

**SOLUÇÃO PSS PARA TRATAMENTO DO LIXO ORGÂNICO DOMÉSTICO  
COMO ALTERNATIVA PARA MUNICÍPIOS PEQUENOS CUMPRIREM AS  
METAS DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)**

Jairo Carvalho ([americavend@gmail.com](mailto:americavend@gmail.com)) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná / Pós Graduação em Engenharia de Manufatura e Materiais - PPGEM

Milton Borsato ([borsato@utfpr.edu.br](mailto:borsato@utfpr.edu.br)) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná / Pós Graduação em Engenharia de Manufatura e Materiais – PPGEM

**RESUMO**

O objetivo deste artigo é propor uma solução alternativa para o processamento do lixo orgânico doméstico gerado pelos pequenos municípios brasileiros, alinhada com o conceito amplo de sustentabilidade aplicada ao território. As opções tecnológicas atuais para que os municípios brasileiros adequem-se às metas do Programa Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) têm custo elevado e não estão acessíveis à maioria deles. Muitos só poderiam adotá-las consorciando-se. Porém, a prática leva à conversão do território dum município em depósito do lixo dos demais, acarretando na sua depreciação e consequentes problemas sociais. Uma solução potencial são os biodigestores domésticos de pequeno porte - equipamentos que convertem o lixo doméstico em gás e fertilizantes. Ela tem sido usada com relativo sucesso em países da Ásia, mas carece de aperfeiçoamentos, devido às dificuldades de operacionalização pelos usuários finais e custos de implantação. O presente artigo propõe um modelo de sistema de produto-serviço (PSS) implementável através de parceiras público-privadas com vistas a superar estas dificuldades. Num cenário de implantação bem sucedida, o lixo seria tratado no mesmo local onde foi originado, atendendo a demanda de desenvolvimento territorial sustentável.

Palavras chave: *Lixo orgânico. Lixo doméstico. desenvolvimento territorial sustentável. PSS. Biodigestor. Biogás*

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da população e o seu adensamento nas cidades tem agravado os problemas ambientais e econômicos oriundos do descarte do lixo. Nos países em desenvolvimento, o lixo orgânico doméstico é comumente destinado a lixões (RAMOS et al., 2017), a céu aberto, sem nenhuma forma de tratamento (MONTEIRO, 2001). Como consequência, há uma série de problemas socio-ambientais, como a contaminação do ar, do solo, e a proliferação de doenças (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013; UNNIKRISHNAN; SINGH, 2010).

O Brasil possui quase 3 mil lixões, distribuídos em 1600 cidades, que afetam a saúde de 95 milhões de pessoas. E mais de R\$3 bilhões são gastos, anualmente, com saúde, fruto da contaminação da água, solo e ar (BLAST ELAINE, 2018).

Cerca de metade do lixo produzido no país é orgânico (MMA, 2017). Esse, além dos problemas supra-mencionados, contribui também para a proliferação de agentes propagadores de doenças, como ratos, mosquitos e outros.

Há soluções tecnológicas disponíveis no mercado para fazer frente ao problema. Contudo, elas estão além do alcance dos municípios, atuais responsáveis por contratá-las, devido ao seu elevado custo. Além disso, apresentam também outras fragilidades, como o não contemplar outros aspectos do desenvolvimento sustentável, como a transferência de passivo ambiental (tele-acoplamento) para outras localidades.

O presente artigo discute as fragilidades das soluções tecnológicas disponíveis sob a ótica do desenvolvimento territorial sustentável e apresenta uma proposta de solução de Sistema Produto Serviço (PSS) que contempla as lacunas observadas. Primeiramente, na seção 2, apresenta o conceito de desenvolvimento territorial sustentável. Em seguida, na seção 3 discute as soluções tecnológicas disponíveis. Então, na seção 4, apresenta a proposta e na 5 tece as considerações finais.

## 2. DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL SUSTENTÁVEL

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu nas décadas de 1970 e 1980, sendo consolidado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMAD), criada pela Organização das Nações Unidas (ONU), também conhecida como Comissão Brundtland. A CMAD o definiu como

Um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos

investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforça o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações futuras (...) é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades (WCED, 1987, p. 46).

Mais tarde o mesmo foi aprimorado por Sachs (2008), o qual propôs oito dimensões do desenvolvimento sustentável: ecológica, ambiental, social, cultural, econômica, política nacional, política internacional e territorial. Esse conceito é bem mais amplo do que o afamado “tripé da sustentabilidade”, o qual contempla apenas as dimensões econômica, ambiental e social.

Dentre as dimensões propostas por Sachs a territorial faz referência às configurações urbanas e rurais balanceadas, estratégias seguras de desenvolvimento para áreas ecologicamente frágeis e a superação das disparidades inter-regionais, entre outros (LAMIM-GUEDES, 2012).

Sachs (2008) trata também do conceito de territorialidade, que é o capital social construído no território. Segundo Fukuyama (1995), o capital social é “a capacidade das pessoas para trabalhar em conjunto para fins comuns em grupos e organizações”. Assim a territorialidade está relacionada com a capacidade das pessoas para trabalhar em conjunto dentro dum território.

Nesta linha, o engajamento das pessoas pode conduzir a positivos ou negativos. Em se tratando de soluções para a solução do problema de destinação do lixo orgânico, por exemplo, a escolha duma cidade como destino do lixo de outras pode conduzir a uma insatisfação popular e a redução do valor simbólico atribuído ao território, com impactos em outras dimensões como a econômica, com consequente desvalorização imobiliária na região. Isso leva ao questionamento: quais iniciativas podem ser enquadradas no conceito “desenvolvimento territorial sustentável”?

O mundo de hoje é interconectado, ou “tele-acoplado”. Desconsiderar o efeito do tele-acoplamento conduz a trabalhar-se em soluções de redução de degradação ambiental numa dada localidade, as quais resultarão em aumento da mesma em outras regiões. Conforme a agenda urbana dos membros das Nações Unidas, entende-se que a governança urbana deverá considerar o tele-acoplamento e incluir a aculturação ambiental e o direcionamento de incentivos aos

cidadãos com foco na preservação planetária, e não somente localizada (IBPES, 2018). Daí depreende-se que o desenvolvimento de quaisquer tecnologias para a solução do problema de processamento dos resíduos sólidos orgânicos num dado território deveria levar em consideração possíveis efeitos de tele-acoplamento e evitá-los, se possível. Infelizmente, isso ainda não acontece, como veremos na próxima seção.

### **3. SUSTENTABILIDADE DAS SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS ATUAIS**

Para fazer frente ao problema da destinação dos resíduos sólidos, o governo brasileiro atuou na dimensão política aprovando a lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e traçou a meta de acabar com os lixões em 2014 (FERREIRA, 2018). Porém, a meta não foi cumprida. Em 2015, 41,3% do lixo foi descartado de maneira inapropriada, em lixões ou aterros sem qualquer espécie de tratamento (GREICE et al., 2017). Como medida paliativa, o Senado Federal aprovou o projeto de lei no 425 de 2014, prorrogando os prazos para até 2021 (BRASIL, 2010).

De acordo com a Constituição Federal, o serviço de limpeza urbana deve ser provido pelos municípios. Contudo, segundo a Confederação Nacional dos Municípios, não há caixa disponível. Seriam necessários R\$70 bilhões para que todos os municípios cumprissem a lei (FEDERAL, [s.d.]).

As tecnologias oferecidas pela iniciativa privada estão além do orçamento dos municípios. Segundo ZURBRUG (2003), nos países em desenvolvimento as cidades não dispõem de recursos suficientes para atender a demanda de coleta de lixo. Usualmente, as soluções propostas são baseadas em padrões tecnológicos e práticas adequadas às condições e ambiente regulatório daqueles países, e não levam em consideração as diferenças técnicas, econômicas, sociais e institucionais dos países em desenvolvimento.

Atualmente, os métodos de tratamento considerados como alternativas viáveis no cenário nacional são a compostagem, a recuperação energética, a reciclagem e a disposição em aterros sanitários (ABRELPE, 2015). Apresentamos, a seguir, quadros quantitativos de custos de cada solução, para análise, com dados levantados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), para cada um dos sistemas, e uma breve análise de sua viabilidade. As avaliações consideram a geração de 1,04kg de lixo por habitante

/ dia, (ABRELPE, 2016), e um mês de 30 dias. O quadro 1 traz os custos da tecnologia de compostagem.

Compostagem		
Faixa de população	Custos de instalação	Custos operação
30 a 250 mil	R\$3 / ton	R\$90 / ton
250 mil a 1 milhão	R\$5,5 / ton	R\$70 / ton
mais de 1 milhão	R\$3,075 / ton	R\$45 / ton

Quadro 1 - Custos de instalação e operação para unidades de compostagem.

Fonte: BNDES, 2014 apud. ABRELPE, 2015

Pelos dados acima, teríamos uma despesa de operação de R\$84.240 mensais com compostagem, para um município de 30.000 habitantes, fora os custos com instalação. Para efeitos de comparação com a realidade dum município pequeno, levantou-se informações, numa entrevista presencial, com funcionários da secretaria da agricultura do município de Contenda - PR, sobre o orçamento atual para o gerenciamento de resíduos sólidos. O município possui população próxima de 20.000 habitantes. O orçamento do município para o tratamento do lixo é de R\$15.000,00 mensais, o que equivaleria a R\$22.500,00 para 30 mil habitantes. Este valor é cerca de um quarto do necessário para o gerenciamento utilizando-se a tecnologia. Os custos podem ser mitigados pela venda do fertilizante produzido pela compostagem. Contudo, é necessário existir demanda pelo produto no município, o que geralmente não ocorre quando as atividades industriais existentes em seu perímetro são predominantemente urbanas. No quadro 2, apresentam-se os custos para instalação e operação de aterros sanitários.

Porte	Toneladas processadas / dia	Custos de instalação	Custos operação	Total
Pequeno	100	6.976.285	45.468.163	52,4 milhões
Médio	800	30.049.713	206.485.324	236,5 milhões
Grande	2000	64.300.115	461.494.052	525,8 milhões

Quadro 2 - Custos para implantação e operação de aterros sanitários

Fonte: ABETRE & FGV, 2009 apud. ABRELPE, 2015

O custo de implantação dos aterros sanitários é alto, demandando produção de lixo em grande escala para viabilizar sua operação. Considerando o volume médio per capita de lixo diário gerado, um aterro de pequeno porte, com capacidade de 100 toneladas / dia, atenderia uma cidade de 100 mil habitantes. Ocorre que aproximadamente 95% dos municípios brasileiros têm população abaixo de 100 mil habitantes (ABRELPE, 2016). Para estes, o uso da tecnologia somente se tornaria viável mediante a realização de consórcios com municípios

próximos.

A situação altera-se para municípios maiores. O custo total por capacidade de processamento diário pula de R\$0,52 milhões / toneladas / dia para plantas de porte pequeno para R\$0,26 milhões / toneladas / dia para aterros de grande porte.

Capacidade máxima	Instalação	Operação
650 ton / dia	R\$280 milhões	R\$23 milhões
1300 ton / dia	R\$480 milhões	R\$40,33 milhões

Quadro 3 - Custos para implantação e operação de unidades de tratamento térmico

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2015

Baseando-se nas mesmas premissas de geração de lixo per capita, a menor unidade de tratamento térmico apresentada no quadro atenderia um município de aproximados 1,3 milhões de habitantes. Esta tecnologia seria, portanto, uma alternativa a ser considerada apenas no caso das maiores cidades brasileiras. Para as demais, a alternativa é buscar o consórcio com outras de maior porte. O que já é realizado em algumas regiões, como a região metropolitana de Curitiba.

Contudo, o consorciamento entre os municípios para valer-se de uma das tecnologias mencionadas acarreta outro problema, que impacta na dimensão territorial da sustentabilidade. A infra-estrutura de processamento terá que ser instalada num território pertencente a um dos consorciados, o que significa que ele receberá o lixo dos demais municípios, sofrendo, por consequência, impactos negativos, tanto ambientais quanto sociais. Esta é uma situação clássica de tele-acoplamento. Quando considerada sob a ótica das dimensões da sustentabilidade segundo Sachs (2008), não se pode afirmar que a solução é sustentável.

Assim, considerando que as soluções tecnológicas disponíveis não oferecem a todos os municípios a possibilidade de promoverem o desenvolvimento territorial sustentável, remanesce o desafio de buscar-se soluções mais sustentáveis para a resolução do problema. Fruto da identificação desta lacuna, vislumbra-se a possibilidade duma solução a partir da adaptação de uma tecnologia já usada, com relativo sucesso, noutros países em

desenvolvimento, a qual será apresentada na próxima seção.

### **3.1 Sistema de Produto Serviço (PSS)**

Segundo as definições mais aceitas, o PSS é definido como:

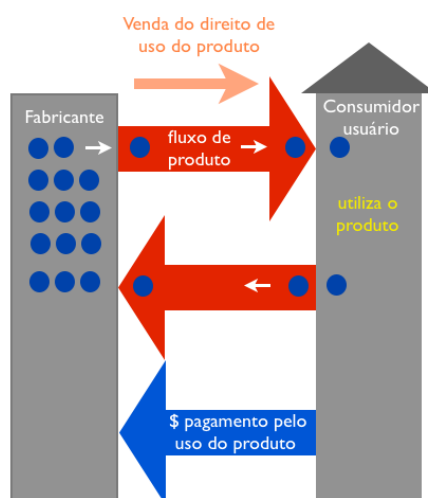
i - “um sistema de produtos, serviços, redes de suporte e infra-estrutura projetada para ser: competitiva, satisfazer a necessidade dos consumidores e ter um menor impacto ambiental que os modelos de negócio tradicionais” (MONT, 2002);

ii - "um conjunto de produtos e serviços comercializável capaz de, conjuntamente, suprir a necessidade do usuário" (GOEDKOOP, M. J., VAN HALEN, C. J. G., TE RIELE, H. R. M., ROMMENS, 1999).

Tukker (2004) dividiu as diferentes propostas de PSS existentes em 8 subdivisões, e as agrupou em 3 categorias de modelos de negócios - PSS orientada a produtos, PSS orientado ao uso e PSS orientado a resultados. No PSS orientado a produtos, o mesmo é vendido ao cliente, porém acompanhado de serviços como garantia e assistência técnica ao usuário. No PSS orientado a resultados o cliente paga, não pelo tempo, mas pelo resultado entregue através produto - exemplo: grama cortada. Neste caso, o tempo de disponibilidade da máquina de cortar grama é irrelevante para o cliente.

No PSS orientado ao uso o cliente paga pelo direito de uso ou disponibilidade do produto, por uma fração de tempo, rodagem ou outra unidade de medida. Mas propriedade do mesmo permanece sendo do fornecedor. A Figura 1 ilustra fluxo de produtos no modelo.

Figura 1 – Fluxo de produtos no modelo de negócio – PSS orientado ao uso



Fonte: O próprio autor.

O PSS orientado ao uso permite que um usuário o qual não teria recursos para pagar pela aquisição do produto possa usufruir de sua funcionalidade. Devido a esta característica, afigura-se promissor para solucionar o problema atual dos municípios pequenos para atenderem as metas da PNRS, como se verá na seção 4, a seguir.

#### 4. SISTEMA DE PRODUTO SERVIÇO: UMA SOLUÇÃO POTENCIALMENTE VIÁVEL

Segundo Carvalho; Bastchen; Borsato, (2018), o estudo de soluções para a mitigação dos problemas relacionados com a destinação do lixo doméstico é uma tendência. Considerando o gerenciamento do lixo como modelo de negócio, as pesquisas atuais abordam questões relacionadas ao retorno sobre o investimento em tecnologias comerciais de transformação do lixo em combustível ou caracterização do mesmo para permitir melhor segregação e reaproveitamento de partes não combustíveis. Mas não abordam a redução de custos das soluções.

No Brasil, o lixo orgânico monta 51,4% do total (GREICE et al., 2017). Neste caso, a digestão anaeróbia para a produção de biogás é a tecnologia que apresenta maior viabilidade técnica e econômica de implementação (CHATTERJEE; MAZUMDER, 2016). Contudo, ainda assim as soluções comerciais não estão acessíveis aos pequenos municípios brasileiros.

Neste contexto, enxerga-se uma luz no fim do túnel. Quando o Estado brasileiro instituiu



a Política Nacional de Resíduos Sólidos, delineou, como um dos instrumentos para o seu cumprimento a parceria público privada (BRASIL, 2010):

Art. 8º São instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, entre outros:

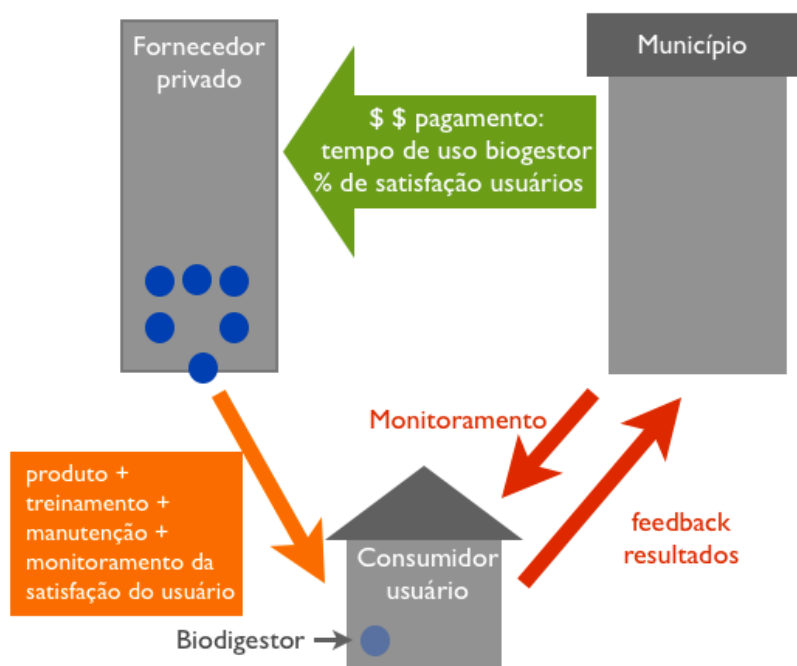
...VI - a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos;

Tal parceria pode ser eficaz para inovar, adaptando uma solução usada noutros países para a realidade brasileira. Biodigestores pequenos para tratamento do lixo orgânico são usados, com relativo sucesso, em países asiáticos. China e Índia, somente, somam mais de 30 milhões de sistemas instalados (ORTIZ; TERRAPON-PFA; DIENST, 2017). Também são usados na África, com o apoio de organizações não governamentais (LWIZA et al., 2017). Outro aspecto que os recomenda é devido ao fato de que cerca de 70% do custo do gerenciamento de resíduos sólidos é composto pelo transporte (GAZETA DO POVO, [s.d.]). Os biodigestores processam o lixo no local onde é gerado, eliminando essa etapa.

Contudo, a solução também possui deficiências. O custo inicial de aquisição ainda é relativamente alto para as famílias. E muitas, após a aquisição, deixam de utilizar a tecnologia devido à inabilidade de repará-los e a falta de acesso à compra de componentes roubados ou estragados. (LWIZA et al., 2017; ORTIZ; TERRAPON-PFA; DIENST, 2017).

Considerando os problemas identificados, vislumbra-se que uma solução potencial para as barreiras encontradas através de uma solução PSS orientada ao uso oferecida por empresas privadas em parceria com os municípios. No modelo proposto, o município pagaria pelo tempo de uso dos biodigestores. O fornecedor privado ofereceria treinamento aos potenciais usuários, serviços de instalação, transporte e manutenção dos equipamentos, conforme o esquema da Figura 2:

Figura 2 - PSS orientado ao uso proposto para municípios atenderem as metas da PNRS



Fonte: O autor.

O modelo proposto atende as demandas do usuário final identificadas, de treinamento de capacitação para uso dos biodigestores e suporte ao uso e manutenção ao longo do tempo. Também contorna o problema de falta de recursos, pois o município não teria o custo de adquirir o equipamento. Apenas pagaria uma fração do mesmo, mensalmente, pelo uso. Para isso, pode alocar a verba atualmente investida no transporte dos resíduos orgânicos, a fim de remunerar o fabricante. O modelo de negócio se viabiliza se mostrar-se rentável para o fornecedor privado, considerando seus custos de equipamento, pessoal e infra-estrutura de suporte para os consumidores finais. A pesquisa em curso objetiva levantar esta viabilidade considerando dados reais de verba disponível e custos para implantação num município da região metropolitana de Curitiba.

O projeto pode ainda ser conjugado com outros, como o de horta nas casas, posto que um dos sub-produtos dos biodigestores é o fertilizante. A proposta aqui apresentada constitui-se numa alternativa de desenvolvimento efetivamente sustentável no tratamento de resíduos sólidos orgânicos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de realização dum programa de parceira público-privada para a contratação de PSS orientado ao uso de biodigestores de pequeno porte, a qual integre as etapas de treinamento, instalação, manutenção e suporte ao usuário mostra-se promissora para suprir as deficiências encontradas nos projetos de implantação realizados noutros países. Sendo este o caso, teria-se uma situação na qual o lixo doméstico é disposto e tratado no local de sua produção, e os subprodutos do processo também são aproveitados no mesmo lugar. Tal solução contribuiria efetivamente para o desenvolvimento sustentável, considerando-se a dimensão territorial da sustentabilidade.

No presente está se pesquisando a viabilidade da presente proposta, para os atores envolvidos, considerando sua implantação num município da região metropolitana de Curitiba. Sugere-se, para trabalhos futuros, a análise de viabilidade para implantação da mesma em municípios localizados noutras regiões do Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Estimativas dos Custos para Viabilizar a Universalização da Destinação Adequada de Resíduos Sólidos no Brasil. Disponível em: <[http://abrelpe.org.br/arquivos/pub\\_estudofinal\\_2015.pdf](http://abrelpe.org.br/arquivos/pub_estudofinal_2015.pdf)>. Acesso em 21 set. 2018.
- ABRELPE. Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil 2016. Disponível em: <[www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf](http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf)>. Acesso em: 21 set. 2018.
- BEYENE, H. D.; WERKNEH, A. A.; AMBAYE, T. G. Current updates on waste to energy ( WtE ) technologies : a review. Reinforced Plastics, v. 24, n. March, p. 1–11, 2018.
- BLAST ELAINE. Brasil tem quase 3 mil lixões em 1.600 cidades, diz relatório | Natureza | G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2018/09/14/brasil-tem-quase-3-mil-lixoes-em-1600-cidades-diz-relatorio.ghtml>>. Acesso em: 13 mai. 2019.
- BRASIL, L. N. . 12. 30. DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 13 mai. 2019.
- CARVALHO, J.; BASTCHEN, G.; BORSATO, M. METHODS FOR SUPPORTING THE PROSPECTION OF OPPORTUNITIES AND THE FEASIBILITY ANALYSIS OF THE REUSE OF WASTE — OPPORTUNITIES AND TRENDS A LITERATURE REVIEW. (X. Xu, M. I. Dessouky, R. Y. Zhong, Eds.)48th International Conference on Computers & Industrial Engineering 2018 (CIE48). Anais...Auckland, New Zeland: Curran Associates, Inc. (2019), 2018
- CHATTERJEE, B.; MAZUMDER, D. Anaerobic digestion for the stabilization of the organic fraction of municipal solid waste : A review. v. 459, n. October 2015, p. 426–459, 2016.
- FEDERAL, S. De onde tirar recursos para pagar a limpeza pública — Revista Em Discussão! Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/residuos-solidos/realidade-brasileira-na->>

[pratica-a-historia-e-outra/de-onde-tirar-recursos-para-pagar-a-limpeza-publica>](#). Acesso em: 13 mai. 2019.

FERREIRA, A. Management of municipal solid waste in municipalities of Paraná. *Revista Capital Científico - Eletrônica*, v. 16, n. 2, 2018.

FUKUYAMA, F. Trust: the social virtues and the creation of prosperity. Free Press Paperbacks, 1995. GAZETA DO POVO. Capital ecológica? Curitiba coleta e transporta o seu lixo como nos anos 80.

Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/politica/parana/capital-ecologica-curitiba-coleta-e-transporta-seu-lixo-como-nos-anos-80-c8z1018tjx3m7q00azuee2f91/>>. Acesso em: 13 mai. 2019.

GAZETA DO POVO. Que saco... é pra pôr o lixo? Saiba o que muda com a nova coleta | Gazeta do Povo. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/que-saco-e-pra-por-o-lixo-saiba-o-que-muda-com-a-nova-coleta-0mxts7z9qq081e4tn2yg4mll8/>>. Acesso em: 13 mai. 2019.

GOEDKOOP, M. J., VAN HALEN, C. J. G., TE RIELE, H. R. M., ROMMENS, P. J. M. No Title. Product service systems, ecological and economic basics, 1999.

GREICE, R. et al. Municipal solid waste in Brazil : A review. *Waste Management & Research*. v. 35, n. 12, p. 1195 -1209, 2017.

HAASE, R. P. Product/Service-System Origins and Trajectories: A Systematic Literature Review of PSS Definitions and their Characteristics. *Procedia CIRP*, v. 64, p. 157–162, 1 jan. 2017.

IBPES. THE IBPES REGIONAL ASSESMENT REPORT ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES FOR THE AMERICAS, Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, p. 491-497, 2018

KUMEGAWA, L. S. CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CURITIBA: uma análise do sistema integrado de Processamento e Aproveitamento de Resíduos. 2018. 150f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

LAMIM-GUEDES, V. Consciência negra, justiça ambiental e sustentabilidade. *Sustentabilidade em Debate*, v. 3, p. 223-238, 2012.

LWIZA, F. et al. Energy for Sustainable Development Dis-adoption of Household Biogas technologies in Central Uganda. *Energy for Sustainable Development*, v. 37, p. 124–132, 2017.

MMA. Ministério do Meio Ambiente Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/politica-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 23 set. 2018.

MONT, O. . Clarifying the concept of product–service system. *Journal of Cleaner Production*, v. 10, n. 3, p. 237–245, jun. 2002.

MONTEIRO, J. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. 2001.

OLIVEIRA, T.; OLIVEIRA, T. F. Exposição às substâncias cancerígenas no ambiente de trabalho: ameaça a saúde dos catadores de lixo do Brasil. *Tempus Actas de Saúde Coletiva*, v. 7, n. 2, p. Pág. 139-143, 25 set. 2013.

ORTIZ, W.; TERRAPON-PFA, J.; DIENST, C. Understanding the diffusion of domestic biogas technologies. Systematic conceptualisation of existing evidence from developing and emerging countries. v. 74, n. September 2016, p. 1287–1299, 2017.

RAMOS, N. F. et al. Desenvolvimento de ferramenta para diagnóstico ambiental de lixões de resíduos sólidos urbanos no Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 22, n. 6, p. 1233–1241, dez. 2017.

SACHS, I. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Organização: Paula YoneStroh. Rio de Janeiro: Garamond, 3.ed., 2008.

- SANDEC / EAWAG. Solid Waste Management in Developing Countries. Disponível em: [https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/General\\_Overview/Zurbruegg\\_2002\\_SWM\\_DC.pdf](https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/General_Overview/Zurbruegg_2002_SWM_DC.pdf). Acesso em 13 mai. 2019.
- SHAHBAZI, S. et al. Material efficiency in manufacturing: swedish evidence on potential, barriers and strategies. *Journal of Cleaner Production*, v. 127, p. 438–450, 20 jul. 2016.
- STANCHEV, P. et al. Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. v. 141, 2017.
- TUKKER, A. Eight types of product service system: eight ways to sustainability? *Business Strategy and the Environment*, v. 13, p. 246–260, 2004.
- UNNIKRISHNAN, S.; SINGH, A. Resources , Conservation and Recycling Energy recovery in solid waste management through CDM in India and other countries. “Resources, Conservation & Recycling”, v. 54, n. 10, p. 630–640, 2010.
- WCED – World Comission on Environment and Development. *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press, 1987.
- MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. John Wiley & Sons, 2008.