

30 de setembro a 4 de outubro
Ponta Grossa - PR - Brasil

DESAFIOS DA INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA O SETOR DO BIOGÁS NO BRASIL

INNOVATION CHALLENGES FOR SUSTAINABLE BIOGAS SECTOR IN BRAZIL

ÁREA TEMÁTICA: INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E EMPREENDEDORISMO

Jéssica Carvalho Sobczak, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, jessica.carvalho.sobczak@gmail.com

Clarissa Stefani, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, clastefani@gmail.com

Alexandre Augusto Biz, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, bizdetur@gmail.com

Caroline Rodrigues Vaz, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, caroline.vaz@ufsc.br

Resumo

Com a crescente demanda de sustentabilidade, tal como a redução dos gases do efeito estufa, a utilização de fontes renováveis de energia e produção sustentável, o biogás tem sido uma opção viável e está apresentando um crescimento em todo o mundo, sobretudo nos países europeus. O biogás tem como benefícios a geração de energia elétrica, biofertilizante e biocombustível e por ser um produto obtido através do tratamento de resíduos orgânicos, também tem um impacto direto no que diz respeito a gestão residual, como por exemplo das atividades agrícolas, criação de animais, resíduos sólidos urbanos, entre outros. Porém, ainda há muitas barreiras para o seu desenvolvimento no Brasil. Para esse artigo, será realizada uma revisão de literatura exploratória tendo como objetivo identificar as barreiras referentes as inovações sustentáveis no setor. Os resultados indicam que o Brasil ainda tem muitas barreiras regulatórias, bem como questões de conhecimento e econômicas.

Palavras-chave: Inovações; Sustentabilidade; Eco-inovação; Biogás.

Abstract

With increasing demand for sustainability, such as the reduction of greenhouse gases, the use of renewable energy sources and sustainable production, biogas has been a viable option and is growing worldwide, especially in European countries. Biogas has the benefits of electric energy generation, biofertilizer and biofuel, and because it is a product obtained through the treatment of organic waste, it also has a direct impact on residual management, such as agricultural activities, animal manure, solid urban waste, among others. However, there are still many barriers to its development in Brazil. For this article, an exploratory literature review will be carried out aiming to identify the barriers related to sustainable innovations in the sector. The results indicate Brazil still has many regulatory barriers, as well as knowledge and economic issues.

Keywords: Innovations; Sustainability; Eco-innovation; Biogas.

1. INTRODUÇÃO

Na última década, o desenvolvimento de uma sociedade de baixo carbono e sustentável tem recebido enorme atenção política e acadêmica, pois representa uma solução desejável para as mudanças climáticas, a segurança energética e o crescimento econômico (Cavicchi, 2016). As energias renováveis tornaram-se uma importante solução estratégica para enfrentar as

alterações climáticas e as crises energéticas, conseguindo simultaneamente um desenvolvimento sustentável. Muitos países comprometeram-se a reduzir as suas emissões e a garantir o aprovisionamento energético através da promoção do desenvolvimento de energias renováveis (Chen, Cong, Shu & Mi, 2017).

Aliado a essa necessidade, o biogás surge como uma opção viável para tais propósitos. A produção de biogás através da tecnologia de digestão anaeróbica avançou tremendamente ao longo dos anos, consistindo em um processo microbiológico, que na ausência de oxigênio, proporciona interações enzimáticas e metabólicas sobre compostos orgânicos (biomassa residual) que convertem em matéria estabilizada, principalmente água, biofertilizante e em um conjunto de gases conhecido como biogás, dos quais o gás metano (CH₄) é majoritário e lhe confere características combustíveis (Angelidaki et al., 2009; Pitk, Kaparaju, Palatsi, Affes & Vilu, 2013).

O ciclo de produção representa um sistema integrado de produção de energia renovável, utilização de recursos, tratamento de resíduos orgânicos, reciclagem e a redistribuição de nutrientes, gerando benefícios agrícolas e ambientais interligados (Holm-Nielsen, Seadi &, 2009). Sabendo-se disso, aliado a alta demanda de energia e as preocupações ambientais à medida que a população mundial aumenta, o impulso para processos de digestão anaeróbica está ganhando força dentro da pesquisa e da indústria para geração de energia sustentável. Nesse sentido, há um foco crescente na melhor utilização de matéria-prima para melhorar a produção de biogás (Patinvoh, Osadolor, Chandolias, Horváth & Taherzadeh, 2017).

Os desafios de sustentabilidade ambiental, além da crescente gama de restrições ambientais enfrentadas pela indústria, indicam que há uma necessidade urgente de abordagens que possam proporcionar melhorias significativas na mudança do desempenho ambiental dos produtos. A eco-inovação é uma abordagem que tem o potencial para atender a essa necessidade (Xavier, Naveira, Aoussat & Reyes, 2017). Segundo Bley (2015), o biogás é uma fonte de energia que pode gerar diversos impactos ambientais, sociais e econômicos. Por isso, é considerado um meio para o aumento da sustentabilidade nos processos produtivos. Sendo assim, o objetivo desse artigo é realizar uma reflexão dos desafios da inovação sustentável para o setor do biogás.

O artigo se apresenta em 6 seções, sendo a primeira composta por esta introdução. A segunda apresenta definições sobre dos temas de sustentabilidade e inovação. A terceira mostra o que é eco-inovação ou inovação sustentável. Na quarta seção discute-se a eco-inovação e o setor do biogás. A quinta seção apresenta as principais barreiras para implementação da eco-inovação no setor do biogás. E por último, o artigo apresenta as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

Desde a Comissão Brundlandt, muitas definições alternativas de sustentabilidade têm sido propostas e diversas interpretações do conceito são feitas. Muitos deles são baseados no conceito de “três pilares” ou “triple bottom line” (TBL). Enquanto a Comissão Brudtland apresentou um modelo de dois pilares refletindo preocupações ambientais e de desenvolvimento, o modelo TBL de três pilares separa as questões de desenvolvimento em fatores sociais e econômicos, enfatizando que “ganhos materiais não são medidas suficientes ou preservadores do bem-estar humano” (Pope, Annadale & Morrison-Saunders, 2004).

A promessa de inovação mais ecológica há muito vem sendo apresentada em debates sobre a mitigação da degradação ambiental no desenvolvimento industrial. Os estudos de inovação têm muito a oferecer aos interessados em garantir novos produtos, processos e serviços que

melhoram o bem-estar humano, sem prejudicar os sistemas de suporte à vida ambiental. Estudos de inovação podem explicar como e por que tais práticas de produção e consumo “mais verdes” surgem ou não, e sugerem como esses tipos de prática podem ser acelerados às custas de alternativas ambientalmente mais prejudiciais (Smith, Voß & Grin, 2010).

De acordo com o Manual de Oslo (OECD, 2018), a inovação é um produto novo ou melhorado ou processo (ou sua combinação) que difere significativamente dos produtos ou processos anteriores da unidade e que foi disponibilizada aos utilizadores potenciais (produto) ou postos em serviço pela unidade (processo).

Com relação a eco-inovação, Kemp e Pearson (2007), propõem a seguinte definição:

“Eco-inovação é a produção, assimilação ou exploração de um produto, processo de produção, serviço ou gestão ou método de negócio que é novo para a organização (desenvolvendo ou adotando) e que resulta, ao longo do seu ciclo de vida, numa redução do risco ambiental, poluição e outros impactos negativos do uso de recursos (incluindo o uso de energia) em comparação com alternativas relevantes.”

Nota-se que "eco-inovação" refere-se à "eco-eficiência", um modo de atuação que resulta da interseção de duas dimensões da sustentabilidade, a econômica e a social. A eco-eficiência implica a redução dos impactos ambientais ao tentar alinhar o uso de recursos ao longo de todo o ciclo de vida do produto para corresponder à capacidade de carga da Terra e, ao mesmo tempo, fornecer mercadorias com preços competitivos, satisfazer as necessidades humanas e trazer qualidade de vida agregando valor máximo com uso mínimo de recursos e poluição mínima (Hellström, 2007).

Inovações eco-eficientes são, por exemplo, as que reduzem a quantidade de materiais e energia por unidade produzida, eliminam substâncias tóxicas e aumentam a vida útil dos produtos. Porém, elas podem gerar desemprego, destruir competências, prejudicar comunidades ou segmentos da sociedade, entre outros problemas sociais. Por isso, a dimensão social deve estar presente de forma explícita, para que a inovação eco-eficiente seja também uma inovação sustentável (Barbiei & Andreassi, 2010).

As atividades de inovação podem ser obstruídas por diversos fatores. Pode haver razões para que não sejam iniciadas atividades de inovação e fatores que refreiam tais atividades ou as afetam negativamente. Incluem-se fatores econômicos, como custos elevados e deficiências de demanda, fatores específicos a uma empresa, como a carência de pessoal especializado ou de conhecimentos, e fatores legais, como regulações ou regras tributárias (OECD, 1997).

2.2 ECO-INOVAÇÃO

Uma das primeiras definições de eco-inovação foi sugerida por Fussler e James (1996), que a descreveram como inovações que trazem benefícios tanto ao empreendedor quanto ao consumidor com a limitação simultânea do impacto negativo da economia sobre o meio ambiente. Portanto, a eco-inovação é um tipo particular de combinação de inovação (novidade, criatividade, mudança) e sensibilidade ambiental ou consciência ecológica (Ociepa-Kubicka & PACHURA, 2017).

Para Carrillo-Hermosill, Ríó e Könnöla (2010), a eco-inovação é definida como uma inovação que melhora o desempenho ambiental, em consonância com a ideia de que a redução dos impactos ambientais (intencionais ou não) é a principal característica distintiva do eco-inovação. Também traz distinções entre mudanças radicais e incrementais que são trazidas pela mesma:

- i. As **mudanças incrementais** referem-se a modificações graduais e contínuas que aumentam a competência, preservando os sistemas de produção existentes e sustentando

as redes existentes, criando valor agregado adicional no sistema existente no qual as inovações estão enraizadas.

- ii. **Mudanças radicais**, em contraste, são destruições de competência, mudanças descontínuas que buscam a substituição de componentes existentes - ou sistemas inteiros - e a criação de novas redes, criando valor agregado.

As inovações necessárias para o desenvolvimento sustentável precisam ir além dos ajustes incrementais. O desenvolvimento sustentável requer a transformação de partes maiores dos sistemas de produção e consumo (Boons, 2009). Inovações incrementais (relacionadas ao produto e ao processo) nos sistemas de produção e consumo existentes podem levar a melhorias graduais do desempenho de sustentabilidade, mas no final, a inovação incremental frequentemente não leva a uma configuração de sistema globalmente ideal em uma produção multidimensional e espaço do sistema de consumo (Wagner, 2012; Larson, 2000; Alkemade, Frenken, Hekkert & Schwoon, 2009; Schaltegger e Wagner, 2011).

Essas preocupações ambientais para a inovação são impulsionadas por pressões externas, como regulamentação governamental mais rígida e partes interessadas, ou pelo reconhecimento de que pode levar a uma vantagem competitiva e ao aumento de desempenho por meio da redução de custos e/ou melhoria da reputação. Além disso, há evidências de que as inovações ambientais não prejudicam o desempenho econômico, nem no curto prazo nem no contexto da crise financeira global (Díaz-García, González-Moreno & Sáez-Martínez, 2015).

2.3 ECO-INOVAÇÃO E BIOGÁS

As corporações são os principais eco-inovadores que desempenham um duplo papel. Em primeiro lugar, eles devem assumir a responsabilidade pela emissão de gases de efeito estufa, internalizando os custos de suas atividades produtivas através de uma postura mais proativa em relação à sua gestão ambiental e, por outro, que introduzem inovações ambientais com o objetivo de reduzir as emissões através do desenvolvimento e difusão de tecnologias mais limpas ou tecnologias ambientalmente amigáveis como parte de suas estratégias de gestão (Durán-Romero & Urraca-Ruiz, 2015).

A taxa de inovação no campo da tecnologia de mitigação das mudanças climáticas tem sido principalmente em tecnologias consideradas competitivas, como energia eólica, energia solar, biocombustíveis, geotérmica e hidrotérmica (Durán-Romero & Urraca-Ruiz, 2015).

O potencial neutro de CO₂ dos combustíveis produzidos a partir de recursos renováveis, portanto, os impactos negativos mínimos nas mudanças climáticas, é frequentemente um forte argumento a favor das energias renováveis (Jury, Benetto, Koster, Schimtt & Welfring, 2010). Um balanço energético positivo nas rotas de produção e utilização de biogás, incluindo a aplicação do processo de digestão anaeróbica para a gestão de resíduos, também aumenta a sustentabilidade ambiental do biogás como combustível renovável (Pöschl, Ward & Owende, 2010). O biogás é considerado neutro em carbono porque o carbono contido no biogás provém da matéria orgânica (matéria-prima), aprisionada do carbono no CO₂ atmosférico em um tempo relativamente curto (Santos, Vieira, Nóbrega, Barros & Filho, 2018). O ganho real obtido ao substituir os combustíveis fósseis pelo biogás depende do substrato utilizado e de outros fatores operacionais, mas, de acordo com a literatura atual, seria possível reduzir as emissões de GEE em pelo menos 70% (Capodaglio, Callegari & Lopez, 2016).

A digestão anaeróbia dos resíduos é uma tecnologia alternativa sustentável que atende em parte as disposições legais imposta pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, já que permite mitigar os efeitos adversos da disposição dos resíduos em lixões, pela recuperação da energia potencial contida neles, gerando metano - um gás com potencial para produção de eletricidade, calor e combustível veicular (Carlsson, Lagerkvist & Morgan-Sagastume, 2012)

além de um efluente biofertilizante que pode ser usado para valorização dos solos (Victorino, Vianna, Zaneti & Vilarinho, 2016).

Estudos feitos e projetos concretos em andamento em diversos países do mundo, incluindo Brasil, provam que a digestão dos resíduos sólidos em geral e dos resíduos alimentares em particular, permite resolver simultaneamente os problemas de demanda energética, gestão de resíduos e emissões de gases de efeito de estufa (GEE); resolver a contradição prevalecente entre meio ambiente e desenvolvimento e, sobretudo, colaborar para a coexistência necessária entre prosperidade econômica e meio ambiente saudável (Carrilho, 2012; Kothari, Pandey, Kumar, Tyagi & Tyagi, 2014; Rajendran, Kankanala, Lundin & Taherzadeh, 2014; Robbins, 2012).

Os produtores de biogás, no entanto, lutam para alcançar os potenciais ganhos descritos na literatura. Esses produtores enfrentam uma série de barreiras de produção, distribuição e marketing. Ao abordar essas barreiras, vários estudos recentes sobre tecnologia de biogás enfatizam a importância da formulação de políticas em torno do desenvolvimento da produção de biogás (Karlsson, Hoveskog, Halila & Mattsson, 2018).

3. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo qualitativo de revisão narrativa, apropriada para discutir o estado da arte de um determinado assunto. É constituída por uma análise ampla da literatura, sem estabelecer uma metodologia rigorosa e replicável em nível de reprodução de dados e respostas quantitativas para questões específicas (Toledo e Rodrigues, 2017).

Sendo assim, a pesquisa se caracteriza como de natureza teórica e básica em relação ao tema abordado. Do ponto de vista dos objetivos, classifica-se como exploratória e descritiva, pois buscou informações específicas e características do que está sendo estudado (Gil, 2005).

Para essa revisão realizada nos meses de maio e junho de 2019, foram feitas pesquisas em bancos de dados como *Google Scholar*, *Web of Science* (WoS) e *Scopus*, empregando palavras-chave como *eco-innovation*, *biogas*, *sustainability* e *biogas barriers*. Os critérios utilizados para seleção foram ter tais palavras no título ou palavras-chaves ou possuir as palavras-chave relacionadas no resumo/*abstract*.

Ao final, restaram 30 artigos para análise por meio de leituras e estudos dos dados e resultados, bem como fundamentação teórica e em seguida, foi realizada uma análise das barreiras encontradas pelo setor de biogás para o desenvolvimento da inovação sustentável no Brasil.

4. RESULTADOS

4.1 BARREIRAS DA INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL NO SETOR DO BIOGÁS

A inovação ambiental é geralmente impulsionada por uma mistura de fatores de regulação ambiental, pressão de custo, vantagens competitivas e pressão do cliente (Díaz-Garcia et al., 2015).

No caso das energias renováveis, os riscos associados derivam tanto de fatores econômicos subjacentes como de barreiras que são de natureza não econômica. Uma barreira econômica está presente se o custo de uma determinada tecnologia estiver acima do custo de alternativas concorrentes, mesmo sob condições ótimas de mercado. A maturidade tecnológica e as barreiras econômicas estão muito diretamente conectadas. Todos os outros tipos de barreiras são categorizados como não econômicos (Müller, Brown & Ölz, 2011).

A figura 1 ilustra as barreiras encontradas para o desenvolvimento das energias sustentáveis, visto que o biogás enquadra-se nesse contexto.

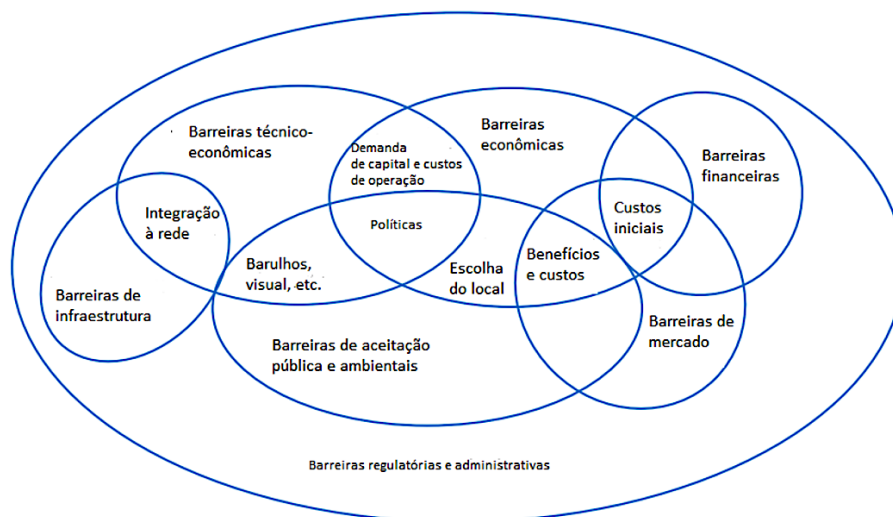


Figura 1 – Tipos de barreiras para o desenvolvimento de energias renováveis. Fonte: Adaptado de Müller, Brown e Ölz, 2011.

Essas barreiras apresentadas, baseiam-se no desenvolvimento de todos os tipos de energias renováveis. Para o biogás, Capodaglio et al. (2016), dizem que ao discutir a promoção e o desenvolvimento do setor, é de suma importância considerar as barreiras não-tecnológicas existentes (isto é, sem relação com os processos tecnológicos, mas limitando a subsequente difusão do uso do produto). Estes podem ser sumariamente divididos em barreiras econômicas, administrativas e de mercado.

Exemplos de **barreiras econômicas** são: necessidade de grandes investimentos, falta de perspectiva de longo prazo, baixa lucratividade (por exemplo, nas vendas de biogás ou eletricidade), usos finais limitados para o calor produzido, recursos de investimento limitados (por exemplo, devido à crise financeira), custos de conexão à rede, dificuldades logísticas para aquisição de matéria-prima. O financiamento é frequentemente mencionado como um problema para a implementação de projetos de biogás em muitos países.

Entre as **barreiras administrativas** estão: burocracia esmagadora (incluindo dificuldades na obtenção de permissões), instabilidade de políticas e descontinuidade de medidas de apoio, e falta de aceitação pública da tecnologia.

Com relação as **barreiras de mercado**, estão inclusas: mercado imaturo, modernização dispendiosa de infraestrutura e instalações de fim de uso, falta de infraestrutura de transporte e capacidade de armazenamento, variabilidade sazonal da oferta de insumos implicando custos de compra voláteis, rede de distribuição esparsa (por exemplo, usos) e custear a concorrência com o gás natural.

Vindo de encontro com as barreiras econômicas citadas por Capodaglio et al. (2016), a ABiogás (2015) afirma que uma das razões a dificultar o desenvolvimento do biogás no Brasil, como fonte de energia não convencional, pode ser identificada como a falta de articulação das várias instituições tanto de estado, quanto de iniciativa privada, com responsabilidades de cuidar do biogás como um produto de alto valor estratégico para os sistemas nacionais de energia, com externalidades indiretas para a sustentabilidade de sistemas produtivos e de saneamento ambiental.

Para Bley (2015), uma das barreiras encontradas é que as atividades que geram resíduos e efluentes orgânicos, matérias-primas para produção de biogás, não consideram, não valorizam e, por isso, não incorporam o biogás. Jogam-no fora junto com os resíduos orgânicos. Preferem suprir suas demandas energéticas de forma mais convencional, como consumidores, mesmo que os custos da energia incidam significativamente nas planilhas dos seus produtos e serviços.

Victorino et al. (2016) afirma que, a maioria dos autores analisados dizem que os maiores gargalos que se colocam no aproveitamento dessa tecnologia em particular nos países em desenvolvimento são a baixa produção de biogás, dificuldades no monitoramento e controle dos processos, utilização ineficiente do biogás e a ociosidade. Também mostra que a digestão anaeróbia dos resíduos para fins energéticos, é uma tecnologia promissora. Porém, a sua aplicação é também acompanhada por sérios desafios cuja superação passa por estudos detalhados dos procedimentos mais adequados para o pré-tratamento dos resíduos, condicionamento do substrato, arranque e monitoria dos reatores, dentre outros aspectos decisivos, para maximizar o desempenho do processo e tirar maior vantagem possível dessa tecnologia (Victorino et al., 2016).

Outro ponto é com relação aos biodigestores. Os biodigestores podem apresentar problemas de eficiência influenciados por um manejo incorreto ou pela influência da temperatura ambiente. Esta última variável pode alterar a temperatura da biomassa no interior do biodigestor e, nos meses de inverno, reduzir a atividade dos microrganismos, já que estes apresentam uma temperatura ótima de crescimento por volta de 35 °C (Oliveira, 2005).

É importante considerar que as inovações do biogás no Brasil ainda são pouco difundidas e consolidadas devido aos diversos fatores, como foram apontados por diferentes autores.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

O setor de biogás representa um grande aliado no que diz respeito a inovações de sustentabilidade, visto que está inserido fortemente dentro dos processos produtivos e na gestão de resíduos, buscando fechar o ciclo biológicos e trazer a sustentabilidade através da redução de energia, liberação de gases do efeito estufa (GEE), bem como mitigar diversos problemas residuais, trazendo benefícios econômicos, ambientais e sociais.

Porém, ainda há muitas barreiras para a sua implementação e difusão no Brasil. É possível perceber que cada setor pode acabar por enfrentar algum problema específico, porém, as questões gerais, principalmente no que diz respeito a regulamentações, questões financeiras, tecnológicas e conhecimento, entre outros abordadas, são fatores que dificultam o avanço do desenvolvimento desse setor de biogás.

Recomenda-se que hajam mais pesquisas e estudos nessa área focadas nos setores em potencial do Brasil, bem como incentivos a políticas públicas e investimentos, para que assim possa ocorrer uma expansão e rompimento dessas barreiras encontradas.

REFERÊNCIAS

- Abiogás. (2015). Proposta de Programa Nacional do Biogás e do Biometano PNBB. São Paulo/
- Alkemade, F., Frenken, K., Hekkert, M. P., Schwoon, M. (2009). Complex Systems Methodology to Transition Management, *Journal of Evolutionary Economics*, 19, 527-543.
- Angelidaki, I., Alves, M., Bolzonella, D., Borzacconi, L., Campos J. L., Guwy, A. J., Kalyuzhnyi, S., Jenicek, P., Van Lier, J. B. (2009). Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays, *Water Science & Technology*, 59, 5, 927-934.
- Barbieri, J. C & Andreassi, T. (2010). INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: NOVOS MODELOS E PROPOSIÇÕES, *RAE – Revista de Administração de Empresas*, 50, 2, 146-154.
- Bley Jr., C. (2015). Biogás: a energia invisível. 2ª edição revisada e ampliada. São Paulo: CIBiogás; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional.
- Boons, F. (2009). Creating Ecological Value. An Evolutionary Approach to Business Strategies and the Natural Environment. Cheltenham: Edward Elgar Pub.

- Cavicchi, B. (2016). Sustainability that backfires: the case of biogas in EmiliaRomagna, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 21, 13-27.
- Capodaglio, A. G., Callegari, A.; Lopez, M. V. (2016). European Framework for the Diffusion of Biogas Uses: Emerging Technologies, Acceptance, Incentive Strategies, and Institutional-Regulatory Support, *Sustainability*, 8, 298, 1-18.
- Carlsson, M., Lagerkvist, A., Morgan-Sagastume, F. (2012). The effects of substrate pre-treatment on anaerobic digestion systems: A review, *Waste Management*, 32, 9, 1634-1650.
- Carrilho, N. F. Q. (2012). Valorização de Bio-Resíduos Alimentares por Digestão Anaeróbia Descentralizada – Caso de Estudo: Campus da FCT/UNL. 2012. Dissertação (Mestrado em Energia e Bioenergia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Carrillo-Hermosilla, J., Río, P. del, Könnöla, T. (2010). Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies, *Journal of Cleaner Production*, 18, 1073-1083.
- Chen, L., Cong, R., Shu, B., Mi, Z. (2017). A sustainable biogas model in China: The case study of Beijing Deqingyuan biogas project, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 773-779.
- Díaz-García, C., González-Moreno, Á., Sáez-Martínez, F. J. (2015). Eco-innovation: insights from a literature review, *Innovation: Management, Policy & Practice*, 17, 1, 6-23.
- Durán-Romero, G., Urraca-Ruiz, A. (2015). Climate change and eco-innovation. A patente data assessment of environmentally sound technologies, *Innovation: Management, Policy & Practice*, 17, 1, 115-138.
- Fussler, C., James, P. (1996). *Eco-innovation: a Break through Discipline for Innovation and Sustainability*. Pitman Publishing, London.
- Gil, A. C. (2005). Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999. *Como elaborar projetos de pesquisa*, 4.
- Hellström, T. (2007). Dimensions of Environmentally Sustainable Innovation: the Structure of Eco-Innovation Concepts, *Sustainable Development*, 15, 148-159.
- Holm-Nielsen, J. B., Seadi, T. Al, Oleskowicz-Popiel, P. (2009). The future of anaerobic digestion and biogas utilization, *Bioresource Technology*, 100, 5478-5484.
- Horschig, T., Adams, P. W. R., Gawel, E., Thrän, D. (2018). How to decarbonize the natural gas sector: A dynamic simulation approach for the market development estimation of renewable gas in Germany, *Applied Energy*, 213, 555-572.
- Jury, C., Benetto, E., Koster, D., Schmitt, B., Weltring, J. (2010). Life Cycle Assessment of biogas production by monofermentation of energy crops and injection into the natural gas grid, *Biomass and Bioenergy*, 31, 1, 54-66.
- Karlsson, N. P. E., Hoveskog, M., Halila, F., Mattsson, M. (2018). Early phases of the business model innovation process for sustainability: Addressing the status quo of a Swedish biogas-producing farm cooperative, *Journal of Cleaner Production*, 172, 2759-2772.
- Kemp, R., Pearson, P. (2007). Measuring eco-innovation. Final report MEI project about measuring eco-innovation, <https://www.oecd.org/env/consumption-innovation/43960830.pdf> (15 de junho de 2019).
- Kothari, R., Pandey, A. K., Kumar, S., Tyagi, V. V., Tyagi, S. K. (2014). Different aspects of dry anaerobic digestion for bio-energy: An overview, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 174-95.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations, *Ecological Economics*, 143, p. 37-46.
- Larson, A. L. (2000). Sustainable innovation through an entrepreneurship lens, *Business Strategy and the Environment*, 9, 304-317.

- Müller, S., Brown, A., Ölz, S. (2011). Policy Considerations For Deploying Renewables. *Renewable Energy*, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Renew_Policies.pdf (16 de junho de 2019).
- Ociepa-Kubicka, A., Pachura, P. (2017). Eco-innovations in the functioning of companies, *Environmental Research*, 156, 284-290.
- OECD. (1997). Manual de Oslo: Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação, <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf> (15 de junho de 2019).
- OECD. (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, 4ª edição. Paris: OECD; Eurostat.
- Oliveira, P. A. V. de. (2005). Projeto de biodigestor e estimativa da produção de biogás em sistemas de produção, *Comunicado Técnico, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves*, 417, 1-6.
- Patinvoh, R. J., Osadolor, O. A., Chandolias, K., Horváth, I. S., Taherzadeh, M. J. (2017). Innovative pre-treatment strategies for biogas production, *Bioresource Technology*, 224, 13-24.
- Pitk, P., Kaparaju, P., Palatsi, J., Affes, R., Vilu, R. (2013). Co-digestion of sewage sludge and sterilized solid slaughterhouse waste: Methane production efficiency and process limitations, *Bioresource Technology*, 134, 227-232.
- PROBIOGÁS. (2016). Barreiras e propostas de soluções para o mercado de biogás no Brasil. Ministério das Cidades, Brasília.
- Pöeschl, M., Ward, S., Owende, P. (2010). Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways, *Applied Energy Journal*, 87, 11, 3305-3321.
- Pope, J., Annandale, D., Morrison-Saunders, A. (2004). Conceptualising sustainability assessment, *Environmental Impact Assessment Review*, 24, 595-616.
- Rajendran, K., Kankanala H. R., Lundin, M., Taherzadeh, M. J. (2014). Bioresource technology a novel process simulation model (PSM) for anaerobic digestion using Aspen Plus, *Bioresource Technology*, 68, 7-13.
- Rennings, K. (2000). Redefining innovation — eco-innovation research and the contribution from ecological economics, *Ecological Economics*, 32, 319-332.
- Robbins, C. A. (2012). FOOD WASTE DIVERSION FOR ENHANCED METHANE GAS PRODUCTION AT THE DRAKE WATER RECLAMATION FACILITY. 2012. Tese (Mestrado em Ciências). Colorado State University. Fort Collins, Colorado.
- Santos, I. F. dos, Vieira, N. D. B., Nóbrega, L. G. B. de, Barros, R. M., Filho, G. L. T. (2018). Assessment of potential biogas production from multiple organic wastes in Brazil: Impact on energy generation, use, and emissions abatement, *Resources, Conservation & Recycling*, 131, 54-63.
- Schaltegger, S., Wagner, M. (2011). Sustainable entrepreneurship and sustainability innovation: categories and Interactions, *Business Strategy and the Environment*, 20, 4, 222-237.
- Smith, A., Voß, J., Grin, J. (2010). Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges, *Research Policy*, 39, 435-448.
- Toledo, J. A. de, Rodrigues, M. C. (2017). Teoria da mente em adultos: uma revisão narrativa da literatura. *Boletim – Academia Paulista de Psicologia*, 37, 139-156.
- Victorino, A., Vianna, J. N. S., Zaneti, I. C. B. B., Vilarinho, M. T. L. (2016). Biotecnologia e Sustentabilidade: Potencial de digestão anaeróbia na redução de resíduos, na produção de energia e de biofertilizantes, *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 5, 1, 68-87.

Xavier, A. F., Naveira, R. M., Aoussat, A., Reyes, T. (2017). Systematic literature review of eco-innovation models: Opportunities and recommendations for future research, *Journal of Cleaner Production*, 49, 1278-1302.

Wagner, M. (2012). *Entrepreneurship, Innovation and Sustainability*. 1ª edição. Sheffield: Routledge.