

Economia circular: o papel das estações de compostagem de alimentos nas cidades inteligentes

Circular economy: the role of food composting stations in smart cities

Economía circular: el papel de las estaciones de compostaje de alimentos en las ciudades inteligentes

Nathan de Oliveira Bugada¹
nathan.bugada@etec.sp.gov.br

Caio Zanchin de La Sierra Turibio²
caio.turibio@etec.sp.gov.br

Igor Muschetti Silva³
igor.silva648@etec.sp.gov.br

Noelia Martins⁴
noelia.martins@etec.sp.gov.br

Sara Barbosa Gazzola⁵
sara.gazzola@fatec.sp.gov.br

Resumo

O artigo aborda o desafio de integrar soluções sustentáveis nas cidades brasileiras, tornando-as mais inteligentes, com foco na melhoria da qualidade de vida e na preservação ambiental. Tem-se como problema de pesquisa investigar: como integrar estações de compostagem às cidades inteligentes no Brasil, abrangendo coleta, tratamento e comercialização de adubos orgânicos? Essa iniciativa busca combinar coleta eficiente, processamento por vermicomposteiras e o engajamento da comunidade, fortalecendo a conexão entre cidadãos e a gestão sustentável. O estudo destaca a urgência de propor soluções inovadoras para o manejo de resíduos alimentares, utilizando tecnologias aplicáveis às cidades inteligentes e promovendo sustentabilidade. Os objetivos incluem aprimorar estratégias de coleta e processamento, fomentar o empreendedorismo no setor e estimular a participação ativa da sociedade. A metodologia utilizada envolve revisão bibliográfica e experimentação prática. Os resultados incluem a elaboração de um plano de negócios, o desenvolvimento de um protótipo de vermicomposteira, a criação de uma maquete e a concepção de um aplicativo para conectar parceiros interessados na destinação adequada de resíduos. Essas iniciativas estão alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2, 11 e 12, promovendo soluções para desafios ambientais, inclusão social e o desenvolvimento de negócios sustentáveis.

Palavras-chave: Estações de compostagem de alimentos; Economia circular; Cidades inteligentes.

¹ Discente do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Administração da Etec Paulo Guerreiro Franco

² Discente do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Administração da Etec Paulo Guerreiro Franco

³ Discente do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Administração da Etec Paulo Guerreiro Franco

⁴ Docente do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Administração da Etec Paulo Guerreiro Franco

⁵ Docente do curso superior de Tecnologia em Gestão Comercial da Fatec Marília e do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Administração da Etec Paulo Guerreiro Franco

Abstract

The article addresses the challenge of integrating sustainable solutions in Brazilian cities, making them smarter, with a focus on improving quality of life and environmental preservation. The research problem is to investigate: how to integrate composting stations into smart cities in Brazil, covering collection, treatment and commercialization of organic fertilizers? This initiative seeks to combine efficient collection, vermicomposting processing and community engagement, strengthening the connection between citizens and sustainable management. The study highlights the urgency of proposing innovative solutions for food waste management, using technologies applicable to smart cities and promoting sustainability. The objectives include improving collection and processing strategies, promoting entrepreneurship in the sector and encouraging the active participation of society. The methodology used involves bibliographic review and practical experimentation. The results include the preparation of a business plan, the development of a vermicomposting prototype, the creation of a model and the design of an application to connect partners interested in the appropriate disposal of waste. These initiatives are aligned with Sustainable Development Goals (SDGs) 2, 11 and 12, promoting solutions to environmental challenges, social inclusion and the development of sustainable businesses.

Keywords: Food composting stations; Circular economy; Smart cities.

1. INTRODUÇÃO

As cidades brasileiras, independentemente do seu porte, enfrentam desafios adversos, principalmente relacionados aos aterros e ao descarte incorreto de lixo. Nesse contexto, é preocupante o desperdício de alimentos em um país onde a fome é crescente. Além disso, o crescimento populacional e as demandas por soluções sustentáveis e inteligentes tornam imperativa a busca por práticas eficientes e inovadoras na gestão de resíduos, especialmente de alimentos que acabam sendo descartados de maneira inadequada no meio ambiente e em aterros.

Nesse sentido, considera-se que as estações de compostagem se tornam alternativas viáveis para enfrentar essa realidade, visto que podem contribuir significativamente para a redução do desperdício de alimentos e a gestão sustentável de resíduos. Admite-se que nestas estações, os resíduos orgânicos, incluindo restos de comida, são transformados em compostos orgânicos por meio de processos de decomposição controlada, sendo que esse composto pode ser utilizado como fertilizante em agricultura e jardinagem, fechando assim o ciclo de nutrientes e reduzindo a dependência de fertilizantes químicos, que por sua vez, propicia uma produção de alimentos saudáveis.

Diante dessa realidade, o problema de pesquisa consiste em investigar: Como as estações de compostagem de alimentos podem ser integradas às cidades inteligentes no Brasil, abordando a coleta, o processamento e a comercialização de adubos orgânicos?

A necessidade de encontrar soluções eficazes e sustentáveis para o manejo de resíduos alimentares nos centros urbanos torna-se cada vez mais urgente, especialmente diante do cenário alarmante de desperdício de alimentos no Brasil. De acordo Portal Saneamento

Ambiental (2023)⁶, com base nos estudos realizados pela ONU (Organização das Nações Unidas), o Brasil ocupa a 10ª posição no *ranking* mundial de desperdício de comida, e dados do IBGE apontam que aproximadamente 30% dos alimentos produzidos anualmente no Brasil são descartados, representando cerca de 46 milhões de toneladas. Essa perda vai além dos alimentos, envolvendo também o desperdício de recursos preciosos, como água, energia, insumos e mão de obra, além de contribuir para o desmatamento e o aumento das emissões de gases de efeito estufa.

Nesse contexto, práticas como a compostagem e o aproveitamento integral dos alimentos surgem como alternativas indispensáveis para minimizar esses impactos. A compostagem, ao transformar resíduos orgânicos em adubo, promove não apenas a sustentabilidade, mas também o reaproveitamento de recursos dentro de uma lógica de economia circular. Simultaneamente, o uso criativo de partes normalmente descartadas, como cascas, sementes e talos, oferece uma forma prática de engajar a comunidade em práticas mais responsáveis e conscientes.

A integração dessas iniciativas às cidades inteligentes reforça a conexão entre tecnologia, participação social e sustentabilidade, contribuindo para a segurança alimentar, o desenvolvimento urbano sustentável e o uso racional de recursos naturais, em alinhamento com os ODS 2, 11 e 12 da Agenda 2030.

O objetivo geral desse trabalho abrange investigar como as estações de compostagem de alimentos podem ser incorporadas de maneira eficaz nas cidades inteligentes, promovendo a gestão responsável de resíduos orgânicos e estimulando a participação ativa da comunidade, dentro dos princípios da economia circular.

Para tanto, elencou-se os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um plano de negócios para um empreendimento no setor de compostagem de alimentos, com foco na viabilidade econômica e sustentabilidade.
- Criar um protótipo funcional de vermicomposteira e uma maquete da estrutura do empreendimento, para demonstrar como as estações de compostagem podem ser aplicadas de forma prática nas cidades inteligentes.
- Desenvolver a interface de um aplicativo que conecte empresas do setor alimentício ao serviço de compostagem, facilitando o descarte responsável de resíduos alimentares e incentivando a participação dos cidadãos.

⁶ Fonte: Portal Saneamento Ambiental. Disponível em: <https://www.saneamentoambiental.com.br/noticias/brasil-desperdica-46-milhoes-de-toneladas-de-alimentos-por-ano>. Acesso em 18 dez. 2024.

Metodologicamente, optou-se pela a abordagem bibliográfica qualitativa, complementada por um estudo de caso experimental, visando aprofundar a compreensão do tema por meio de análise teórica e prática.

Como resultado desta pesquisa, foram desenvolvidos um plano de negócios voltado para o empreendedorismo nesse setor, um protótipo funcional de vermicomposteira, uma maquete que ilustra a estrutura do empreendimento, além da criação de uma interface de aplicativo destinada a conectar o negócio aos parceiros do setor alimentício, facilitando o descarte adequado de resíduos alimentares.

2. DESENVOLVIMENTO

1.1.1 Cidades Inteligentes

Conforme Lazzaretti *et al.* (2019), as cidades são sistemas intrincados e interconectados, enfrentando desafios com o aumento populacional e a urbanização. O conceito de "cidades inteligentes" (*smart cities*) tornou-se um tema importante para garantir viabilidade e prosperidade, destacando-se em agendas públicas globais desde o Fórum Mundial de 1997. Felix Júnior *et al.* (2022) apontam que o termo surgiu nos anos 1990, inicialmente ligado ao uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para modernizar infraestruturas urbanas. Com o tempo, o conceito evoluiu, incorporando aspectos sociais e ambientais, influenciando acadêmicos, profissionais e formuladores de políticas públicas.

As cidades inteligentes visam fornecer serviços sustentáveis, promover o desenvolvimento econômico e o bem-estar dos cidadãos, utilizando tecnologias para construir serviços acessíveis e sustentáveis. O aumento da população urbana exige respostas estratégicas, e as iniciativas de cidades inteligentes são uma solução que aborda eficiência de recursos, mobilidade, segurança e qualidade de vida. Essa abordagem busca criar cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis, interligando capital humano, social e infraestruturas de tecnologias de informação e comunicação (TIC). A visão de cidade inteligente se baseia em seis dimensões: economia, mobilidade, ambiente, pessoas, qualidade de vida e governança (Lazzaretti *et al.*, 2019; Castro Neto, Correia e Vale, 2019; Felix Júnior *et al.*, 2022).

Na economia, promove-se inovação e competitividade, melhorando o transporte público. Na mobilidade, busca-se eficiência em logística e transporte sustentável. Ambientalmente, gerenciam-se recursos naturais e valorizam-se espaços verdes. Quanto às pessoas, valoriza-se uma população cosmopolita, participativa e educada. A qualidade de vida é promovida por facilidades culturais, educação, saúde, moradias sustentáveis e coesão social.

Governança inteligente envolve gestão participativa e serviços transparentes (Strapazzon, 2009).

O conceito de cidades inteligentes engloba um sistema complexo com subsistemas sociais e espaciais interligados. Adicionar inteligência a essas cidades significa capacitar a gestão para resolver desafios sistêmicos, utilizando redes de comunicação para detectar problemas, otimizar serviços e controlar dispositivos remotamente. O uso consciente da tecnologia da informação é essencial para transformar a vida das pessoas, formas de trabalho e alcançar mudanças incrementais. As cidades inteligentes buscam eficiência, sustentabilidade e melhor qualidade de vida por meio da integração de tecnologias de informação e comunicação (Nalini; Levy, 2017).

A Carta Brasileira para Cidades Inteligentes, promovida pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (2020), em colaboração com diversas instituições, define o conceito de "cidades inteligentes" no Brasil. Essas cidades são caracterizadas por seu compromisso com o desenvolvimento urbano sustentável, adotando abordagens planejadas, inovadoras e inclusivas, além de usar tecnologias para resolver problemas, criar oportunidades e melhorar a qualidade de vida. A iniciativa enfatiza a importância do letramento digital, governança colaborativa e uso responsável de dados e tecnologias de informação e comunicação.

A Carta estabelece oito objetivos estratégicos, incluindo a integração da transformação digital nas políticas urbanas, acesso equitativo à internet, governança transparente e segura de dados e tecnologias, modelos inovadores de governança urbana, estímulo ao desenvolvimento econômico local, financiamento sustentável, promoção da educação pública sobre transformação digital e engajamento contínuo da sociedade na avaliação dos impactos da transformação digital nas cidades. Essa abordagem visa impulsionar o desenvolvimento sustentável, reduzir desigualdades e criar cidades mais eficientes e inclusivas no Brasil.

O *Ranking Connected Smart Cities (Urban Systems, 2023)*, elaborado desde 2014, oferece uma visão abrangente do conceito de Cidades Inteligentes no Brasil. Destacando a importância da conectividade entre diferentes setores, o estudo considera a relação entre desenvolvimento econômico, sustentabilidade ambiental e aspectos socioculturais (*Urban Systems, 2023*).

Neste sentido, entende-se que o desenvolvimento das cidades inteligentes demanda modelos de negócios inteligentes, principalmente com foco sustentável e inclusivo. A economia circular se apresenta como uma abordagem fundamental nesse contexto, promovendo a reutilização, reciclagem e valorização de resíduos. Uma estação de compostagem representa

uma aplicação prática dessa filosofia, ao transformar resíduos orgânicos em adubo, diminuindo a quantidade de lixo que vai para os aterros e melhorando a qualidade do solo. Além de incentivar práticas sustentáveis, essa iniciativa também pode contribuir para a geração de empregos na comunidade e promover a participação ativa dos cidadãos, estimulando a conscientização sobre questões ambientais.

Dessa forma, as cidades inteligentes não apenas melhoram a eficiência dos serviços urbanos, mas também promovem um modelo de desenvolvimento que respeita os limites do planeta e valoriza o bem-estar social.

1.1.2 Economia Circular

A Revolução Industrial moldou a economia mundial baseada na linearidade, onde os modelos de produção e consumo seguem a sequência de extrair, transformar, produzir, utilizar e descartar. Embora esse modelo tenha impulsionado criações e inovações significativas, melhorando a eficiência na produção e promovendo avanços tecnológicos, ele está se tornando obsoleto frente às necessidades atuais, especialmente devido à escassez de recursos naturais.

O modelo linear tem se mostrado ineficaz, sendo um grande desafio para a sociedade moderna. Seus impactos são evidentes: escassez hídrica, perda de biodiversidade, exaustão dos recursos naturais, mudanças climáticas severas e crescente desigualdade social (Ometto; Amaral; Iritani, 2018).

Segundo a Fundação Ellen MacArthur (2017), uma solução viável para esses problemas é o modelo de economia circular. Este modelo é pautado em princípios que visam preservar e aprimorar o capital natural através da restauração e regeneração dos recursos. Ele também se esforça para maximizar a utilização de recursos, reduzindo desperdícios e promovendo a reutilização. Além disso, a economia circular busca aumentar a eficiência dos sistemas, beneficiando todas as partes envolvidas.

A economia circular integra práticas empresariais regenerativas e restaurativas tanto para ciclos biológicos quanto técnicos. Isso inclui regenerar, substituir materiais, virtualizar e restaurar no contexto biológico, além de reciclar, renovar/remanufaturar, reusar/redistribuir e manter/prolongar no contexto técnico. Essas práticas minimizam perdas sistêmicas e externalidades negativas (Fundação Ellen MacArthur, 2017).

Compreende-se que, apesar dos avanços proporcionados pelo modelo econômico linear, ele está profundamente enraizado em um pensamento cartesiano imediatista e reducionista, que ultrapassou os limites naturais, biológicos e sociais. A transição para a economia circular exige

uma abordagem complexa e respeitosa às contribuições do modelo linear, mas que as aperfeiçoa de maneira restaurativa, regenerativa e inclusiva. A economia circular é definida como “[...] uma economia verdadeiramente sustentável, que funciona sem resíduos, conserva recursos e atua em sinergia com a biosfera” (Weetman, 2019, p. 66).

Portanto, a economia circular representa uma evolução necessária para enfrentar os desafios modernos, promovendo uma interação harmoniosa com o meio ambiente e beneficiando a sociedade como um todo. As organizações, sociedades e governos precisam adotar este modelo, incorporando práticas que respeitam e regeneram o ambiente, assegurando a sustentabilidade para as gerações futuras.

A economia circular é fundamental para as cidades inteligentes porque promove a eficiência no uso dos recursos, a redução de resíduos e a sustentabilidade. Em um ambiente urbano onde a população e o consumo de recursos estão em constante crescimento, implementar práticas de economia circular pode ajudar a minimizar a pressão sobre os sistemas naturais e infraestrutura urbana. Isso inclui a reciclagem de materiais, a reutilização de produtos e a regeneração dos recursos, alinhando-se com os princípios de sustentabilidade e resiliência que são centrais para as cidades inteligentes. Ao adotar a economia circular, as cidades podem promover uma melhoria significativa na qualidade de vida de seus cidadãos, reduzir custos operacionais e criar um ambiente mais sustentável e inovador. Empreender em estações de compostagem é um elemento essencial dessa transformação, pois oferece uma solução eficiente e sustentável para o manejo de resíduos orgânicos. Essas estações transformam restos de alimentos e resíduos verdes em composto, que pode ser usado para enriquecer o solo e estimular a agricultura urbana. Esse processo não apenas diminui a quantidade de resíduos enviados para os aterros sanitários, mas também fecha o ciclo de nutrientes, devolvendo matéria orgânica ao solo e melhorando sua fertilidade. Além disso, as estações de compostagem geram oportunidades econômicas e de emprego, ao mesmo tempo que incentivam a adoção de práticas de gestão de resíduos mais conscientes, desempenhando um papel fundamental na transição para uma economia circular.

1.1.3 Estações de Compostagem

No Brasil, o desperdício de alimentos é um problema crítico, com impactos ambientais significativos. Grandes quantidades de alimentos são descartadas diariamente, contribuindo para a poluição e a emissão de gases de efeito estufa devido à decomposição inadequada em aterros sanitários. Esse desperdício resulta na utilização desnecessária de recursos naturais

como água, solo e energia, além de agravar a degradação ambiental. Para mitigar esses impactos, a compostagem e a vermicompostagem surgem como soluções viáveis e sustentáveis.

A compostagem é um processo de reciclagem de resíduos orgânicos que pode ser facilmente implementado em várias etapas da cadeia produtiva. Este método envolve a decomposição de restos de alimentos por microrganismos na presença de oxigênio, resultando em biocomposto, um insumo valioso para adubação (Costa; Homem Junior, 2017).

Os benefícios da compostagem incluem a redução de resíduos que poluem o meio ambiente e a oferta de nutrientes orgânicos para o solo, além de reduzir a necessidade de adubos convencionais, promovendo economia e potencial de comercialização (Costa; Homem Junior, 2017).

A vermicompostagem, por sua vez, utiliza minhocas epígeas para degradar os resíduos orgânicos, melhorando a qualidade do composto. Este método requer cuidados específicos, como manter a temperatura adequada e ter conhecimento técnico para otimizar a ação das minhocas e a qualidade do produto final (Araujo, 2023).

Empreender em estações de compostagem e vermicompostagem mostra-se uma estratégia indispensável diante do expressivo volume de alimentos desperdiçados no Brasil. Essas iniciativas oferecem uma solução prática para diminuir a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários, ao mesmo tempo que transformam o desperdício em insumos de grande valor, fortalecendo os princípios da economia circular. O biocomposto gerado tem o potencial de melhorar a qualidade do solo, impulsionar a agricultura urbana e diminuir a dependência de fertilizantes químicos, promovendo um ciclo sustentável de nutrientes. Adicionalmente, essas práticas também apresentam uma dimensão socioeconômica, criando novas oportunidades de emprego e renda, além de estimular uma gestão de resíduos mais responsável e alinhada com a sustentabilidade.

A falta de saneamento adequado para resíduos sólidos traz diversas consequências graves. Primeiramente, a ausência de uma gestão eficiente dos resíduos resulta na propagação de doenças, uma vez que o acúmulo de lixo serve como foco para vetores de doenças, como insetos e roedores. Isso, por sua vez, representa uma ameaça à saúde pública, afetando comunidades inteiras e sobrecarregando os sistemas de saúde (Camota, 2023). Além disso, a falta de saneamento gera poluição ambiental, contaminando solo, água e ar, e contribuindo para a degradação de ecossistemas. Esse cenário não apenas compromete a qualidade de vida da população, mas também gera improdutividade, pois áreas afetadas pela poluição tornam-se menos habitáveis e, consequentemente, menos produtivas. Portanto, a gestão inadequada de

resíduos sólidos é um problema que se reflete em múltiplas esferas da vida urbana, exigindo atenção e ação efetiva (Camota, 2023).

A economia circular desempenha um papel essencial no desenvolvimento de cidades inteligentes, ao incentivar o uso eficiente dos recursos, a minimização de resíduos e a promoção da sustentabilidade. Em um contexto urbano marcado pelo crescimento populacional e pelo aumento no consumo de recursos, a aplicação de práticas circulares pode aliviar a pressão exercida sobre os sistemas naturais e a infraestrutura das cidades. Entre essas práticas, destacam-se a reciclagem de materiais, a reutilização de produtos e a regeneração de recursos, em total alinhamento com os princípios de sustentabilidade e resiliência que sustentam o conceito de cidades inteligentes. Ao incorporar esses modelos, as cidades têm a oportunidade de melhorar a qualidade de vida da população, reduzir gastos operacionais e fomentar um ambiente mais inovador e sustentável.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa adota uma abordagem qualitativa, com ênfase na pesquisa bibliográfica e na experimentação aplicada. O objetivo central é explorar a conexão entre os conceitos da compostagem, economia circular e cidades inteligentes, além de desenvolver e validar um protótipo funcional de vermicomposteira como solução prática e sustentável para a gestão de resíduos alimentares em áreas urbanas.

O levantamento teórico foi conduzido na Biblioteca da Etec Paulo Guerreiro Franco, em Vera Cruz (SP), e em bases de dados digitais, como a Plataforma CAPES, SciELO e Google Acadêmico. O período analisado compreendeu publicações de 2000 a 2024, utilizando as palavras-chave: "Estações de compostagem de alimentos", "Economia circular" e "Cidades inteligentes".

Essa etapa seguiu os fundamentos descritos por Henriques e Medeiros (2017), que ressaltam a importância de um levantamento bibliográfico estruturado, leitura exaustiva e anotações detalhadas para consolidar o arcabouço teórico.

[...] um levantamento de livros, artigos científicos, dicionários especializados que tratam do tema objeto da pesquisa. A segunda fase dessa etapa é a leitura, que não pode resumir-se a uma leitura rápida tão somente. Trata-se de leitura exaustiva, reconhecendo problemas apresentados, objetivos do autor consultado, conclusões a que chegou. A terceira fase consistiria em anotações, que podem ocorrer de variadas formas, respeitando-se as características individuais do pesquisador [...] (Henriques; Medeiros, 2017, p. 149).

A escolha pela pesquisa qualitativa está alinhada à natureza exploratória do estudo, focada na análise de fenômenos complexos que não podem ser mensurados de forma objetiva, como descrito por Holanda (2006):

Os métodos qualitativos são métodos das ciências humanas que pesquisam, explicitam, analisam, fenômenos (visíveis ou ocultos). Esses fenômenos, por essência, não são passíveis de serem medidos (..) eles possuem as características específicas dos “fatos humanos”. O estudo desses fatos humanos se realiza com as técnicas de pesquisa e análise que, escapando a toda codificação e programação sistemáticas, repousam essencialmente sobre a presença humana e a capacidade de empatia, de uma parte, e sobre a inteligência indutiva e generalizante, de outra parte (Holanda, 2006, p. 57).

Essa etapa bibliográfica permitiu compreender os desafios e oportunidades da gestão de resíduos alimentares, assim como embasar teoricamente o desenvolvimento de soluções práticas voltadas ao empreendedorismo sustentável e alinhadas aos conceitos de economia circular.

Para validar a aplicabilidade dos conceitos teóricos, foi elaborado um protótipo de vermicomposteira, utilizando um processo experimental. A construção do protótipo incluiu as seguintes etapas:

1. *Design e fabricação:* Foram selecionados materiais de fácil acesso e custo reduzido, com foco em sustentabilidade e durabilidade. O processo envolveu a montagem de uma estrutura modular, composta por compartimentos destinados à separação de resíduos, manejo de minhocas e coleta do composto final.
2. *Testes de funcionamento:* A vermicomposteira foi submetida a testes controlados de compostagem, nos quais variáveis como tipo de resíduos orgânicos, temperatura ambiente e tempo de decomposição foram monitoradas. O objetivo foi avaliar a eficiência do processo, a qualidade do composto produzido e a adaptação do protótipo às condições urbanas.

Os resultados obtidos forneceram dados relevantes sobre a eficácia do protótipo como solução prática para o tratamento de resíduos orgânicos, contribuindo para a redução de desperdício e a geração de novos recursos.

A combinação entre pesquisa bibliográfica e metodologia experimental justifica a escolha de um método qualitativo, pois integra a análise teórica com a validação prática, permitindo o desenvolvimento de uma solução inovadora para os desafios da gestão de resíduos em cidades inteligentes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O problema global do desperdício de alimentos, equivalente a aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas anualmente, é um desafio que afeta adversamente tanto a sociedade quanto a economia, contribuindo significativamente para as emissões globais de gases de efeito estufa (INSTITUTO AKATU, 2020). No contexto brasileiro, aproximadamente 26,3 milhões de toneladas de alimentos são desperdiçadas anualmente, representando uma média estimada de 130 kg por família e 41,6 kg por pessoa (INSTITUTO AKATU, 2020).

A Lei 12.305/2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, aborda a gestão de resíduos alimentares e incentiva práticas como a compostagem, visando à redução dos impactos ambientais e à promoção de uma economia circular. A compostagem, segundo Santos *et al.* (2022), é um processo que converte resíduos orgânicos em adubo, contribuindo para a saúde do solo. O descarte inadequado desses resíduos prejudica o solo, e a economia circular emerge como uma alternativa para a reciclagem, minimizando os impactos ambientais (SANTOS *et al.*, 2022).

Na condução deste estudo, utilizou-se o método de vermicompostagem, no qual as minhocas desempenham um papel fundamental na decomposição e transformação de resíduos orgânicos em composto de alta qualidade, promovendo um processo natural e sustentável de reciclagem de nutrientes.

Cidades inteligentes, segundo Beck *et al.* (2020), são um conceito abrangente que busca integrar meio ambiente, inovações tecnológicas e desenvolvimento humano para proporcionar serviços urbanos eficientes. Abreu e Marchiori (2023) destacam a dimensão tecnológica e sustentável das cidades inteligentes, enfocando a participação ativa dos cidadãos.

Infere-se que o fator bidirecional entre cidades inteligentes e economia circular, centrado na compostagem, pressupõe a implementação de sistemas inteligentes de gestão de resíduos para otimizar o processo, reduzir descartes inadequados e fortalecer a sustentabilidade das cidades, contribuindo para eficiência, resiliência e sustentabilidade urbanas, sendo assim, reflete-se que cidades inteligentes demandam negócios inteligentes, e o empreendimento nesse segmento contribui de forma eficiente para a economia circular e alcance dos ODS da Agenda 2030.

Após o levantamento teórico, foi elaborado um plano estratégico detalhado, seguindo as diretrizes do SEBRAE (2023), para a implementação de uma estação de compostagem de resíduos alimentares. O foco principal recaiu sobre o desenvolvimento de um protótipo de vermicomposteira, projetado com três níveis de caixas plásticas resistentes. Cada compartimento foi equipado com tampas para controlar a umidade e bloquear a entrada de luz,

garantindo condições ideais para o processo de vermicompostagem, no qual as minhocas desempenham um papel essencial na decomposição dos resíduos orgânicos.

A ventilação adequada foi garantida por meio de orifícios feitos com uma furadeira. A utilização de tela entre os níveis facilitou a movimentação das minhocas e evitou a mistura indesejada do composto.

Optou-se por minhocas vermelhas (*Eisenia fetida*), reconhecidas por sua eficiência na compostagem de resíduos orgânicos. Os restos de alimentos, provenientes de refeições escolares, foram introduzidos no andar superior, enriquecendo o composto à medida que as minhocas se alimentavam. A rotação regular dos níveis otimizou o processo, estimulando o deslocamento das minhocas e garantindo uma compostagem uniforme.

O tempo de compostagem, fixado em 45 dias para esta experiência, pode variar conforme diversos fatores, como o tamanho da composteira, a composição dos materiais, a presença das minhocas e as condições ambientais.

Paralelamente, foi desenvolvido o *design* conceitual de um aplicativo destinado a atender residências urbanas, estabelecimentos gastronômicos, empresas e condomínios. O aplicativo terá a funcionalidade de agendar a coleta de resíduos orgânicos, promovendo a otimização de custos relacionados ao transporte e ao armazenamento por meio de soluções tecnológicas e logísticas eficientes. Além disso, a plataforma servirá como um canal de comercialização de adubos orgânicos e biofertilizantes, atendendo tanto agricultores locais quanto entusiastas de hortas e jardins.

Ressalta-se que, embora já existam iniciativas de compostagem de resíduos alimentares no Brasil e no mundo, este projeto de empreendedorismo diferencia-se por sua abordagem integrada às estruturas de cidades inteligentes. Considerando que muitas cidades brasileiras têm adotado características de cidades inteligentes, o projeto destaca-se ao promover práticas de coleta inteligente, processamento eficiente por meio de vermicomposteiras e a participação ativa dos cidadãos, consolidando um diferencial competitivo no mercado.

Admite-se como impactos social, ambiental e econômico, sendo: social – incentivar a participação das pessoas, geração de empregos na estação de compostagem e na manutenção do aplicativo; ambiental – contribuir para o descarte correto dos resíduos alimentares e reduzir as emissões de gases de efeito estufa; econômico – gerar receitas sustentáveis por meio da venda de adubos orgânicos e de biofertilizantes, fortalecendo dessa forma a economia local. Em relação à viabilidade econômica, verifica-se a possibilidade de investidores potenciais, principalmente empresas que tenham a sustentabilidade como foco, além de entidades

governamentais que buscam soluções alinhadas às ODS, e também dos clientes e parceiros essenciais para esse projeto.

A FERTIL ORGANIC, idealizada pelos autores como um projeto piloto, é apresentada como uma proposta inovadora e eficiente para a gestão sustentável de resíduos alimentares na cidade de Marília-SP. A iniciativa visa demonstrar, na prática, como a integração de coleta inteligente, estações de compostagem e engajamento de pessoas físicas e jurídicas pode transformar resíduos orgânicos em adubos de alta qualidade, contribuindo positivamente para as cidades e o meio ambiente.

O plano de negócios detalhado no Quadro 1 foi desenvolvido pelos autores com base nas diretrizes do SEBRAE (2023) e reflete as condições necessárias para a viabilidade econômica e operacional do projeto. Ressalta-se que, embora o conceito e as estratégias tenham sido estruturados de forma mercadológica/pedagógica, a implementação real dependerá de análises financeiras adicionais, captação de investimentos e adequação às demandas do mercado.

Assim, o projeto não apenas apresenta a FERTIL ORGANIC como uma proposta de empreendimento sustentável, mas também destaca a importância de validar os elementos do plano de negócios em condições reais. Esse alinhamento busca minimizar riscos e garantir a materialização do projeto com base em fundamentos sólidos e viabilidade prática.

Quadro 1 – Plano de Negócios – FERTIL ORGANIC

1. Sumário Executivo: A FERTIL ORGANIC oferece soluções inovadoras para a gestão sustentável de resíduos alimentares, destacando-se na coleta inteligente, estações de compostagem e engajamento das pessoas físicas e jurídicas. Tem como compromisso transformar resíduos em adubos de alta qualidade, contribuindo positivamente para as cidades e meio ambiente.
2. Descrição da Empresa: Comprometimento com a sustentabilidade, tem como objetivo promover uma mudança positiva nas cidades e meio ambiente. Forma jurídica: Empresa de responsabilidade limitada; localização: Marília-SP; Regime tributário: Lucro Presumido; Estrutura: instalação de estações de compostagem.
3. Análise de Mercado: Demanda por serviços de compostagem; concorrentes e diferenciais competitivos.
4. Produto/Serviço: coleta inteligente; estações de compostagem e engajamento do cidadão; adubos orgânicos e biofertilizantes.
5. Plano Operacional: processo de coleta, compostagem e distribuição de adubo orgânico; infraestrutura, equipamentos e tecnologias para monitoramento, rastreamento, aplicativo.
6. Estratégias de Marketing: estratégias de marketing digital e parcerias.
7. Plano Financeiro: projeção de receitas, custos e investimentos; fluxo de caixa e indicadores contábeis-financeiros.

8. Gestão de Pessoas: estrutura organizacional e funções; políticas de RH.
9. Sustentabilidade: compromissos sustentáveis; impactos positivos na comunidade e meio ambiente.
10. Aspectos Legais e Regulatórios: atendimento às normas ambientais; certificações e licenças necessárias.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O desenvolvimento do protótipo da vermicomposteira, conforme ilustrado na Figura 1, permite uma compreensão detalhada do processo de decomposição, transformando resíduos alimentares em insumos valiosos dentro da economia circular. O chorume gerado durante o processo funciona como um biofertilizante de alta qualidade, contribuindo para o enriquecimento do solo e promovendo a sustentabilidade agrícola. A estrutura modular da vermicomposteira, combinada com a utilização de minhocas vermelhas, garante a eficiência e o controle adequado do processo de compostagem. Além de minimizar os impactos ambientais, a iniciativa também desempenha um papel importante no engajamento social, incentivando a conscientização e a adoção de práticas sustentáveis pela comunidade.

Figura 1 – Protótipo de Vermicomposteira



Fonte: Resultados da pesquisa (2024).

A maquete da estação de compostagem, conforme apresenta-se na Figura 2, representa a coleta de resíduos alimentares, vermicompostagem e produção de adubos orgânicos.

Figura 2- Maquete da Estação de Compostagem

Fonte: Resultados da pesquisa (2024).

A tecnologia será integrada por meio de um aplicativo (Figura 3), conectando públicos interessados na coleta, produção e compra de adubos orgânicos. Considera-se que o uso de aplicativo nesse nicho de negócio amplia a dimensão tecnológica, otimizando a coleta de resíduos e facilitando a comercialização de adubos orgânicos, conectando dessa forma comunidades e agricultores locais.

Figura 3 – Arte conceitual do aplicativo

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O projeto de pesquisa focou na implementação de estações de compostagem de alimentos como um elo essencial entre cidades inteligentes e economia circular. A coleta

inteligente e compostagem eficiente, aliadas à participação ativa da comunidade, resultaram em uma gestão sustentável de resíduos. Parcerias estratégicas com agricultores locais, o uso de tecnologia e logística eficientes por meio de um aplicativo integrado, e a valorização do chorume como biofertilizante, contribuíram para a promoção de práticas sustentáveis aos ODS, e portanto, esse projeto torna-se relevante a fim de criar um ciclo virtuoso na economia circular e promovendo comunidades engajadas e sustentáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo destacou a relevância das estações de compostagem como uma alternativa sustentável e eficaz para enfrentar os desafios relacionados à gestão de resíduos alimentares em centros urbanos brasileiros. A análise do desperdício de alimentos e do impacto ambiental do descarte inadequado demonstrou que a compostagem, integrada ao conceito de cidades inteligentes, pode contribuir significativamente para a economia circular e para a mitigação de emissões de gases de efeito estufa.

Os resultados obtidos com o protótipo de vermicomposteira foram bastante promissores, evidenciando sua eficiência na transformação de resíduos orgânicos em adubo de alta qualidade. Complementarmente, o plano de negócios elaborado mostrou-se consistente, abrangendo aspectos operacionais, financeiros e mercadológicos, o que reforça o potencial de aplicação prática e econômica da iniciativa.

No entanto, algumas limitações devem ser consideradas. O estudo não aprofundou a análise econômica do custo-benefício do protótipo em larga escala, indicando a necessidade de futuras validações em contextos reais. Além disso, o aplicativo proposto para integrar os diferentes atores envolvidos no processo ainda precisa passar por testes mais detalhados e ajustes para garantir sua funcionalidade.

Recomenda-se, portanto, que pesquisas futuras aprofundem a viabilidade econômica em cenários urbanos diversificados, além de avaliarem os impactos sociais e ambientais da implementação em larga escala. O estabelecimento de parcerias com governos locais e empresas privadas também pode ser uma estratégia fundamental para fortalecer a aplicação do modelo, promovendo sua aderência aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e aumentando sua contribuição para a resiliência e sustentabilidade das cidades.

Como proposta piloto, a Fertil Organic representa uma iniciativa relevante para o avanço das práticas de compostagem no Brasil, sendo que seu diferencial está em engajar a sociedade

e transformar resíduos alimentares em recursos valiosos, impulsionando a economia circular e promovendo benefícios concretos ao meio ambiente e à sustentabilidade urbana.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. P. M. A.; MARCHIORI, F. F. Ferramentas de avaliação de desempenho de cidades inteligentes: uma análise da norma ISO 37122:2019. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 14, p. e023002, 2023, ISSN 1980-6809.

ARAUJO, E. S. **Valorização de resíduos de alimentos: comparação entre os processos de compostagem e vermicompostagem em composteira unifamiliar**. Plano de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, Maceió 2023.

BECK, D. F.; et al. Um framework teórico sobre a dimensão social da inteligência das Cidades Inteligentes. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, vol. 9, n. 2, p. 1-17, julho-dezembro, 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em 10 nov. 2023.

CAMOTA, V. J. **Proposta para criação de empresa de compostagem de resíduos domésticos no município do Ecunha**. Projeto de Fim de Curso apresentado ao Departamento de Ensino e Investigação, como requisito parcial à obtenção de grau de Licenciatura, no Curso de História do Instituto Superior Politécnico da Caála, 2023.

CASTRO NETO, M.; CORREIA, P. V.; VALE, J. N. **Cidades inteligentes e o futuro da mobilidade urbana**. In: Alterações Climáticas: Boas Práticas de Engenharia (pp. 11-39). Ordem dos Engenheiros, 2019.

COSTA, J. R.; HOMEM JUNIOR, A. C. Desperdícios de hortifrutícolas e utilização da compostagem como forma de reciclar os resíduos. In: III SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga, [...] **Anais**, v. 3, n. 1, p. 9, 24 set. 2017.

FARIA, A. M. **Economia Circular**: reinvenção das formas de negócio. (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação). Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2018.

FELIX JÚNIOR, L. A.; et al. Cidades inteligentes: mapeando pesquisas, projetos, iniciativas e grupos nas capitais brasileiras. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 55, 2023.

FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR. (2017). **Uma economia circular no Brasil**: uma abordagem exploratória inicial. Recuperado de: https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf. Acesso em 15 nov. 2023.

HENRIQUES, A.; MEDEIROS, J. B. **Metodologia científica na pesquisa jurídica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

HOLANDA, A. F. **Questões sobre pesquisa qualitativa e pesquisa fenomenológica**. Análise Psicológica, v. 03, n. 24, 11p., 2006.

INSTITUTO AKATU. **O desperdício de alimentos no mundo e no Brasil** (2020). Disponível em: <https://akatu.org.br/novopf/wp-content/uploads/2020/02/desperdicio-de-alimentos-no-brasil-e-no-mundo.pdf>. Acesso em 10 dez. 2023.

LAZZARETTI, K.; et al. Cidades inteligentes: insights e contribuições das pesquisas brasileiras. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 2019, 11.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. 2020. **Carta Brasileira para Cidades Inteligentes**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-regional/projeto-andus/carta-brasileira-para-cidades-inteligentes>. Acesso em 15 jan. 2024.

NALINI, J. R.; LEVY, W. Cidades inteligentes e sustentáveis: desafios conceituais e regulatórios. **Revista de Direito da Administração Pública**, v. 1, n. 2, jan/dez 2017.

OMETTO, A. R.; Amaral, W. A.; Iritani, D. R. **Economia circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira**. Brasília: Confederação Nacional das Indústrias, 2018.

Portal Saneamento Ambiental. **Brasil desperdiça 46 milhões de toneladas de alimentos por ano**. Disponível em: <https://www.saneamentoambiental.com.br/noticias/brasil-desperdica-46-milhoes-de-toneladas-de-alimentos-por-ano>. Acesso em 18 dez. 2024.

SANTOS, K. L.; et al. O ensino da compostagem doméstica como instrumento para promoção da economia circular em sistemas de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. **Revbea**, São Paulo, V. 17, No6:296-319, 2022.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (2023). **Monte um plano de negócio fácil e simples**. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ap/artigos/monte-um-plano-de-negocio-facil-e-simples,17f2850c4d8f2610VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em 12 dez. 2023.

STRAPAZZON, C. Convergência tecnológica nas políticas urbanas: pequenas e médias cidades inteligentes. **Revista Jurídica Unicuritiba**, v. 22, n. 6, 2009.

URBAN SYSTEMS. **Ranking Connected Smart Citie – Edição 2023**, transformando conhecimento em resultados.

WEETMAN, C. **Economia circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa**. 1. ed. São Paulo: Autêntica Business, 2019.