

Informe Técnico

Série SI Energia:

Potencial Energético dos Resíduos Urbanos



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior

Secretária Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Planejamento e

Desenvolvimento Energético

Reive Barros dos Santos

Secretário de Energia Elétrica

Secretário de Petróleo, Gás Natural e

Combustíveis Renováveis

Renata Beckert Isfer

Secretária de Geologia, Mineração e

Transformação Mineral

Maria José Gazzi Salum



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitoria Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Eduardo Rego

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível

José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa

Álvaro Henrique Matias Pereira

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede

Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia - Sala 744 - 7º andar - 70065-900 - Brasília - DF

Escritório Central

Av. Rio Branco, 01 - 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

Informe Técnico

Série SI Energia:

Potencial Energético dos Resíduos Urbanos

Coordenação Geral

Giovani Vitoria Machado

Coordenação Executiva

Carla da Costa Lopes Achão

Coordenação Técnica

Luciano Basto Oliveira

Equipe Técnica

Daniel Kühner Coelho

Luciano Basto Oliveira

Nº EPE-DEA-IT-007/2019

27 de dezembro de 2019

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	1
FIGURAS	2
TABELAS	2
1 INTRODUÇÃO.....	3
2 METODOLOGIA.....	5
3 A DEMANDA ENERGÉTICA	6
3.1 Demanda de Energia Elétrica.....	6
3.2 Demanda por Combustíveis.....	7
4 O POTENCIAL DE OFERTA	8
4.1 Potencial de Oferta de Biometano	8
4.2 Potencial de Oferta de eletricidade dos rejeitos	9
5 BALANÇO ENTRE OFERTA E DEMANDA	9
6 CUSTOS DE ENERGÉTICOS	10
7 DISCUSSÃO DE RESULTADOS	12
7.1 A FRAÇÃO ORGÂNICA DOS RESÍDUOS URBANOS.....	12
7.2 A OFERTA DE ELETRICIDADE.....	14
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	14
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

FIGURAS

Figura 1 – Composição da oferta de gás natural por fonte, nos EUA (Milhões de pés cúbicos).....	4
Figura 2 – Produção, Demanda e Importação líquida de óleo diesel no período decenal.	8
Figura 3 – Demanda energética do Poder Público e potencial de oferta dos resíduos urbanos, em diesel equivalente (Mm ³ /a).....	10
Figura 4 – Comparação de preços entre consumo elétrico e de combustíveis dos serviços públicos (R\$/L de diesel equivalente).....	11
Figura 5 – Fluxograma do Modelo de Negócio para estimular o Biometano como combustível da frota de serviços públicos.	13

TABELAS

Tabela 1 – Consumo elétrico do Poder Público em 2018	7
--	---

1 INTRODUÇÃO

O Brasil dispõe da Lei nº 12.305/2010, com abrangência federal, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Apesar de ainda não ter sido implantada integralmente, em parte por conta da restrição orçamentária alegada pelos municípios, há alguns trabalhos que identificam fontes de financiamento no setor de aproveitamento energético (EPE, 2014a) e oportunidades de baixos custos no setor de mitigações de emissões de gases responsáveis pelo aquecimento global (MCTIC, 2017).

A avaliação do aproveitamento energético abrangeu os mercados elétrico e de combustíveis, com base em referências internacionais. Como já identificado nas primeiras publicações da EPE sobre o tema (EPE, 2014a), por conta da grande disponibilidade de fontes elétricas baratas e baixa demanda incremental por calor para cogeração, o mercado de eletricidade, regido por sistema de leilões, é pouco atrativo para essa fonte¹. Nesse caso, caberia avaliar a substituição das fontes tradicionais de energia térmica para a demanda existente e, face à sua valoração, a competitividade da eletricidade coproduzida. Há, ainda, a opção no setor de geração distribuída, cuja remuneração é maior e os contratos são por prazos menores.

Por outro lado, a atratividade percebida no mercado de combustíveis esbarra na característica de mercado sem contratos, “spot”, situação que dificulta os financiamentos para as instalações dos sistemas de biodigestão e processamento do biometano. Para ampliar a previsibilidade do setor, foi aprovada a Lei nº 13.576/2017, que versa sobre a Política Nacional de Biocombustíveis e estabelece metas de descarbonização da matriz energética do setor de transportes.

A modelagem do setor de gestão de resíduos, do projeto “Opções de Mitigações de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Setores-Chave do Brasil”, realizado em parceria pelo MCTIC, PNUMA e GEF (MCTIC, 2017), identificou que o aproveitamento energético dos resíduos em substituição aos combustíveis fósseis deve ser considerado como interessante para resolver questões sanitárias simultaneamente a questões socioambientais locais e ajudar o país para o cumprimento das metas assumidas internacionalmente.

¹ R\$ 207/MWh, o valor médio de compra de eletricidade pelas distribuidoras (ANEEL, 2019a), e R\$ 247/MWh, o Custo Marginal de Expansão (CME) do Plano Decenal de Energia (PDE) 2029 (EPE, 2019a).

Mas se há tantos benefícios, qual o motivo do aproveitamento energético de resíduos ainda não ter sido implantado em larga escala?

Em primeiro lugar, o desenvolvimento tecnológico que permitiu esse aproveitamento é recente. A indústria automobilística dos EUA passou a produzir veículos pesados (ônibus, caminhões e máquinas agrícolas) movidos a gás a partir da evolução do domínio tecnológico da exploração e produção do “shale gas”, fenômeno energético que ocorreu na última década (EIA/DOE, 2019). Esse produto suplantou metade da oferta de gás natural nos EUA no início da atual década, como mostra a Figura 1.

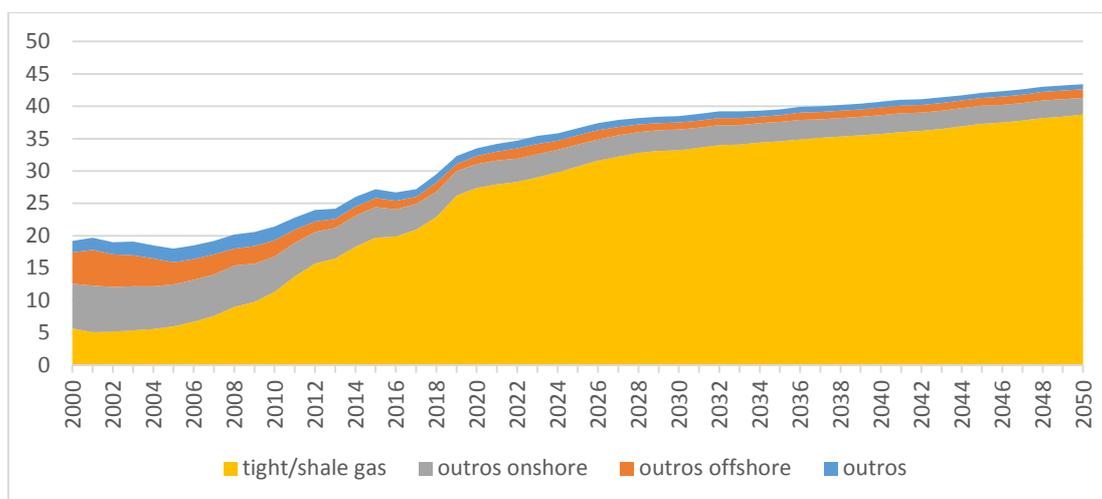


Figura 1 – Composição da oferta de gás natural por fonte, nos EUA (Milhões de pés cúbicos).

Fonte: EIA, 2019.

Além da economicidade, como mostra o desconto de aproximadamente 15% em equivalência energética ao óleo diesel (DOE, 2019), isso se deve à capacidade de transporte norte-americana ser grande o suficiente para garantir o abastecimento, situação ainda restrita a algumas regiões brasileiras. Logo, a construção dos biodigestores associados a sistemas de tratamento de biometano e disponibilização de frotas deve ser estimulado, no Brasil, para permitir o sucesso do sistema.

O consumo veicular de gás natural nos EUA atingiu 2,4 Mm³ de gasolina equivalente, em 2018, sendo 32% de biometano (MGCoalition, 2019). Parte desse consumo deve-se à frota de ônibus, com 11.000 veículos, e à de caminhões de coleta de lixo, pois 17.000 desses consumiram gás natural (NGV, 2019), já havendo uma parcela que utiliza biometano. Na Europa, o consumo de gás natural veicular atingiu 1,9 Mm³ de diesel equivalente, sendo 16.000 ônibus e 9.000 caminhões urbanos (GMOBILITY, 2018).

No presente Informe Técnico alguns desses dados são integrados e atualizados, para esclarecer a situação, reduzir a assimetria de informação e promover o debate pela sociedade. O foco será nas demandas energéticas de eletricidade do setor de saneamento, tração elétrica, iluminação pública e prédios administrativos (denominados “Poder Público”), além dos combustíveis consumidos por ônibus urbanos e caminhões de lixo, considerando que as prefeituras podem estimular o consumo de energia própria ou de seus concessionários a partir do aproveitamento dos resíduos.

Como abrange o tratamento de resíduos para fins energéticos, converge para o conceito de Economia Circular (Pearce & Turner, 1989; Ellen MacArthur Foundation, 2019) e, dada a localização, para o de Cidades Inteligentes (FGV Projetos, 2015). Com isso, a articulação sobre alternativa para solucionar as restrições de outras áreas de atuação governamental pode justificar a política pública integrada e aproveitar atributos sistêmicos ao setor.

2 METODOLOGIA

A Constituição Federal do Brasil (Brasil, 1988) confere um tratamento conceitual aos direitos de propriedade que implica não só sua aplicação aos bens e serviços (Artigo 170, Inciso II – propriedade privada), mas também aos seus resíduos, visto que esses são derivados do direito de propriedade originário, o usufruto dos bens e serviços adquiridos. Tal aspecto fica implícito nos seguintes dispositivos:

Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios:

VI - Defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação; (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 42, de 19.12.2003)

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 3º As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

A partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010, todos os participantes da cadeia produtiva são corresponsáveis pela destinação adequada dos resíduos gerados. Para evitar a “tragédia dos comuns” (Hardin, 1968) e garantir a salubridade coletiva, assim como a escala de viabilidade, inclusive para cobrar os resultados, as prefeituras cobram da população para prestar alguns serviços.

Para avaliar a competitividade entre alternativas para o aproveitamento energético dos resíduos, será realizada a integração de dados públicos sobre consumo energético do setor público, incluindo concessionários, e comparação com potencial de oferta, para fundamentar análise sobre coerência de aprofundamento no tema.

3 A DEMANDA ENERGÉTICA

O Poder Público é o responsável pela prestação de alguns serviços para a população, o que requer consumo energético. O funcionamento das atividades desenvolvidas nos prédios de escritórios, nas escolas, postos de saúde, hospitais, delegacias, saneamento, transporte coletivo e coleta de lixo, demanda eletricidade e combustível.

3.1 Demanda de Energia Elétrica

O setor elétrico possibilita identificar essa demanda através de estatísticas desagregadas em classes e subclasses de consumo conforme a atividade exercida nas unidades consumidoras, bem como a finalidade de utilização da energia elétrica, como estabelece a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) na Resolução Normativa nº 414/2010, e suas atualizações. Nessas estatísticas existem quatro classes/subclasses de consumo vinculadas aos serviços públicos, a saber: Iluminação Pública, Serviço Público (água, esgoto, saneamento), Poder Público (que envolve os prédios, iluminação em rodovias e semáforos, radares e câmeras de monitoramento de trânsito) e Serviço Público (tração elétrica). Os consumos desses setores, no ano de 2018, estão apresentados na Tabela 1,

abaixo, inclusive convertidos em óleo diesel equivalente² para possibilitar a comparação com as outras demandas:

Tabela 1 – Consumo elétrico do Poder Público em 2018

Classe de Consumo	Consumo (MWh)	Consumo (em Mm ³ de diesel equivalente)
Iluminação Pública	15.988.467	4,16
Saneamento	12.066.401	3,14
Poder Público	14.973.196	3,89
Tração Elétrica (apenas 14 distribuidoras)	736.881	0,19

Fonte: Elaboração própria a partir de ANEEL, 2019b.

3.2 Demanda por Combustíveis

As duas principais atividades que demandam combustível por parte do Poder Público são o transporte coletivo de passageiros e a limpeza pública, atividades que estão concedidas à iniciativa privada na maioria dos municípios (NTU, 2019; ABRELPE, 2019).

Segundo a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU), a frota de ônibus urbano é de 107.000 veículos (NTU, 2019). Agregando-se a isso os valores disponibilizados pelo Simulador para Avaliação de Viabilidade de Ônibus Elétrico (EPE, 2019b) para distância diária média percorrida, de 276 km, e consumo típico de 1,58 km/L, atinge-se o consumo nacional anual de 5,3 Mm³/a.

No caso do serviço de limpeza pública, publicação do projeto “Opções de Mitigação de gases do efeito estufa”, do Ministério de Ciências, Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC, 2017), aponta para consumo nacional de 0,68 Mm³/a de óleo diesel em 2014.

Apesar da baixa representatividade da demanda desses setores perante o consumo nacional de óleo diesel, que foi de 50 Mm³ em 2018 (EPE, 2019c), é possível verificar que a importação foi de 22%. A previsão é de haver importação no período decenal sempre superior a 20.000 m³/d, conforme mostra a Figura 2 a seguir.

² O fator de conversão típico é de 260 litros de óleo diesel por MWh.

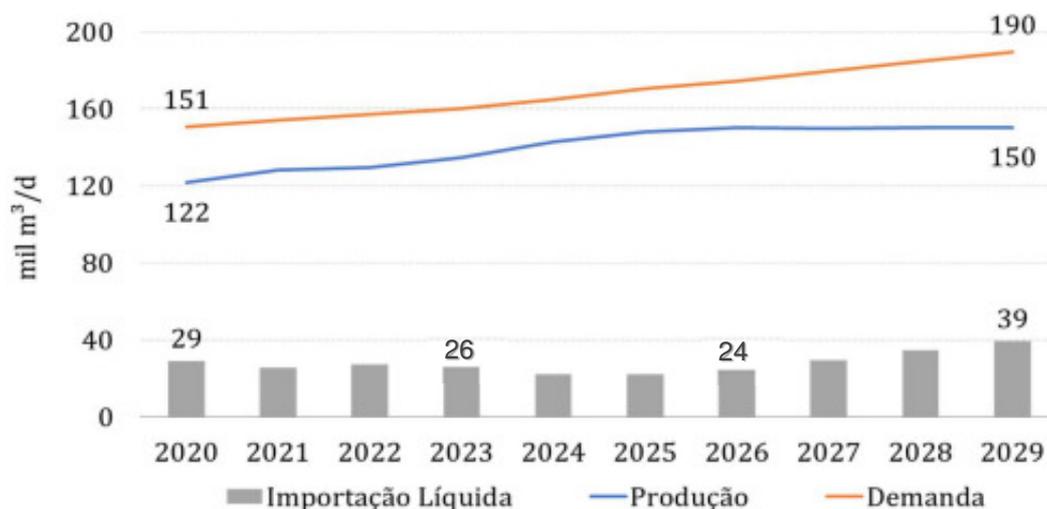


Figura 2 – Produção, Demanda e Importação líquida de óleo diesel no período decenal.
 Fonte: EPE, 2019c.

Cabe destacar que a importação prevista correspondente a 7,3 Mm³/a, superior à demanda dos serviços públicos, de 6,0 Mm³/a de óleo diesel equivalente.

4 O POTENCIAL DE OFERTA

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE), em 2018 a produção de resíduos sólidos urbanos no Brasil foi de 79,7Mt. Considerando a composição típica de 50% de Fração Orgânica (FO), 40% de embalagens e 10% de inertes (EPE, 2014b), estão disponíveis 40 Mt/a de matéria orgânica e 32 Mt/a de embalagens, cuja estimativa energética requer descontar metais e vidros. Esse setor movimentou R\$ 28 bilhões em 2018, com 71,5% de participação da iniciativa privada na operação, por diversos meios de atuação.

Já no caso do esgotamento sanitário, cuja arrecadação total atingiu R\$ 61 bilhões em 2018 (SNIS, 2018), tem sua operação majoritariamente realizada por empresas estaduais, que enfrentam dificuldades para suplantar a marca de 52% no nível de atendimento (FGV CERI, 2019), para o quê são necessários cerca de R\$ 400 bilhões no decorrer das duas próximas décadas (FGV CERI, 2019).

4.1 Potencial de Oferta de Biometano

Para a matéria orgânica, o Fator de Metanização utilizado é de 100 Nm³/t FO (EPE, 2019d), o que representa 4.000 Mm³ de metano/a. Como a equivalência energética entre

o metano e o óleo diesel é de 1m^3 para 1 L, o potencial de metano em diesel equivalente é de $4\text{ Mm}^3/\text{a}$.

No caso do esgoto sanitário, segundo Pacheco e Jordão (1995) são produzidos 200 L/pessoa-dia, com 99,98% de água. Logo, os 203 milhões de brasileiros geram 8.120 t/d de material orgânico, ou cerca de 3 Mt/a. Considerando o mesmo fator de metanização que a fração orgânica de resíduos sólidos urbanos (FORSU) e a equivalência ao óleo diesel, todo esgoto brasileiro pode disponibilizar $0,3\text{ Mm}^3$ de metano/ano. Uma vez que a coleta e tratamento do esgoto só atendem a 52 e 46%, respectivamente, da população (TrataBrasil, 2019), a efetiva disponibilidade de processamento e obtenção de até $0,13\text{ Mm}^3/\text{ano}$.

Vale ressaltar que a codigestão, realizada de maneira controlada e otimizada entre os substratos, é capaz de ampliar a produção de gás. Alves (2016) obteve resultado dez vezes maior que a simples soma das produções de cada insumo. De modo conservador, será utilizado, nesse momento, a simples soma entre as partes, que totaliza $4,1\text{ Mm}^3/\text{a}$ de biometano.

4.2 Potencial de Oferta de eletricidade dos rejeitos

Ainda que a PNRS priorize o aproveitamento da parcela de resíduos proveniente de embalagens para a reciclagem, foi elaborada uma estimativa do potencial energético para o material plástico e papel, além de terem sido descontados os metais e vidros. Isso encontra respaldo na Portaria Interministerial 274 (Brasil, 2019), publicada pelos Ministérios do Meio Ambiente, de Minas e Energia e de Desenvolvimento Regional.

Com base na composição dos recicláveis (EPE, 2014a), os papéis representam 51% da composição das embalagens presentes no RSU, enquanto os plásticos atingem 34%. Aplicando-se esses valores à fórmula para cálculo do poder calorífico do RSU de Themelis (EPE, 2014a) e esse à quantidade produzida de RSU, atinge-se o potencial de $12,5\text{ TWh}/\text{a}$, ou $3,2\text{ Mm}^3$ de óleo diesel equivalente.

5 BALANÇO ENTRE OFERTA E DEMANDA

A Figura 3 abaixo representa a demanda e a oferta potencial, em quantidade de diesel equivalente. Merece destaque o fato de ter sido desprezada a demanda de tração

elétrica, pois ocorre em poucas distribuidoras e representa montante comparativamente desprezível.

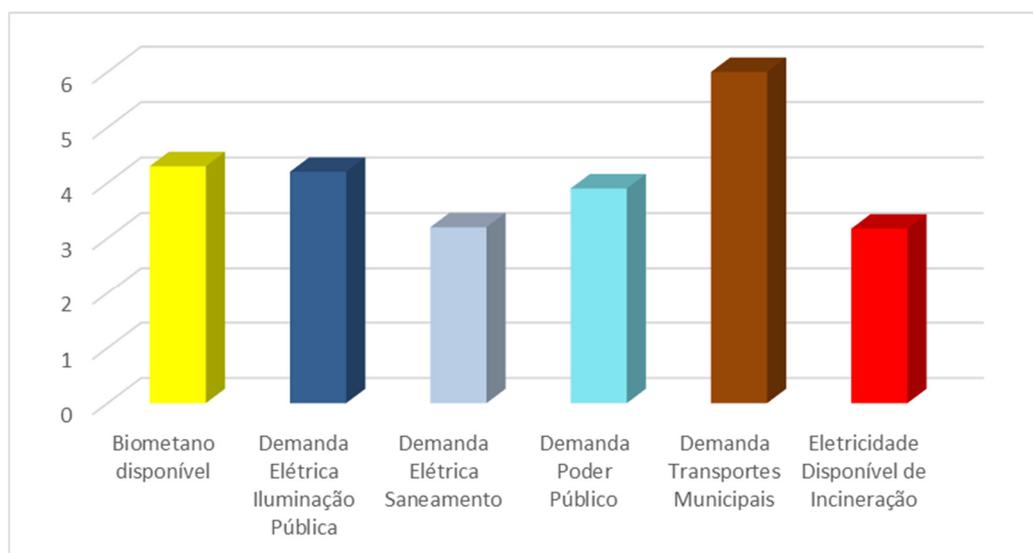


Figura 3 – Demanda energética do Poder Público e potencial de oferta dos resíduos urbanos, em diesel equivalente (Mm³/a)

Fonte: Elaboração própria a partir de ANEEL, 2091; MCTIC, 2018; NTU, 2019; ABRELPE, 2019.

A figura permite depreender que existe demanda suficiente do poder público para absorver toda a energia disponibilizada a partir dos resíduos atualmente gerados.

6 CUSTOS DE ENERGÉTICOS

Uma vez verificada a capacidade de absorção da energia proveniente dos resíduos urbanos pela demanda das atividades relacionadas ao poder público, é necessário verificar se existe economicidade nessa substituição.

As tarifas elétricas informadas pela ANEEL (2019a), para as classes de consumo por distribuidoras, e os preços médios do óleo diesel, para revenda da distribuidora e para o consumidor final, provenientes da pesquisa da ANP (2019), foram comparados aos valores de geração elétrica considerado no VRES (MME, 2018), para usinas superiores a 20 MW³, e biometano (EPE, 2014a). A Figura 4 mostra a comparação em valores de óleo diesel equivalente (R\$/L).

³ Foi estimado um valor para plantas de incineração, que resulta em um custo nivelado cerca de 20% menor que o VRES calculado para a rota de biodigestão apresentado em MME (2018).

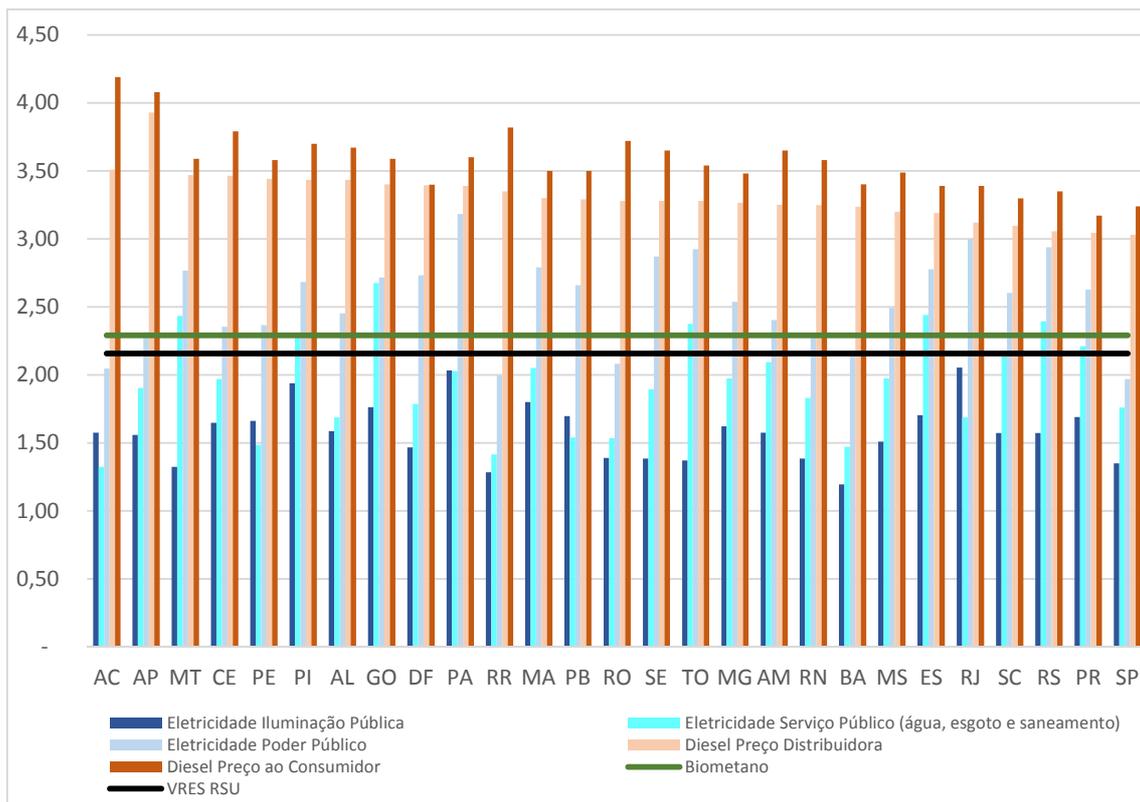


Figura 4 – Comparação de preços entre consumo elétrico e de combustíveis dos serviços públicos (R\$/L de diesel equivalente).

Fonte: Elaboração própria a partir de ANEEL, 2019a; ANP, 2019; EPE, 2018; MME, 2018.

Em virtude do custo de aproveitamento energético dos resíduos urbanos, algumas aplicações tornam-se inviáveis, como o atendimento à demanda da Iluminação Pública e à maioria dos estados para o setor de saneamento. Em alguns estados nem mesmo a demanda do poder público é passível de atendimento. Por outro lado, há algumas situações que parecem interessantes e merecem maior atenção, como no Distrito Federal, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Tocantins.

A tarifa elétrica alta está relacionada a consumo em Baixa Tensão, que é de atendimento cativo pelas distribuidoras. Porém, para estimular tecnologias de geração distribuída com baixa potência, esse atendimento foi flexibilizado para sistemas de até 5 MW, pela Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL, 2012). Tal escala é aplicada em cerca de 40 usinas ao redor do mundo, menos de 10% dos sistemas de incineração com recuperação energética existentes (WTERT, 2013). Ainda que acarrete maiores custos que os calculados no VRES (MME, 2018), por reduzir a escala e passar a requerer mais áreas licenciadas, que além de custos também amplia o risco de reação popular, as informações sobre a viabilidade financeira das usinas europeias (TERAMB, 2019) são compatíveis com

a receita possível pela compensação através da Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL, 2012).

Já no caso do uso veicular, o menor benefício encontrado é da ordem de 25% sobre o preço médio da distribuidora e 29% sobre o preço ao consumidor. Nessa análise, o investimento incremental para que os veículos movidos a óleo diesel utilizem biometano foi considerado sendo feito pelo proprietário dos veículos. Mas isso pode ser alterado, caso os veículos movidos a gás tenham preço diferente dos movidos a óleo diesel, uma vez que será implementado em conjunto para uma frota específica. Enquanto na Europa esses valores são iguais, há casos em que incrementa em até US\$ 60.000 os custos por veículo, nos EUA (Freightliner, 2019)⁴.

7 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

7.1 A FRAÇÃO ORGÂNICA DOS RESÍDUOS URBANOS

Para o caso da FORSU e do lodo de esgoto, a biodigestão associada ao aproveitamento do biometano para frota de serviços públicos, além de mais barata, é a de maior abrangência quanto aos benefícios sistêmicos. Cabe realçar que a substituição de combustíveis fósseis por renováveis é uma maneira de reduzir a poluição do ar nas cidades, ação que diminui as internações e mortes por doenças respiratórias (Saldiva, 2018), ao mesmo tempo em que mitiga emissões de gases do efeito estufa a custos de abatimento baixos e permite o país atender seus compromissos internacionais (MCTIC, 2017). A atividade promove a substituição de importações, ação que dinamiza a economia nacional.

Mas o mercado de combustíveis é, historicamente, fundamentado nas compras sem contrato (“spot”), situação que aumenta o risco das decisões de investimento com custos afundados significativos. Para alterar essa situação, é muito importante haver articulação política fundamentada nas vantagens para a sociedade e que considerem:

- o efeito benéfico do tratamento adequado dos resíduos;
- o atendimento à PNRS;

⁴ Apesar de ser o simulador de um fabricante, considerou-se que os demais integrantes do mercado mantenham preços competitivos (NGV, 2019)

- a redução dos custos de combustíveis para as frotas públicas;
- a redução da poluição local – que diminuirá os custos com o setor de saúde e descongestionará os hospitais –;
- a mitigação das emissões de gases do efeito estufa;
- a substituição de importações; e
- a criação de postos de trabalho no país.

Assim, merece atenção a possibilidade das Prefeituras, com apoio dos Estados e da União, incentivarem modelos de negócios nos quais os serviços de transporte utilizem o biometano, sobretudo os já concedidos e que contem com receita direta pela prestação do serviço à população, como mostra a Figura 5. Com isso, de acordo com a proposta de contratos de longo prazo para biocombustíveis (Milanez et al, 2015), espera-se ser possível garantir o financiamento para implantar o sistema.

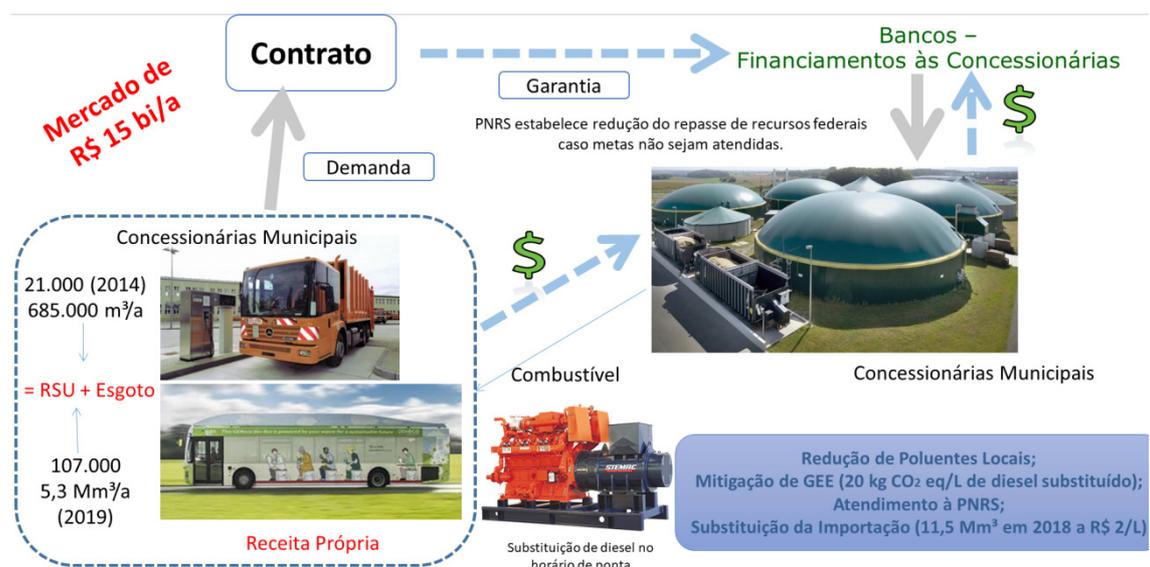


Figura 5 – Fluxograma do Modelo de Negócio para estimular o Biometano como combustível da frota de serviços públicos.

Fonte: Elaboração Própria a partir de MCTIC, 2018; NTU, 2019.

Esse processo pode ser aplicado para o biodiesel de esgoto, seja aquele produzido a partir de material retirado das caixas de gordura ou das próprias estações de tratamento do sistema existente (Oliveira et al, 2019), seja o decorrente de microalgas utilizadas como processo biológico de processamento de esgoto sanitário (Klingerman & Bouwer, 2015) para novas instalações, de modo a acelerar a universalização do serviço e a custos compatíveis com os praticados pelos agentes para os combustíveis tradicionais.

Vale ressaltar que o avanço tecnológico está permitindo a alteração de práticas tradicionais, com diversas vantagens financeiras, sociais e ambientais ao redor do mundo.

Para esses benefícios poderem ser usufruídos pelo Brasil, é necessária uma adequação no procedimento de aquisição de combustíveis pelas frotas de serviços públicos, de modo a garantir a compra do novo biocombustível e, assim, viabilizar o financiamento e o empreendimento.

7.2 A OFERTA DE ELETRICIDADE

Mesmo que a receita a partir do sistema de compensação seja capaz de viabilizar os empreendimentos de baixa potência e existam algumas dezenas de usinas dessa escala no mundo, nenhuma informação foi encontrada sobre ambas as condicionantes estarem consorciadas em algum empreendimento. Além disso, a solução de compensação da eletricidade tende a esbarrar na pouca receptividade dos contratos do consumo direto da classe “Poder Público”, de titularidade municipal, como garantia para financiamento, o que, configura-se como inibidor da atração de investimentos (FGV CERI, 2019).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço tecnológico está permitindo a alteração de práticas tradicionais, com diversas vantagens financeiras, sociais e ambientais ao redor do mundo.

Para esses benefícios serem usufruídos pelo Brasil, é necessária uma adequação no procedimento de aquisição de combustíveis pelas frotas de serviços públicos concedidos, removendo barreiras à disseminação desse modelo de negócios, de modo a assegurar a compra competitiva do novo biocombustível produzido com lixo e esgoto e, assim, viabilizar o financiamento e o empreendimento.

No tocante ao aproveitamento elétrico dos rejeitos da produção de biocombustível, como inexistem concessionárias do próprio Poder Público, apesar de seu consumo ser suficiente para absorver toda a oferta, sua capacidade de pagamento pode ser considerada pouco atrativa.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública (2019). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018-2019. Disponível em <http://www.abrelpe.org.br>. Acesso em 22/11/2019.

ALVES, I.R.F.S. (2016). Avaliação da codigestão na produção de biogás. Tese (de doutorado). Programa de Engenharia Civil. COPPE. 168 p.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica (2012). Resolução 482. Compensação da Geração Distribuída. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em 04/12/2019.

___ (2019a). Revisões e Reajustes tarifários das concessionárias de distribuição de energia elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/resultado-dos-processos-tarifarios-de-distribuicao>. Acesso em 05/12/2019.

___ (2019b). Relatório de consumo e receita. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/relatorios-de-consumo-e-receita>. Acesso em 29/11/2019.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Pesquisa de Preços. Disponível em <http://preco.anp.gov.br/>. Acesso em 18/11/2019.

Brasil (1988). Constituição da República. Artigo 5º, inciso XXII. Disponível em https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em 23/12/2019.

___ (2019). Portaria Interministerial 274. Disciplina a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos referida no § 1º do art. 9º da Lei nº 12.305, de 2010 e no art. 37 do Decreto nº 7.404, de 2010. Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-interministerial-n%C2%BA-274-de-30-de-abril-de-2019-86235505>. Acesso em 13/12/2019.

CGIE. Comitê Gestor de Informações Energéticas (2017). Grupo de Trabalho Perdas. Avaliação das perdas no sistema elétrico brasileiro. NT 01/2017. Disponível em http://www.mme.gov.br/documents/1138787/104272510/NT+GT+Perdas+final_Aprovado_7aReuniaoCGIE_04out2017_r2.pdf/fe354717-dfbb-47ff-9893-7ff50ddcc9c5. Acesso em 03/12/2019.

DOE. United States Department of Energy (2019). Clean cities. Alternative Fuel. Price Report. July 2019. Disponível em: https://afdc.energy.gov/files/u/publication/alternative_fuel_price_report_july_2019.pdf. Acesso em 02/12/2019.

EIA. United States Energy Information Administration. Natural gas explained. Disponível em <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/where-our-natural-gas-comes-from.php>. Acesso em 29/11/2019.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2019). The concept of a circular economy. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>. Acesso em 28/11/2019.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética (2014a). Economicidade e Competitividade do Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos. NT DEA 16/14.

___ (2014b). Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos. NT DEA 18/14.

___ (2019a). Plano Decenal de Energia 2029. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-423/topico-485/06%20Abastecimento%20de%20Derivados%20de%20Petr%C3%B3leo.pdf>. Acesso em 02/12/2019.

___ (2019b). Simulador para avaliação de viabilidade de ônibus elétrico. Disponível em <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/simulador-para-avaliacao-de-viabilidade-de-onibus-eletrico>. Acesso em 19/11/2019.

___ (2019c). Balanço Energético Nacional. 2019. Disponível em <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>. Acesso em 02/12/2019.

___ (2019d). SIenergia. Fonte: Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/sienergia>

FGV Projetos (2015). Cidades Inteligentes. Disponível em <https://fgvprojetos.fgv.br/noticias/o-que-e-uma-cidade-inteligente>. Acesso em 13/12/2019.

FGV CERI. Fundação Getúlio Vargas Centro de Estudos em Regulação e Infraestrutura (2019). Reformulação do Marco Legal do Saneamento no Brasil. Disponível em <https://ceri.fgv.br/sites/default/files/publicacoes/2019-06/Reformulac%CC%A7a%CC%83o%20do%20Marco%20Legal%20do%20Saneamento%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em 13/12/2019.

FREIGHTLINER (2019). Natural Gas Calculator. Disponível em <https://freightliner.com/why-freightliner/natural-gas-calculator/>. Acesso em 13/12/2019.

GMOBILITY. Gas in transport. G-mobility: Driving Circular Economy in Transport. Disponível em <https://www.ngva.eu/medias/g-mobility-document/>. Acesso em 02/12/2019.

HARDIN, G (1968). The tragedy of the Commons. Science, 13. Vol. 162. Issue 3859. P. 1243-1248. Disponível em <https://science.sciencemag.org/content/162/3859/1243.full>. Acesso em 19/12/2019.

KLINGERMANN, D.C. & BOUWER, E.J. (2015). Prospects for biodiesel production from algae-based wastewater treatment in Brazil: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 52, p. 1834-1846

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C.A. (1995). Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 932p.

MCTIC. Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (2017). Projeto Opções de Mitigação, relatório do setor de gestão de resíduos. Disponível em: http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto_opcoes_mitigacao/publicacoes/Setor-Gestao-de-Residuos.pdf. Acesso em 02/12/2019.

MILANEZ, A.Y. et al (2015). A introdução de contratos de longo prazo poderia viabilizar a retomada de investimentos na produção de etanol hidratado carburante?. BNDES Setorial, 42. P. 55-100. Disponível em https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9617/2/BNDES%20Setorial%2042%20A%20introdu%C3%A7%C3%A3o%20de%20contratos%20de%20longo%20prazo%20poderia%20viabilizar%20a%20retomada%20%5B...%5D_P_BD.pdf. Acesso em 17/12/2019.

MGCOALITION. The coalition for renewable natural gas. Disponível em: <http://www.rngcoalition.com/infographic>. Acesso em 02/12/2019.

MME. Ministério de Minas e Energia (2018). Portaria 65. Valor de Referência Específico (VRES). Disponível em <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras>

noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/mme-fixa-novos-valores-anuais-de-referencia-para-sistemas-de-geracao-distribuida. Acesso em 20/11/2019.

NGVAmerica. Vehicles for every route. Disponível em: <https://www.ngvamerica.org/vehicles>. Acesso em 02/12/2019.

NTU. Associação Nacional de Empresas de Transporte Urbano (2019). Grandes números do setor. Disponível em: https://www.ntu.org.br/novo/ckfinder/userfiles/files/Grandes%20números%20do%20setor%20v4_2.pdf. Acesso em 29/11/2019.

OLIVEIRA, L.B et al (2019). Waste water treatment plant energy conversion technologies comparison. International Journal of Innovation and Sustainable Development, Vol. 13, Nos. 3/4. P. 410-430.

PEARCE, D.W. & TURNER,R.K. (1989) Economics of natural resources and the environment. Pearson Education Limited. England. 304 p.

SALDIVA, P (2018). *Vida urbana e saúde: os desafios dos habitantes das metrópoles*. São Paulo: Contexto. 125p. TERAMB (2019). Empresa Municipal de Gestão e Valorização Ambiental da Ilha Terceira. Disponível em <http://www.teramb.pt/a-teramb/>. Acesso em 11/12/2019

SNIS (2018). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto. Disponível em <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2018>. Acesso em 16/12/2019.

TRATA BRASIL, INSTITUTO (2019). Panorama Nacional. Disponível em <http://tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas>. Acesso em 21/11/2019.

WTERT, Waste to Energy Research and Technology Council (2013). Waste to Energy plants world. Disponível em www.seas.columbia.edu/wtert/newwtert/Research/sofos/WTE_Plants. Acesso em 09/12/2019.