575/2007	Institui o Plano Diretor Municipal e da outras providências.
Serra	Lei nº 1.522/1991	Dispõe sobre a criação do código de postura do município e a execução regular de polícia administrativa.
Cariacica	Lei nº 018/2007	Lei Complementar que institui o Plano Diretor Municipal e dá outras providências.

Fonte: Elaboração própria.

Diante do contexto legal que dispõe o Estado do Espírito Santo, embasado nas leis e decretos apresentados nas tabelas 5 e 6, que favorecem o incentivo às atividades de recuperação do biogás e a gestão dos resíduos, questiona-se o motivo de a região ainda não dispor de uma

usina que utilize os RSU para fins energéticos, que não seja somente a queima em *flare*, como utilizado em alguns aterros sanitários locais.

## 6 CONSIDERAÇÕES CONCLUSIVAS

Do ponto de vista de planejamento setorial relacionado à gestão dos RSU, a criação da Lei nº 12.305/2010 foi extremamente importante para gerar iniciativas no setor, resultando em leis Estaduais e Municipais que poderão contribuir para aumentar a utilização dos RSU como fonte alternativa de energia renovável no Brasil. No entanto, observa-se que a restrição para o uso do biometano oriundo do biogás de RSU, estabelecida pela Resolução ANP nº 8/2015, poderá agravar conflitos entre União e Estados, além de limitar o comércio do produto no país.

Nota-se que, no Brasil, tanto a legislação aplicada aos resíduos sólidos urbanos quanto a que regula o seu uso para geração de energia são recentes e ainda estão em processo de melhoria. Por esse motivo, a discussão sobre a influência de aspectos regulatórios na comercialização do biogás de resíduos é atual e ainda carece de pesquisas mais aprofundadas sobre o assunto.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Atlas de bioenergia do Espírito Santo**. Vitória, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Informações gerenciais**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Z\\_IG\\_Mar\\_2015-170615.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Z_IG_Mar_2015-170615.pdf)>. Acesso em: 21 jun. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Nota Técnica nº 132**. Rio de Janeiro: ANP, 2013. Disponível em: <[www.anp.gov.br/?dw=72846](http://www.anp.gov.br/?dw=72846)>. Acesso em: 16 abr. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Nota Técnica nº 157**. Rio de Janeiro: ANP, 2014. Disponível em: <[www.anp.gov.br/?dw=72846](http://www.anp.gov.br/?dw=72846)>. Acesso em: 16 abr. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução n.º 8, de 30 de janeiro de 2015. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 fev. 2015. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes\\_anp/2015/janeiro/ranp%208%20-%202015.xml?f=templates\\$fn=document-frame.htm\\$3.0\\$g=\\$x=>](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2015/janeiro/ranp%208%20-%202015.xml?f=templates$fn=document-frame.htm$3.0$g=$x=>)>. Acesso em: 17 fev. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da república federativa do Brasil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 out. 1988. Seção 1, p. 1-32. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/DOUconstituicao88.pdf](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/DOUconstituicao88.pdf)>. Acesso em: 19 ago. 2015.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em: 12 jul. 2015.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 4 nov. 2014.

BRASIL. Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 7 ago. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9478.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9478.htm)>. Acesso em: 10 jul. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de recursos hídricos e ambiente urbano. **Levantamentos e análises da situação dos planos de resíduos sólidos no estado do Espírito Santo**: relatório técnico único. Brasília, 2012.

CARIACICA (ES). **Lei nº 18, de 31 de maio de 2007**. Cariacica, 2007. Disponível em: <<http://www.legislacaoonline.com.br/cariacica/images/leis/html/C182007.html>>. Acesso em: 12 jul. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Inventário energético dos resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano nacional de energia 2030**. Rio de Janeiro, 2007.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Decreto nº 3.453, de 6 de dezembro de 2013. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, Vitória, 6 dez. 2013. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=109588>>. Acesso em: 11 jun. 2015.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Lei nº 9.264, de 15 de Julho de 2009. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, Vitória, 16 jul. 2009. Disponível em: <[http://www.normasbrasil.com.br/norma/lei-9264-2009-es\\_126138.html](http://www.normasbrasil.com.br/norma/lei-9264-2009-es_126138.html)>. Acesso em: 13 jul. 2015.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Lei nº 9.531, de 15 de setembro de 2010. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, Vitória, 16 set. 2010. Disponível em: <[http://www.al.es.gov.br/antigo\\_portal\\_ales/images/leis/html/9.531.htm](http://www.al.es.gov.br/antigo_portal_ales/images/leis/html/9.531.htm)>. Acesso em: 11 jun. 2015.

MAIER, S.; OLIVEIRA, L. B. Economic feasibility of energy recovery from solid waste in the light of Brazil's waste policy: the case of Rio de Janeiro. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, London, n. 35, p. 484-498, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano nacional de resíduos sólidos**. Brasília, DF: MMA, 2012. Disponível em: <[http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS\\_Revisao\\_Decreto\\_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657](http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657)>. Acesso em: 20 abr. 2015.

OLIVEIRA, L. B. et al. Analysis of the sustainability of using wastes in the brazilian power industry. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, London, n. 12, p. 883-890, 2008.

OLIVEIRA, L. B.; HENRIQUES, R. M.; PEREIRA JUNIOR., A. O. Use of wastes as option for the mitigation of CO<sub>2</sub> emissions in the brazilian power sector. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, London, n. 14, p. 3247-3251, 2010.

RIO DE JANEIRO (ESTADO). **Lei nº 6.361, de 18 de dezembro de 2012**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/e9589b9aab9cac8032564fe0065abb4/f0294f2b42bc949483257ada00673a4a?OpenDocument>>. Acesso em: 12 jul. 2015.

SERRA (ES). **Lei nº 1.522, de 3 de Setembro de 1991**. Serra, 1991. Disponível em: <<http://legis.serra.es.gov.br/normas/images/leis/html/L15221991.html>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

VILA VELHA (ES) **Lei nº 4.575, de 11 de Dezembro de 2007**. Vila Velha, 2007. Disponível em: <<http://www.cmvv.es.gov.br/PDM/PDM-VV-2007-PDM-Lei-4575-07-Consolidado-Texto.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

VITÓRIA (ES). **Lei nº 6.705, de 13 de outubro de 2006**. Vitória, 2006. Disponível em: <<http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/Arquivos/2006/L6705.PDF>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

VOJNOVIC, I. Urban sustainability: research, politics, policy and practice. **Cities**, New York, n. 41, p. 30-44, 2014.

ZHENG, C. W.; PAN, J. Assessment of the global ocean wind energy resource. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, London, n. 33, p. 382–391, 2014.

Recebido em: 24 nov. 2015.

Aprovado em: 30 nov. 2015.