

Análise estatística da geração de resíduos orgânicos de uma rede de hortifrutigranjeiros

Statistical analysis of the generation of organic waste from a fruit and vegetable chain

DOI:10.34119/bjhrv6n4-108

Recebimento dos originais: 23/06/2023

Aceitação para publicação: 19/07/2023

Emanuele Portella Mendonça

Mestre em Ciências Ambientais

Instituição: Universidade de Vassouras

Endereço: Av. Expedicionário Osvaldo de Almeida Ramos, 280, Centro, Vassouras - RJ,
CEP: 27700-000

E-mail: emanuele.portella@gmail.com

Marco Antônio Pereira Araújo

Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação

Instituição: Universidade de Vassouras

Endereço: Av. Expedicionário Osvaldo de Almeida Ramos, 280, Centro, Vassouras - RJ,
CEP: 27700-000

E-mail: marcoaraujo@gmail.com

RESUMO

Este estudo tem o objetivo de analisar a quantidade média diária de resíduos orgânicos gerados em cinco unidades de hortifrutigranjeiros de grande porte, visando sua utilização futura como insumo para produção de biogás, a partir de um biodigestor, para utilização interna nas cozinhas dos estabelecimentos. Como discussões iniciais aborda-se fatores importantes para definição da composição do substrato, conforme disponibilidade de resíduos nessas unidades, além de ressaltar a criticidade do varejo, sendo um dos pontos finais da cadeia de alimentos, concentrando alta geração de resíduos orgânicos. Tais resíduos oferecem muitos riscos quando não destinados corretamente e a discussão inclui as diretrizes da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, uma vez que esta define a responsabilidade dos estabelecimentos comerciais com relação a destinação correta do que foi internamente gerado. A metodologia foi baseada em uma revisão sistemática da literatura e para obtenção dos resultados foi feita uma comparação da geração de resíduos com potencial aplicação no processo mencionado através de métodos estatísticos apropriados a natureza dos dados em estudo. Através dessa análise confirma-se que as cinco unidades possuem um potencial médio de geração diária compatível, o que possibilita um dimensionamento único para projetos de instalação de biodigestores nessa região de uma mesma rede.

Palavras-chave: resíduos orgânicos, varejo, biogás.

ABSTRACT

This study aims to analyze the average daily amount of organic waste generated in five large fruit and vegetable units, aiming at its future use as an input for biogas production, from a biodigester, for internal use in the kitchens of the establishments. As initial discussions, important factors are addressed to define the composition of the substrate, according to the

availability of waste in these units, in addition to emphasizing the criticality of retail, being one of the final points of the food chain, concentrating high generation of organic waste. Such waste offers many risks when not properly disposed of and the discussion includes the guidelines of the National Solid Waste Policy, since it defines the responsibility of commercial establishments regarding the correct destination of what was internally generated. The methodology was based on a systematic review of the literature and to obtain the results a comparison was made of the generation of waste with potential application in the mentioned process through statistical methods appropriate to the nature of the data under study. Through this analysis it is confirmed that the five units have a compatible average daily generation potential, which allows a unique sizing for biodigester installation projects in this region of the same network.

Keywords: organic waste, retail, biogas.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, muitos recursos ainda são desperdiçados por serem vistos e considerados como lixo. A geração de resíduos sólidos vem se agravando, acompanhando o crescimento populacional e outros fatores relacionados à vida no mundo moderno. Além disso, mais da metade dos resíduos sólidos urbanos coletados são provenientes de matéria orgânica. O nosso país é notadamente um dos maiores produtores na agricultura em escala mundial e a crescente demanda desse setor indica que a geração de resíduos também seguirá aumentando. Nesse cenário, pode-se destacar as várias oportunidades pouco exploradas de adequação da destinação final dos resíduos (Waste and Post-Consumer Waste, 2013).

Dados levantados pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) apontam que um terço dos alimentos produzidos no mundo são desperdiçados, superando um bilhão de toneladas. Entendendo esse comportamento localmente, a América Latina e Caribe concentram cerca de 6% desse total. Além disso, no Brasil, dados da Ong Banco de Alimentos mostram que o desperdício se distribui em cerca de 10% na produção, 50% no manuseio e transporte, 30% na comercialização e abastecimento e 10% no varejo e consumo (Paixão, 2018).

Dentro de uma rede de hortifrutigranjeiros, cujo abastecimento está integrado, pode-se dizer que há um grande desperdício de resíduos orgânicos que são gerados conforme as estimativas mencionadas. É importante ressaltar também que parte do desperdício proporcionado nas etapas anteriores de produção, manuseio e transporte são, em muitos casos, mensuradas somente após estarem nas etapas finais da cadeia. Adicionalmente, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) define que os estabelecimentos comerciais possuem

responsabilidade própria sob essa geração e devem separar e destinar adequadamente seus resíduos (Araújo, 2020).

Vale ressaltar nesse contexto que, de forma geral, empresas privadas ocupam uma posição de responsabilidade relacionada aos recursos que demandam e pelo desenvolvimento econômico, por isso, vêm atualmente enfrentando uma cobrança da sociedade e do governo para adoção de medidas voltadas para um desenvolvimento sustentável, o que engloba significativamente a redução de resíduos. Uma reestruturação comportamental e estratégica que leva em consideração essa abordagem é necessária visando a sustentação no mercado no longo prazo. As organizações que já começam a incluir práticas sustentáveis não só nos seus objetivos futuros, mas também nas ações do cotidiano e atendem às demandas da geração atual sem que isso comprometa o direito das gerações futuras, atendendo suas próprias necessidades, já partem de uma vantagem competitiva dado que a sobrevivência empresarial está cada vez mais conectada ao conceito do desenvolvimento sustentável, e a sociedade não está gradativamente percebendo a nocividade das atividades provindas de empresas irresponsáveis (Santos, 2015; Pereira, 2018).

Esses fatores mostram a necessidade de uma melhor gestão para os resíduos orgânicos nas etapas finais da cadeia de consumo, ligadas inclusive às definições da PNRS. Logo, este artigo traz uma análise estatística do potencial de geração de resíduos orgânicos em cinco unidades de uma mesma rede, localizadas na mesma região. Essas quantidades visam analisar a disponibilidade para implementar futuramente um processo de produção de biogás, através de um biodigestor, uma vez que dessa forma teríamos uma destinação ideal do resíduo, transformando o passivo em ativo para as unidades.

Na estrutura deste trabalho, além desta introdução, foram desenvolvidas mais cinco seções cujos objetivos são divididos conforme a ordem: o tópico 2 traz o referencial teórico do trabalho, o tópico 3 mostra a metodologia da pesquisa, o tópico 4 direciona as discussões acerca do tema para abordagem dos resultados no tópico 5 e finalmente obtenção das considerações finais no tópico 6.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Com objetivo de embasar a discussão acerca da geração de biogás a partir dos resíduos gerados em unidades de hortifrutigranjeiros, faz-se necessário referenciar neste trabalho a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, cujas diretrizes são de suma importância no contexto analisado, além do próprio processo de produção de biogás a partir de uma visão generalista, trazendo características específicas que vão guiar as definições posteriores.

2.1 POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)

Os resíduos sólidos são, por definição, todas substâncias descartadas cuja origem é a atividade humana e disposição final acontece na forma sólida ou semissólida como gases e líquidos em recipientes sólidos os quais possuem particularidades que tornam inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos hídricos. Considerando a definição, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) dispõe, de maneira geral, sobre como deve ser a gestão desses resíduos, quais as responsabilidades compartilhadas do poder público, além dos geradores de todos os portes, e traz outras definições importantes para o tema de geração de resíduos que se faz cada vez mais necessário (Santana, Aragão e El-Deir, 2020). Entre suas definições a PNRS estabelece a uma ordem de prioridade com relação aos resíduos, sendo ela: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (Hayashi, 2020). Ou seja, de acordo com Vitali (2014), a PNRS também tem como objetivo a redução dos resíduos gerados, e a implementação de outras práticas sustentáveis, como a elaboração de produtos com consciência ecológica e incentivo a programas de aproveitamento.

Embora a PNRS seja um grande avanço e traga incentivos consideráveis, a gestão inadequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) ainda é uma das principais causas de poluição ambiental. Dados de 2016 estimam que a produção de RSU superou 200 mil toneladas por dia, no Brasil. 58,7% desses resíduos são destinados à aterros sanitários e o restante são destinados a aterros controlados ou ainda pior, para lixões. Adicionalmente, de acordo com a estimativa da composição gravimétrica dos RSU coletados no país, a matéria orgânica contribui com 51,4% do total. Os restos de alimentos estão entre os principais resíduos orgânicos produzidos em centros urbanos e suas composições são amplamente requeridas em diferentes processos que podem transformá-los em produtos de alto valor agregado. No entanto, sem que haja o tratamento correto, quando descartados, esses materiais têm seus nutrientes transportados para águas superficiais e subterrâneas promovendo a eutrofização e conseqüentemente a degradação de ambientes aquáticos, além de representar um desperdício (Hayashi, 2020).

2.2 PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

Os resíduos orgânicos estão ligados às atividades cotidianas do ser humano, se constituindo de materiais ricos em nutrientes, podendo ser constituídos por carbono encontrados em verduras, por exemplo, além das frutas e legumes e demais restos de alimentos, palhas de café, milho e outros tipos de resíduos agrícolas. Quando coletados, esses resíduos orgânicos podem ser encaminhados para os sistemas de destinação final, direcionados à

incineração, geração de biogás, ou mesmo serem submetidos ao processo de compostagem. Para escolher qual a destinação mais apropriada, o que se torna mais relevante é evitar consequências nocivas para o meio ambiente de forma geral, incluindo impactos para a população. É importante sempre analisar qual a estratégia mais viável e adequada à situação em qualquer escala que se considere o aproveitamento dos resíduos orgânicos (Jesus, 2015; Almeida, 2020).

Os resíduos alimentares, cuja composição têm elevada concentração de carboidratos, são considerados atrativos para produção de energia. No geral, o potencial de geração de biogás que um determinado substrato possui varia conforme sua qualidade e biodegradabilidade, principalmente do conteúdo de macromoléculas. Mas é importante mencionar que conhecer as características e composição dos resíduos é um fator básico para estimativa de geração de biogás através de processos anaeróbios. Nesta discussão, vale mencionar o exemplo da biodigestão de resíduos de frutas, principalmente como único substrato, pois o alto conteúdo de açúcares simples torna-se um problema ao promover a rápida acidificação do meio, impedindo desta maneira que a etapa final do processo de degradação da matéria orgânica, com a produção de metano e dióxido de carbono (Blasius, 2019).

Sendo assim, a digestão de dois ou mais resíduos, chamada co-digestão anaeróbia se coloca na intenção de obter um melhor desempenho do processo de forma que agrega ao biodigestor diferentes propriedades que tornam o substrato mais rico e equilibrado nas suas características definitivas para a produção de biogás. Além disso, a co-digestão possibilita maiores chances de haver efeitos sinérgicos entre os microrganismos. Sendo assim, a estabilidade se dá de forma mais natural no processo o que possibilita um maior rendimento na produção de biogás. Com uma escolha de proporções equilibradas de resíduos e interações positivas como o aumento de nutrientes e sinergia entre os substratos, há naturalmente a diluição de compostos tóxicos/inibidores e o balanceamento do processo. Logo, a inclusão de resíduos de naturezas diferentes, como legumes e verduras, potencializa a estabilidade do processo, aumentando a biodegradabilidade da matéria, reduzindo o tempo de retenção hidráulica, aumentando a taxa de carregamento orgânico e otimizando a produção de biogás (Blasius, 2019).

3 METODOLOGIA

Este trabalho baseia-se na revisão sistemática como modalidade de pesquisa. Essa modalidade segue protocolos específicos que buscam conectar todo o desenvolvimento através de uma lógica, encaixando materiais compatíveis no contexto analisado. Desta forma busca-se

alto nível de evidência e representatividade deste documento para tomada de decisão acerca do tema (Galvão e Ricarte, 2019). Além disso, o estudo se classifica como descritivo de abordagem quantitativa, considerando seu desenvolvimento com base na pergunta de pesquisa: qual o potencial de geração de resíduos orgânicos em unidades de hortifrutigranjeiros de grande porte que podem servir de insumo para produção de biogás?

O protocolo desta pesquisa foi integralmente baseado na ferramenta Parsifal (2018), alinhado a modalidade de revisão de literatura, e, inicialmente, a Tabela 1 traz a estratégia adotada para auxílio nas buscas de evidências através das palavras-chave relacionadas aos termos diretivos.

Tabela 1: PICOC

PICOC	Palavras-chave
<i>Population</i> – População	varejo, hortifrutigranjeiros
<i>Intervention</i> - Intervenção	resíduos orgânicos, frutas, legumes, verduras
<i>Comparison</i> - Comparação	não definido
<i>Outcome</i> - Resultado/fim	biomassa, biogás, biofertilizante
<i>Context</i> – Contexto	supermercados, desenvolvimento sustentável

Fonte: Elaborado pelos autores.

Vale observar que a comparação não foi relacionada a nenhum termo por não ser relevante no contexto observado. Além disso, as palavras-chave mostradas apoiaram a definição de uma *string* de busca que viabilizou a seleção de referências para o desenvolvimento do trabalho, utilizando o Google Acadêmico como fonte. Adicionalmente, para definição da *string* de busca relacionada na Tabela 2, houve a seleção das palavras-chave que não traziam limitações para o estudo, além da inclusão da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) por tratar-se da legislação que organiza a forma com que se deve lidar com resíduos, estar presente em materiais referenciais encontrados e dar embasamento à proposta final, justificando a conclusão junto à pergunta de pesquisa.

Tabela 2: String de busca.

<i>String</i>	"geração" AND "resíduo" AND "orgânico" AND "varejo" AND "PNRS" AND "biogás"
---------------	---

Fonte: Elaborado pelos autores.

A pesquisa retornou oitenta e cinco resultados, os quais foram analisados conforme os critérios de seleção incluídos na Tabela 3.

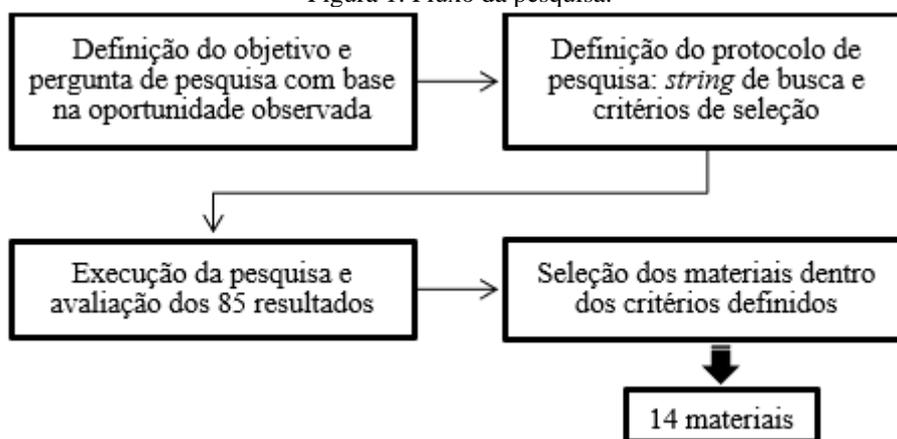
Tabela 3: Critérios de seleção de referências.

Tipo	Descrição
Critérios de Inclusão	Materiais em português ou inglês
	Materiais que contêm abordagens em contexto similares ao varejo
	Materiais que trazem reflexões sobre a utilização dos resíduos orgânicos para geração de biogás
Critérios de Exclusão	Materiais pagos ou indisponíveis
	Abordagem de alternativas de gestão que não são similares à geração de biogás a partir de resíduos orgânicos
	Geração de biogás a partir de outros resíduos que não sejam provenientes de alimentos

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base na seleção definida, quatorze materiais atenderam aos critérios de inclusão e a seleção descrita previamente pode ser resumida no fluxo exposta na Figura 1:

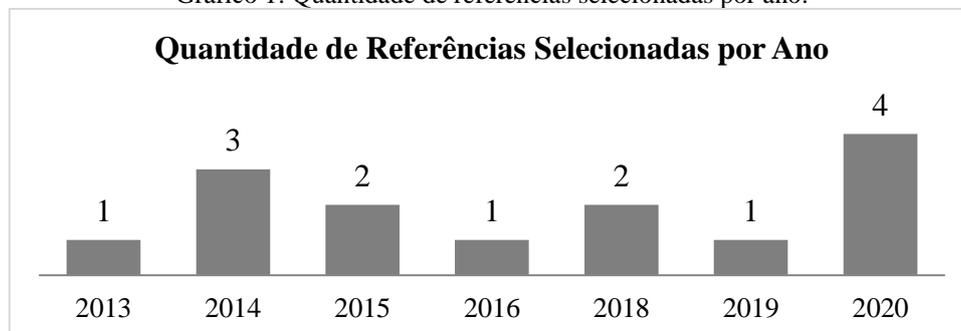
Figura 1: Fluxo da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Dentre os materiais selecionados, temos uma concentração de publicações recentes, no último ano, conforme mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1: Quantidade de referências selecionadas por ano.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dessa base, foi feita uma revisão bibliográfica para sustentar a análise dos dados de geração de resíduos de cinco unidades de uma rede de hortifrutigranjeiros visando uma

proposta futura para utilização desse resíduo como insumo para produção de biogás para abastecimento interno. A Tabela 4 relaciona cada uma das referências a suas contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

Tabela 4: Contribuições das referências selecionadas na revisão sistemática.

Título	Autor(es)	Ano	Contribuição
Resíduos sólidos: Desenvolvimento e Sustentabilidade	Santana, Rhaldney, Aragão Júnior, Wilson e El-Deir, Soraya	2020	Abordagem sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil através das diretrizes da PNRS.
Contribuições ao Estado de Goiás na Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos	Dias, Lívia Maria et al.	2014	Abordagem da relevância da implementação de práticas para gestão de resíduos sólidos urbanos de forma geral.
A Gestão de Resíduos Sólidos: Um Estudo no Setor Supermercado do Município de Cacoal/R	Santos, Brenda Cristina Rocha dos	2015	Práticas adotadas pelas empresas do setor supermercadista para reduzir o impacto ambiental produzido pelo lixo descartado.
Ciências Ambientais: Gestão e Educação Ambiental	Hayashi, Carmino et al.	2020	Priorização da gestão dos resíduos, embasado na PNRS.
Estudo de Alternativas de Processos de Coleta e Separação de Resíduos Sólidos Domiciliares para o Município do Rio de Janeiro	Vitali, Mariana de Castro	2014	Detalhamento sobre a geração e tratamento dos resíduos urbanos.
Ações e Estratégias para o Manejo Sustentável dos Resíduos Orgânicos Gerados no Município de Sapeaçu-BA	Jesus, Joice Freitas de	2015	Levantamento da destinação adequada dos resíduos orgânicos.
Produção de Biogás a partir de Resíduos de Alimentos	Da Paixão, Simone	2018	Contextualização e abordagem das oportunidades e relevâncias do aproveitamento dos resíduos alimentares para a produção do biogás.
Ações e Estratégias para o Reaproveitamento do Resíduo Orgânico: O Caso do Supermercado C&S de Cruz das Almas-BA	Cunha, Everton Pereira Passos da	2014	Análise do processo de descarte e reaproveitamento da matéria orgânica produzida em um supermercado.
Resíduos Sólidos Orgânicos Gerados nos Estabelecimentos Comerciais de Marabá-PA, do Problema às Soluções	de Araújo, Christian et al.	2020	Abordagem da geração de resíduos em estabelecimentos comerciais e as alternativas viáveis perante a responsabilidade de gestão

Produção de Biogás a partir da Co-digestão da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos e Resíduos de Hortifrutigranjeiros	Pavi, Suelen	2016	Detalhamento experimental sobre a geração de biogás a partir de resíduos de hortifrutigranjeiros.
Implementação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos em um Restaurante Universitário da Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Pereira, Diuliana Catlen Kuspik	2018	Adequação ambiental de unidades que promovem grande geração de resíduos orgânicos, com uma visão holística da redução ao reaproveitamento.
Perdas Pós-colheita de Frutas e Hortaliças no Maranhão: Estimativas, Causas, Impactos e Soluções	Almeida, Edmilson Igor Bernardo et al.	2020	Indicação de perdas pós-colheita de produtos vegetais durante a cadeia de distribuição e abordagem de estratégias de redução.
Influência de Diferentes Composições de Resíduos Alimentares no Processo de Biometanização	Blasius, Jandir Pereira	2019	Levantamento das características dos resíduos para adequação ao processo de biodigestão.
Resíduos e Pós-consumo	Monzoni, Mario	2013	Abordagem do potencial para promover mudanças nas organizações privadas com propostas para inclusão da sustentabilidade na gestão de resíduos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A relação de contribuições explícita na Tabela 4 possibilitou o embasamento deste trabalho, análise das oportunidades de gestão e abordagem do processo de geração de biogás, cujo foco trouxe a necessidade da análise prévia do resíduo gerado para esta finalidade. Adicionalmente, a técnica do *snowballing* foi utilizada para examinar e incluir referências de relevância para o trabalho, cuja seleção não foi dada a partir da *string* de busca na fonte citada. Logo, houve adição de quatro referências, sendo elas: o software de análise estatística de dados, uma calculadora para estimativa do potencial energético dos resíduos e a ferramenta para a revisão sistemática e a referência da revisão sistemática.

4 DISCUSSÃO

A alta geração de resíduos orgânicos proveniente da atividade comercial é o ponto de criticidade no cenário observado, unidades de hortifrutigranjeiros. Atualmente, todo resíduo orgânico gerado é coletado por uma empresa terceirizada se serviço de coleta de lixo, cujo valor é cobrado por volume e a destinação são aterros. Dias (2014) ressalta que existem poucas iniciativas de destinação correta dos resíduos sólidos urbanos, englobando os resíduos orgânicos, e o tratamento e a disposição final deles se dão, majoritariamente, em aterros e, inclusive, em lixões, visto que ainda existem locais que não possuem as condições técnicas

ideais para qualificação de aterro no nosso país. Cunha (2014) afirma que o envolvimento de todos os atores da sociedade é essencial para que a responsabilidade da destinação adequada dos resíduos seja também assumida pelos geradores. No contexto empresarial, vale enfatizar que há um destaque na geração de resíduos contrastando com a existência de ações que de fato haja uma definição estratégica para a melhor gestão dos resíduos gerados. No contexto desta discussão, observando não somente essa problemática ambiental para a rede de hortifrutigranjeiros, é importante destacar o passivo financeiro existente pois ainda se investe em uma destinação que não ideal do resíduo, pagando pela coleta. Sendo assim, fica evidente a necessidade de repensar esse fluxo com alternativas de aproveitamento, considerando as quantidades diárias de frutas, legumes, verduras e ovos descartados.

Considerando estes pontos e olhando para as possibilidades de reaproveitamento dos resíduos, encontra-se no processo de geração de biogás uma alternativa que se encaixa nas não somente na necessidade de reaproveitamento dos materiais, mas também no baixo investimento, simplicidade e capacidade de reversão de despesas. Ampliando mais este último benefício, existem dois principais ganhos, sendo eles a anulação da despesa do gás de cozinha que chega a ultrapassar R\$ 2.000,00 por mês em cada unidade e a redução da despesa de coleta de lixo que chega a ter uma média mensal de R\$ 7.000,00 em cada unidade. Vale acrescentar que as estruturas dessas cinco unidades permitem a instalação de um biodigestor da grande escala, acima de 20m³ por exemplo, e do ponto de vista operacional no processo, não existe nenhum limitador dado que a separação do lixo orgânico já é feita atualmente.

Conforme abordado anteriormente, a composição do substrato, quantidade de matéria orgânica e outros fatores também influenciam na estabilidade para um processo de produção de biogás. Em uma mistura de frutas, legumes e verduras, cada item possui um valor de pH que interfere no processo de biodigestão visado. É importante que o pH esteja equilibrado na fase inicial do processo e não seja reduzido posteriormente, porém, as frutas, principalmente cítricas apresentam um grande risco nesta etapa. Por isso, para certificar-se que a análise compreende somente materiais que resultarão em um resíduo com potencial real para utilização em um biodigestor, considera-se somente o que é proveniente de legumes, verduras e ovos, estando inclusive alinhado ao conceito ideal da co-digestão (Pavi, 2016).

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste trabalho são analisados os dados de geração de resíduos orgânicos provenientes de legumes, verduras e ovos no período de um bimestre em cinco unidades de uma rede de hortifrutigranjeiros. As cinco unidades localizam-se na Barra da Tijuca, na cidade do Rio de

Janeiro. Os dados são provenientes dos lançamentos diários de perda e doação de cada material caracterizado nas três categorias citadas, nessas cinco unidades, durante o período analisado. Esses materiais são potenciais insumos para obter biogás a partir de um biodigestor e pretende-se entender a similaridade das quantidades diárias de geração de resíduos orgânicos neste grupo para o dimensionamento de uma proposta que visa o reaproveitamento de forma padronizada. A tabela de dados brutos está disponível para a consulta no link abaixo:

https://drive.google.com/drive/folders/1cys_MJTmfFqjxhnNOJbzP2GSPZFml7a?usp=sharing

Considerando os dados de quantidades diárias, em quilos, do segundo bimestre deste ano, temos na Tabela 5 as estatísticas básicas para cada uma das cinco unidades incluídas no estudo obtidos através do Minitab.

Tabela 5: Estatísticas básicas.

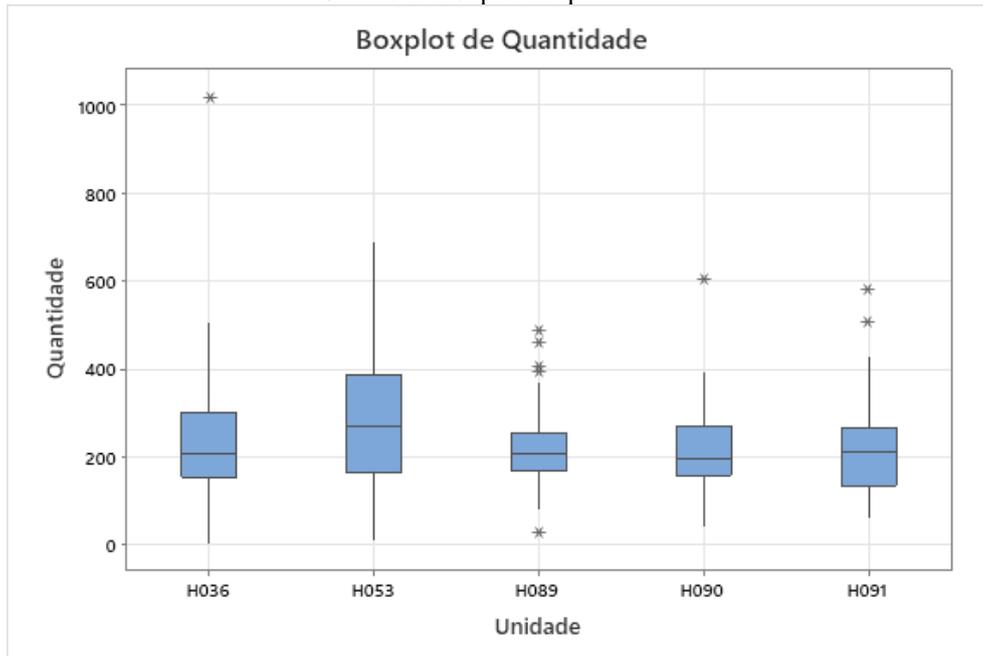
Estatísticas

Variável	Unidade	N	N*	Média	EP	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Quantidade	H036	52	0	237,2	22,0	158,7	2,0	153,6	209,5	301,7	1021,1	
	H053	52	0	276,4	21,1	152,2	10,2	163,3	270,1	388,9	689,2	
	H089	49	0	223,7	13,8	96,6	26,3	167,5	207,8	253,1	488,6	
	H090	60	0	211,0	11,4	88,4	42,8	159,0	197,4	270,7	605,7	
	H091	50	0	216,5	14,9	105,3	61,4	134,9	211,1	267,5	582,1	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Esta etapa inicial resume os dados de forma que possamos compreender melhor a média de produção de resíduo gerada diariamente em cada uma das unidades. Avançando nessa compreensão, o Gráfico 2 mostra o boxplot com o objetivo de verificar a distribuição dos dados, além da medida central. Ou seja, pode-se observar, além do centro dos dados, suas dispersões (amplitudes) e a presença de *outliers*.

Gráfico 2: Boxplot de quantidade.



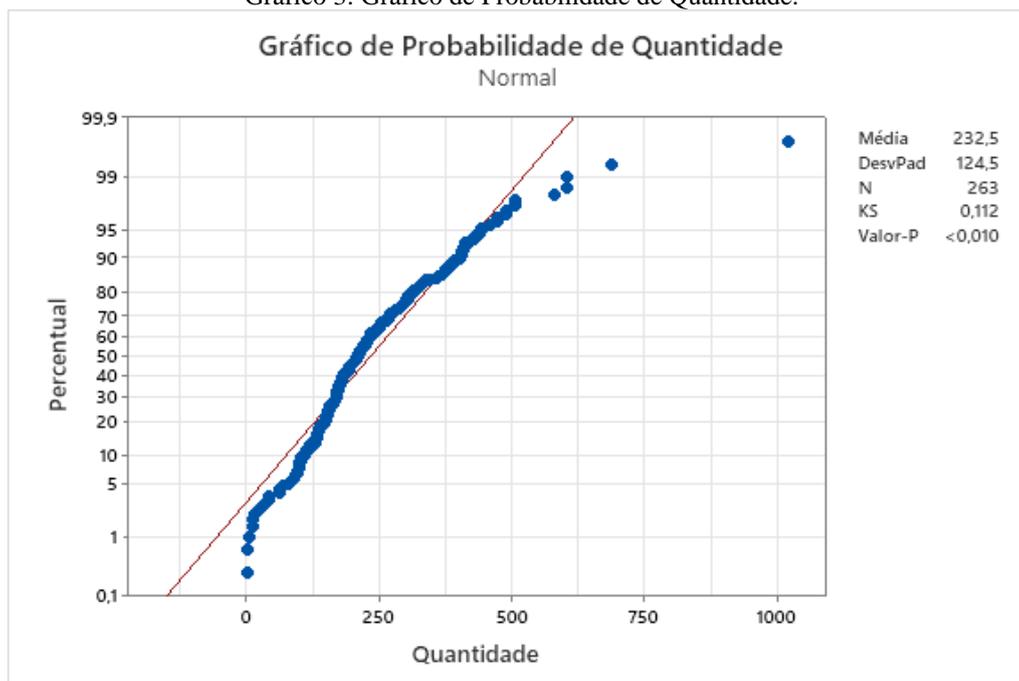
Fonte: Elaborado pelos autores.

No Gráfico 2 é possível observar que a unidade com a menor diferença de geração diária é a H089, em contraste com a H053 que possui maior dispersão dos seus dados, apontando uma variação da quantidade gerada diariamente. Porém, de forma geral, o centro dos dados não sugere diferenciação para esta primeira análise superficial.

Com intuito de aprofundar as análises dos dados, é feito um teste de normalidade a princípio para que possamos entender a distribuição dos dados. Ressaltando o fato de que os testes de normalidade são influenciados pelo tamanho amostral quanto à sua eficiência, foi selecionado para esta análise o teste de Kolmogorov-Smirnov, indicado para espaços amostrais com amostras que têm acima de 30 dados. O Gráfico 3 representa essa distribuição e para tal apresentam-se as hipóteses abaixo, com nível de significância de 5%.

- H0: Dados possuem distribuição normal
- H1: Dados não possuem distribuição normal

Gráfico 3: Gráfico de Probabilidade de Quantidade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Podemos observar no gráfico 3 a informação do Valor-P, menor que o nível de significância estabelecido de 5% então aceita-se a hipótese alternativa de que os dados não possuem distribuição normal. Sendo assim, não é necessário fazer o teste de homoscedasticidade que seria necessário para uma distribuição normal. Partimos então para a comparação das médias utilizando um teste não paramétrico. Como trata-se de um grupo de cinco unidades com mais de 30 dadas cada, o teste utilizado para comparação das médias foi o de Kruskal-Wallis, também considerando um nível de significância de 5% e as hipóteses relacionadas abaixo:

- H0: Médias são iguais
- H1: Existe alguma média diferente

A Figura 2 traz o resultado do teste realizado.

Figura 2: Teste de Kruskal-Wallis.

Teste

Hipótese nula H₀: todas as médias são iguais
Hipótese alternativa H₀: no mínimo uma média é diferente

GL	Valor H	Valor-p
4	6,96	0,138

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como observado na Figura 2, o Valor-P supera o nível de significância estabelecido e, desta forma, aceita-se a hipótese nula constatando similaridade das médias. Sendo assim, conclui-se que as cinco unidades analisadas possuem uma geração média de resíduos orgânicos provenientes de legumes, verduras e ovos compatível.

Além disso, considerando a similaridade da geração média do resíduo orgânico, foi feita uma estimativa para compreensão da geração de biogás por dia. É importante mencionar que a demanda média de gás de cozinha nestas unidades varia entre 8 m³ e 10 m³ por dia. BITECO (2019) disponibiliza uma calculadora para que o potencial de geração de biogás do composto possa ser previamente alcançado e, como resultado, temos uma variação entre 12 e 16 m³ que atende as necessidades das cozinhas dos estabelecimentos. Ou seja, dada a similaridade na geração, da composição do substrato e a confirmação prévia do suprimento da necessidade energética dos estabelecimentos, é possível concluir da análise que esse resíduo pode ser destinado a biodigestores e, inclusive, o dimensionamento em cada uma das unidades se dará de forma similar, principalmente apurado no fato de que as quantidades de substrato inseridas no sistema e a geração obtida é similar.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados é possível dimensionar biodigestores similares para as cinco unidades, considerando que a geração média de resíduo orgânico com potencial para geração de biogás é similar. Inclusive, vale ressaltar que ampliação dessa mesma proposta em escala otimiza o investimento inicial, e conseqüentemente o *payback*, permitindo a padronização das operações nesta região. É importante destacar que essa análise visa o embasamento para uma proposta de projeto cuja destinação de grande parte dos RSU gerados nas unidades não se tornariam rejeitos dispostos inadequadamente. Os ganhos para a rede de forma geral são muito interessantes, pois ao finalizar as condições de comercialização de parte da mercadoria, haveria um insumo para outro processo que agrega valor para o negócio. Pontos de validação que podem ser explorados em oportunidades futuras incluem a variação da geração diária destes resíduos, tanto em quantidade, quanto nas suas composições, e possíveis impactos no processo idealizado. Adicionalmente, todo este levantamento pode ser complementado de duas maneiras: realizando um estudo de viabilidade detalhado, incluindo todas as variáveis financeiras, e comparando o processo de biodigestão para produção de biogás com outras possíveis oportunidades para destinação adequada dos resíduos orgânicos como a venda destes resíduos para outras linhas de produção, por exemplo, a de ração para animais, compostagem e incineração.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. et al. **Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças no Maranhão: estimativas, causas, impactos e soluções**. Maranhão: EDUFMA, 2020.

ARAÚJO, C. et al. Resíduos sólidos orgânicos gerados nos estabelecimentos comerciais de Marabá-PA, do problema às soluções. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n. 9, p.72827-72846, setembro 2020.

BIOGAS CALCULATOR. **BITECO**: Construction of modern biogas plants. Página inicial. Disponível em: <<https://biteco-energy.com/biogas-calculator/>>. Acesso em: 23 de julho de 2021.

BLASIUS, J. **Influência de diferentes composições de resíduos alimentares no processo de biometanização**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Rio Claro, São Paulo, 2019.

CUNHA, E. **Ações e Estratégias para o reaproveitamento do resíduo orgânico: o caso do supermercado C&S de Cruz das Almas-BA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) - Faculdade Maria Milza. Governador Mangabeira, Bahia, 2014.

DIAS, L. **Contribuição ao estado de Goiás na gestão dos resíduos sólidos urbanos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia, Goiás, 2014.

GALVÃO, M.; RICARTE, I. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA: CONCEITUAÇÃO, PRODUÇÃO E PUBLICAÇÃO. **Logeion: Filosofia da Informação**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 57–73, 2019. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/fiinf/article/view/4835>>. Acesso em: 21 de julho de 2021.

HAYASHI, Carmino et al (Coord). **Ciências Ambientais: Gestão e Educação Ambiental**. 1. ed. Minas Gerais, 2020.

JESUS, J. **Ações e Estratégias para o Manejo Sustentável dos Resíduos Orgânicos Gerados no Município de Sapeaçu-BA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) - Faculdade Maria Milza. Governador Mangabeira, Bahia, 2015.

MINITAB, LLC. 2021 (em português, disponível em <https://www.minitab.com/pt-br/products/minitab/free-trial/>).

MONZONI, M. (Coord.). **Waste and Post-Consumer Waste**. Rio de Janeiro: FGV, 2013.

PAIXÃO, S. **Produção de biogás a partir de resíduos de alimentos: uma proposta para um restaurante em Recife**. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Recife, Pernambuco, 2018.

PARSIFAL, Ltd. 2018 (disponível em <https://parsif.al/>).

PAVI, S. **Produção de biogás a partir da co-digestão da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos e resíduos de hortifrutigranjeiros**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, Rio Grande do Sul, 2016.

PEREIRA, D. **Implementação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos em um restaurante universitário da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2018.

SANTANA, R., ARAGÃO JÚNIOR, W., EL-DEIR, S. **Resíduos Sólidos: Desenvolvimento e Sustentabilidade.** 1 ed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2020.

SANTOS, B. **A gestão de resíduos sólidos: um estudo no setor supermercadista do município de Cacoal/RO.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Contábeis) - Universidade Federal de Rondônia, Cacoal, Rondônia, 2015.

VITALI, M. **Estudo de Alternativas de Processos de Coleta e Separação de Resíduos Sólidos Domiciliares para o Município do Rio de Janeiro.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.