



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Jhenifer Stefani Lopes, jhenifer.s11@puc-campinas.edu.br, PUC-Campinas
Betânia Hoss Lunelli, betania.lunelli@puc-campinas.edu.br, PUC-Campinas

Resumo

Os centros urbanos apresentam grande crescimento e desenvolvimento, o que acaba intensificando o consumo de fontes energéticas e aumentando a quantidade de resíduos gerados. Em países em desenvolvimento como o Brasil, isso tem sido ainda mais preocupante, pois tem avançado em ritmo mais acelerado que a infraestrutura urbana possa gerenciar somado a uma crise energética eminente. Portanto, mediante este cenário, a busca e implementação de novas tecnologias de tratamento que reduzem os impactos ambientais dos resíduos sólidos urbanos e possibilitem a obtenção de energia limpa tem sido de fundamental importância. Dentro deste contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma breve discussão, utilizando os princípios de análise SWOT, sobre a produção de biogás por meio do processo de digestão anaeróbia visando o tratamento de resíduos sólidos orgânicos, no contexto da cidade de Campinas.

Palavras-chave: Biogás, Resíduos Sólidos Orgânicos, Sustentabilidade.

1. Introdução

O cenário mundial mostra um acelerado crescimento e desenvolvimento dos centros urbanos, sendo apresentado nos relatórios da Organização das Nações Unidas (ONU) a previsão de que 70% da população mundial se concentre nessas áreas até 2050. Isso traz diversas preocupações administrativas e ambientais, pois pelo relatório do Banco Mundial, a taxa de geração de resíduos sólidos urbanos é exacerbante em relação a atual taxa de urbanização. Consequentemente, se faz necessário administrar recursos de maneira sustentável para se assegurar a qualidade de vida da população, mediante as problemáticas eminentes à expansão urbana com destaque ao aumento do consumo energético e intensificação da geração de resíduos provenientes das atividades antrópicas (KAZA et al., 2018).

Nessa perspectiva, são estimadas 2,2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados até 2025, com o principal constituinte desse material alimentos desperdiçados, uma rica fonte de energia que ao ser descartada sem tratamento adequado pode representar uma ameaça à saúde da população e ao meio ambiente, uma vez que em seu processo natural de degradação há grande emissão de gases de efeito estufa (GEE) (KAZA et al., 2018).

Assim a adoção de políticas públicas e de novas legislações são fundamentais para promover e fomentar uma transição energética focada em recursos renováveis e de origem regional. No Brasil se observa incentivos para a diversificação da matriz energética, com destaque a tecnologias que possibilitem gerenciamento integrado e sustentável de resíduos sólidos



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

orgânicos (RSO), por meio da conversão destes resíduos em bioenergia. Como ocorre na produção de biogás por digestão anaeróbia, o que estimula o interesse por parte de instituições governamentais e de pesquisas para sua maior aplicação (ANGELI et al., 2018).

De acordo com o recente panorama apresentado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), o Brasil apresenta uma geração de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, o que corresponde uma geração média de 383,2 kg/pessoa/ano, onde 51,4% corresponde a fração de resíduos orgânicos (AGÊNCIA BRASIL, 2019).

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela a Lei nº 12.305/2010 busca-se desenvolver instrumentos que assegurem o tratamento adequado dos resíduos, estimulando para que fração orgânica atue fortemente na produção de biocombustíveis como o biogás, visando o uso sustentável dos recursos, a descarbonização da matriz energética e corroborando para a redução das emissões de GEE no país (MMA, 2010).

A produção de biogás vem avançando nos últimos anos, sendo responsável pela redução das emissões de metano e CO₂ na atmosfera. Sua aplicação compreende desde a geração de eletricidade ao uso como biocombustível para veículos, em substituição ao diesel. O biogás é produzido pelo processo de digestão anaeróbica, no qual microrganismos realizam um conjunto de reações que degradam a matéria orgânica na ausência de oxigênio. A partir deste processo é obtida uma mistura gasosa e um lodo residual que pode ser aplicado diretamente na fertilização de solos como suplementação ou complementação dos fertilizantes comerciais, promovendo a recuperação de nutrientes e minerais (ANGELI et al., 2018).

O uso de biogás como combustível é regulamentado por meio da Resolução ANP nº 8/2015 contemplando o uso do biometano assegurando sua aplicação intercambiável com o gás natural. Tal tecnologia representa um modelo mais sustentável de gestão de resíduos sólidos, pois se realiza um aproveitamento de recursos, obtém uma energia alternativa e eficiente, com os custos decrescentes e possibilidade de inserção no mecanismo de desenvolvimento limpo e créditos de carbono, de modo a valorizar práticas sustentáveis pautado num planejamento estratégico setorial (ANP, 2018).

Mediante a uma crise energética eminente e a alta produção de resíduos urbanos a possibilidade de desenvolvimento de tecnologias e otimização das já existente para o aproveitamento destes dos resíduos para a geração de energia representa uma interessante oportunidade. Desta forma, o objetivo desse trabalho é realizar um estudo teórico a partir de dados da literatura e auxílio da metodologia de análise SWOT para a identificação de forças, fraquezas, oportunidades, e ameaças relacionadas ao aproveitamento dos RSU para a produção de biogás através da digestão anaeróbia.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

2. Fundamentação teórica

O desenvolvimento sustentável e o equilíbrio entre a administração da demanda e a produção de energia, juntamente com o gerenciamento e tratamento de resíduos para assegurar e promover um crescimento equilibrado é um desafio da atualidade imposto a todos os países para a promoção de recursos e qualidade de vida à sua população. No Brasil, a adoção de políticas públicas e de novas legislações, que fomentam a transição energética focada em recursos locais e renováveis tem ganhado um maior destaque nos últimos anos. Dentro deste contexto, a produção de biogás por digestão anaeróbia é uma alternativa em ascensão, por se tratar de um processo que visa, simultaneamente, o tratamento de resíduos orgânicos e a produção de combustível renovável (ANGELI et al., 2018).

Atualmente, estimasse que as áreas urbanas são responsáveis por cerca de 70% do total das emissões de CO₂ antropogênico, principal contribuinte do efeito estufa de acordo com a ONU. Isso diverge das metas mundiais estabelecidas dentro dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas. Além da mitigação dos problemas climáticos, através de mecanismos para controle e gerenciamento dos GEE, deve-se promover a produção e geração de energia sustentável e acessível a todos, baseada em uma infraestrutura resiliente e adequada que se adapte as situações locais (DESA et al., 2016).

No Brasil, as metas estabelecidas para a redução das emissões de GEE já a partir de 2020, propostas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), baseiam-se na aquisição e compra de Créditos de Descarbonização (CBIOS), onde cada CBIO equivale a uma tonelada de CO₂ evitado, calculadas a partir de metas compulsórias anuais para redução de emissões de gases causadores do efeito estufa referentes a comercialização de combustíveis, conforme definido pela Resolução CNPE Nº 15, de 24 de junho de 2019 (LIMA, 2020).

De acordo com estudos desenvolvidos pela Probiogas o Brasil deverá alcançar uma geração anual de cerca de 100 milhões de toneladas em 2030, com índices de reciclagem incipientes e baixos investimentos para a implantação de uma infraestrutura adequada voltada a sua disposição final, como, por exemplo, a construção de aterros sanitários. Como consequência, a presença de lixões deve se tornar mais frequente em todas as regiões do país, ocasionando impactos diretos sobre o meio ambiente e aos ecossistemas (CIDADES, 2020).

Um resíduo em abundância e pertinente para uso como substrato nesse processo são os sólidos orgânicos, visto que a coleta seletiva desse material diminui o desperdício residual. Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), o desperdício alimentar custa cerca de US\$900 bilhões a cada ano em todo mundo e significa uma perda de substâncias valiosas, saudáveis e comestíveis, que são degradadas em qualquer estágio da cadeia de suprimento de alimentos. A destinação de resíduos sólidos orgânicos como substrato na digestão anaeróbia, em sua premissa já contribui para a redução do desperdício (WILKEN et al., 2019).

Atualmente, menos de 2% dos resíduos sólidos urbanos são destinados à compostagem, representando uma grande perda de recursos. Esses, por sua vez, poderiam ser reaproveitados



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

para a produção e geração de energia (biogás e/ou bioeletricidade) através do processo de digestão anaeróbia e/ou revertidos em receitas, como, por exemplo, através da comercialização de biometano (CIDADES, 2020).

No município de Campinas no estado de São Paulo, com uma população de 1,081 milhão há uma geração média de 0,750 kg/dia por habitante da cidade. A fração orgânica é destinada a compostagem, tratamento de resíduo cujo custo mensal da operação corresponde a R\$ 1 milhão, segundo a Administração da prefeitura. O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) é responsável por realizar a avaliação de qualidade do adubo gerado na compostagem, produzindo estudos e viabilizando posterior aplicação nas áreas verdes da cidade (CAMPINAS, 2020).

Uma vez que energia é um componente essencial e presente ao longo de todas as cadeias produtivas, inovações bem como garantir a autonomia do setor energético dentro de um contexto sustentável possui incentivos políticos, no caso do biogás a geração contínua de RSO torna cada vez mais favorável. A produção de biogás fornece um biocombustível de grande utilidade no ambiente urbano e eficiente geração devido à grande disponibilidade de RSO, o grau de pureza do biometano a qual a qualidade e aplicabilidade é regulamentada por meio da Resolução ANP n° 8/2015” (ANP, 2018).

Assim em uma cidade como Campinas pode se compreender que o investimento na geração de biogás sinalizaria uma evolução no planejamento e gerenciamento de RSO, pois pautado nos objetivos e metas estabelecidos na PNRS é estimulado o desenvolvimento de pesquisas e novos métodos de disposição dos rejeitos (ANP, 2018).

Para isso, é possível o uso de diversas ferramentas de auxílio na elaboração de um planejamento estratégico para corroborar e acentuar a viabilidade da implantação dessa tecnologia visando a sua sustentabilidade. Inicialmente, tem-se a análise SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats), que a partir da identificação e análise de fatores internos e externos, auxilia na priorização de estratégias para ações, principalmente, junto ao mercado com as capacidades organizacionais. Assim, pode-se utilizar de dados qualitativos, os quais na simplicidade de sua elaboração permitem visualizar impactos de maneira a direcionar futuras tomadas de decisão instigando novos estudos (ALVES; 2018).

3. Metodologia

Por meio de um levantamento bibliográfico e com os fundamentos de uma análise SWOT buscou-se avaliar as forças que interagem no aproveitamento do biogás para a geração de energia, conforme exemplificado na Figura 1. Uma avaliação qualitativa foi realizada através da identificação dos pontos fortes e fracos, ameaças e oportunidades na aplicação da técnica no tratamento de RSO, considerando o cenário de uma cidade como Campinas. As legislações vigentes também foram consideradas.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Figura 1 – Matriz da análise SWOT

		Análise Interna	
		Pontos Fortes (Strengths)	Pontos Fracos (Weaknesses)
Análise Externa	Oportunidades (opportunities)	<p>Maior aproveitamento dos pontos fortes por meio das oportunidades detectadas promovendo o desenvolvimento</p>	<p>Desenvolver estratégia que reduzam os efeitos negativos dos pontos fracos e que simultaneamente aproveitem as oportunidades emergentes para crescimento</p>
	Ameaças (Threats)	<p>Aproveitamento dos pontos fortes para minimizar o efeito das ameaças detectadas promovendo a manutenção</p>	<p>As estratégias a serem desenvolvidas para reduzir ou ultrapassar os pontos fracos e, tanto quanto possível, assegurando a sobrevivência.</p>

Fonte: Adaptado de ALVES et al. (2018).

4. Resultados

A produção de biogás é estimulada pela Lei nº 12.187/09, que instituiu a Política Nacional de Mudanças Climáticas, o qual fornece as diretrizes para que o Brasil possa reduzir as emissões de gases de efeito estufa e por intermédio da PNRS, favorece a destinação final dos resíduos sólidos como recurso energético, favorecendo a sustentabilidade ambiental, econômica e social (BRASIL, 2009). Aliando gestão ambiental à essência de políticas e práticas administrativas e operacionais, que levam em conta a saúde e segurança das pessoas e proteção do meio ambiente por meio da eliminação ou mitigação de impactos ambientais de empreendimentos ou atividades antrópicas, corrobora para o desenvolvimento sustentável.

Através da análise SWOT, é possível identificar os pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças relativas a um setor ou a um caso específico, tornando mais fácil a adoção de uma atitude sustentável. Assim observando-se as oportunidades e ameaças, dentre os considerados ao longo do desenvolvimento deste trabalho, buscou-se abordar fatores de análise externa sobre áreas como mercado, meio ambiente e variáveis econômicas, legislativas, sociais, tecnológicas



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

ou políticas. Alguns desses fatores irão facilitar o desenvolvimento de estratégias (oportunidades) e outros irão dificultá-las (ameaças) de maneira a direcionar a fundamentação de estratégias futura para a implementação da tecnologia em Campinas, podendo ser adaptado para outros municípios.

No cenário da cidade de Campinas a qual possui uma Central de Abastecimento de Campinas (CEASA), que desde 1989 o controle acionário da empresa é realizado pela prefeitura, no país é uma referência nacional sendo a quarta maior central de abastecimento do país e a 2ª maior do estado de São Paulo. Em cada feira, realizada pela CEASA de Campinas, são ofertados em média 4.000 toneladas de produtos, associada a um fluxo de aproximadamente 15.000 pessoas, o que resulta na geração de resíduos orgânicos e inorgânicos e que exigem um destino adequado (CEASA, 2020).

De maneira que há uma estrutura já estabelecida para recebimento e manejo de RSO, e assim percebe-se oportunidades para a população pode ser beneficiada com a geração de energia limpa e de baixo custo. Pode-se listar as seguintes oportunidades setoriais:

- a) A PNRS (BRASIL, 2010) estabelece a destinação adequada dos resíduos, este instrumento legal encoraja parcerias público-privado e corrobora com o objetivo nacional para melhoria da qualidade do ambiente.
- b) Estudos como de ALVES et al (2018), apontam que o retorno econômico proporcionado pelo aproveitamento de resíduos é tão expressivo, que chega a ser suficiente para despertar o interesse do setor privado.
- c) São 80 toneladas RSO são coletadas por dia em Campinas, que são submetidas a compostagem. Uma alternativa de tratamento e, conseqüentemente, de aproveitamento de resíduos orgânicos pelo processo biológico de sua transformação em CO₂, CH₄ H₂O e biomassa que é utilizado como fertilizante (CAMPINAS, 2020). Com essa quantidade de substrato é possível a implantação de um biodigestor, de interessante retorno energético. O lodo residual possui equivalentes propriedades em relação ao material compostado (LACERD, 2020).
- d) Utilização de resíduos como recursos disponíveis para obtenção de energia renovável, implementando a cultura de sustentabilidade, além do conhecimento de materiais de entrada é possível estimar a qualidade e otimizar a energia produzida com a otimização dos parâmetros do processo de digestão anaeróbia (GHOFRANI-ISFAHANI, et al., 2020).
- e) O município de Campinas conta com infraestrutura e sistemas de coleta dos resíduos, o que facilita o planejamento e gestão de um aumento contínuo na geração de resíduos, resultante do aumento populacional (CAMPINAS, 2020).
- f) A energia gerada seria de baixo custo e de acordo com a resolução 482/2012 da Aneel, favorável mercado para distribuição e venda da eletricidade.
- g) Possibilidade de se obter Crédito de Carbono, de acordo com a lei nº 12.187/2009.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

Essas oportunidades proporcionadas com a implantação da tecnologia referem-se aos pontos fortes para desenvolvimento pela promoção da redução dos impactos ambientais através da destinação adequada e uso dos resíduos sólidos orgânicos provenientes de centrais de abastecimento para obtenção de energia limpa e renovável.

Os investimentos ficariam a cargo do fomento das políticas públicas com instrumento de planejamento aliado ao setor privado, os quais poderiam se beneficiar da possibilidade de venda de energia elétrica gerada e fertilizante, contudo, desde que em montante inferior à economia que estivessem proporcionando às finanças municipais uma ameaça ao sucesso que pode ser inibida com adequada gestão planejamento de implementação.

Assim analisando as fraquezas do Ambiente no aproveitamento do biogás como fonte de energia há elementos estruturais e de gestão identificados, que inicialmente podem vir a ter um impacto negativo, comprometendo a sobrevivência da atividade, destacam-se:

- a) Os altos custos de investimento e operação, por ser uma tecnologia relativamente nova no Brasil, poderão levar alguns anos para serem barateados.
- b) Requisitos legais, técnicos e de segurança para permissão, construção e operação muitas vezes representam grandes obstáculos burocráticos, tanto público como privado.
- c) Falta de profissionais capacitados ou falta de experiência, uma vez que o operador tem atuação constante no monitoramento. Uma falha do processo pode comprometer a qualidade do biogás produzido (ALVES, et al., 2018).
- d) Ainda que bem desenvolvido, há potencial de risco do biogás ocasionar uma reação explosiva em uma determinada concentração fora dos parâmetros especificados (SEABRA JÚNIOR, 2017).
- e) Em casos de vazamentos o biogás é um forte poluente, o que causaria grande impacto ao meio ambiente (SEABRA JÚNIOR, 2017).

A partir desse estudo pode-se perceber a relevância e a urgência no desenvolvimento de tecnologias para a produção de biogás a partir de resíduos sólidos locais. O uso do biogás como uma fonte alternativa de energia contribuirá com uma matriz energética mais sustentável, bem como com a redução dos GEE.

Em relação ao aspecto político, o desenvolvimento dos instrumentos se estabelece com o contínuo diálogo entre legislativo e executivo, aprimorado e construindo vertentes para a universalização da tecnologia e adequando ao contexto de cada município.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

5. Conclusões

As crescentes preocupações ambientais, aliadas as novas demandas por uma sustentabilidade energética e pela redução na geração de resíduos, tem incentivado a busca por matrizes energéticas alternativas, onde o biogás tem figurado como uma importante opção. No entanto, constata-se que existe a necessidade de um maior fortalecimento da tecnologia através de linhas específicas de financiamento e incentivos fiscais mais incisivos que corroborem com um planejamento a curto e longo prazo para sua implementação. Pode-se observar ainda, que o investimento por parte de cidade como Campinas seria de grande valor em prol da sustentabilidade e otimização do processo de gerenciamento e destinação de resíduos.

6. Referências bibliográficas

- AGÊNCIA BRASIL (2019) **Brazil generates 79 million tons of solid waste every year.** Disponível em <http://agenciabrasil.ebc.com.br/en/geral/noticia/2019-11/brazil-generates-79-million-tons-solid-waste-every-year> Acesso em: 13 jan. 2020.
- ALVES, J. C. M. et al. **Planejamento estratégico organizacional: reflexões a partir da utilização das matrizes SWOT e GUT em uma Associação de Catadores de Materiais Recicláveis.** *Sistemas & Gestão*, v. 13, n. 2, p. 219-231, 2018.
- ANGELI, J.R.B. et al. **Digestão anaeróbica e integração em escala urbana: feedback e estudo de caso comparativo.** *Energia, Sustentabilidade e Sociedade*, v. 8, n. 1, p. 29, 2018.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo (2018). **Biometano de resíduos orgânicos.** Disponível em: Acesso em: 10 set. 2020.
- BRASIL. Lei nº 12.187/2009. **Dispõe sobre a Política Nacional sobre Mudança do Clima.** Diário Oficial da União, 29/dezembro/2009
- BRASIL. Lei nº 12.305/2010. **Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras resoluções.** Diário Oficial da União, 2/agosto/2010.
- CAMPINAS, Prefeitura de. **Coordenadoria de Tratamento de Resíduos.** 2020. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/servico-ao-cidadao/dlu/servicos.php>. Acesso em: 28 set. 2020.
- CEASA, Central de Abastecimento de Campinas. (2020) **CEASA Campinas – História.** Disponível em <http://www.ceasacampinas.com.br/institucional/historia> Acesso em: 10 mai. 2020.
- CIDADES, Ministério das. **Projeto PROBIOGÁS.** Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/probiogas>. Acesso em: 28 set. 2020.
- DESA, U. N. et al. **Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development.** 2016
- GHOFRANI-ISFAHANI, P. et al. **Effect of metal oxide based TiO₂ nanoparticles on anaerobic digestion process of lignocellulosic substrate.** *Energy*, v. 191, p. 116580, 2020



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

KAZA et al . 2018. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-1329-0. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30317/9781464813290.pdf> Acesso em: 07/06/2020.

LACERD, K. A. P. et al. **Compostagem: alternativa de aproveitamento dos resíduos sólidos utilizando diferentes modelos de composteiras**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 6, p. 40753-40763, 2020.

LIMA, I. C. M. A. **Perspectivas e propostas para a expansão do biogás no brasil: uma análise de políticas públicas**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

MMA – Ministério do Meio Ambiente (2010). **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <https://mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos.html> Acesso em: 30 out. 2020.

SEABRA JÚNIOR, E. **Análise da produção de biogás proveniente da mistura de biomassa da suinocultura com bagaço de cana de açúcar em diferentes granulometrias**. 88 f. Dissertação - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

WILKEN, D., et al., **Biowaste to biogás**, Fachverband, Edição 2, P.1-68, 2019