



INSTITUTO FEDERAL PARÁ  
CAMPUS CASTANHAL

# PROTOCOLO METODOLÓGICO PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DOMÉSTICOS PARA MUNICÍPIOS DA AMAZÔNIA PARAENSE

Giordan Cordovil Costa  
Romier da Paixão Sousa





Dados para catalogação na fonte  
Setor de Processamento Técnico Biblioteca  
IFPA - Campus Castanhal

---

C837p Costa, Giordan Cordovil  
Protocolo metodológico para gestão de resíduos sólidos orgânicos  
domésticos para municípios da Amazônia paraense / Giordan Cordovil Costa,  
Romier da Paixão Sousa. – Castanhal: IFPA, PPDRGEA, 2023.  
30 p. : il. color.

ISBN nº 978-65-989005-0-2

1. Resíduos sólidos . 2. Resíduos sólidos – Reaproveitamento. 3.  
Educação ambiental . I. Sousa, Romier da Paixão. II. Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. III. Título.

CDD: 628.4409198115

---

Biblioteca/Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará  
Bibliotecária Leontina da Cunha Nascimento – CRB-2: 970

---

## REALIZAÇÃO

Núcleo de Estudos em Educação e Agroecologia na Amazônia NEA/Castanhal Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares – PPDRGEA/IFPA

## AUTORES

Giordan Cordovil Costa  
Romier da Paixão Sousa

## REVISÃO TÉCNICA

Romier da Paixão Sousa

## DIAGRAMAÇÃO

Silvio Wanzeler Xavier

## FOTOS

Giordan Cordovil Costa

## COORDENADOR EDITORIAL

Romier da Paixão Sousa

## APOIO



**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará**

**Ana Paula Palheta Santana**

Reitora

**Saulo Rafael Silva e Silva**

Pró-reitor de Pesquisa e Pós-graduação

**IFPA- Campus Castanhal**

**Adebaro Alves dos Reis**

Diretor Geral

**Pablo Radamés Cabral de França**

Diretoria de Pesquisa, Pós-graduação, Extensão e Inovação.

**Roberta de Fátima Rodrigues Coelho**

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares (PPGDRGEA)

**Gilberta Carneiro Souto**

Coordenadora do Núcleo de Estudos em Educação e Agroecologia na Amazônia (NEA)

## SOBRE OS AUTORES

### **Giordan Cordovil Costa**

Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares pelo Instituto Federal do Pará (IFPA). Membro do Núcleo de estudos em Educação e Agroecologia na Amazônia (NEA). Consultor técnico na Terra Preta Soluções Socioambientais e Educacionais, em gestão de resíduos orgânicos, com foco no desenvolvimento em projetos de implantação de usinas descentralizadas de compostagem.

### **Romier da Paixão Sousa**

Graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Doutorado em Estudios Medioambientales pela Universidad Pablo de Olavide. Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Tutor do Programa de Educação Tutorial de Agronomia do IFPA, membro do Núcleo de Estudos em Educação e Agroecologia na Amazônia (NEA).

# SUMÁRIO

<b>ECONOMIA CIRCULAR COMO BASE DO PROTOCOLO.....</b>	<b>6</b>
<b>PÚBLICO - ALVO E OBJETIVOS DESTE PROTOCOLO.....</b>	<b>7</b>
<b>ECONOMIA CIRCULAR COMO BASE DO PROTOCOLO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS.....</b>	<b>9</b>
2.1. COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS MUNICIPAIS..	9
2.1.1. <i>Resíduo de comida.....</i>	<i>9</i>
2.1.2. <i>Resíduos de folhas e jardins.....</i>	<i>9</i>
2.2. BENEFÍCIOS AMBIENTAIS.....	10
2.2.1. <i>Redução de gases do efeito estufa.....</i>	<i>10</i>
2.2.2. <i>Uso de produtos da compostagem.....</i>	<i>10</i>
2.3. BENEFÍCIOS SOCIAIS.....	11
2.4. BENEFÍCIOS ECONÔMICOS.....	11
<b>3. ESTÁGIOS DE IMPLANTAÇÃO DO PROTOCOLO.....</b>	<b>12</b>
DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO E PLANEJAMENTO.....	12
SENSIBILIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA.....	15
ESTRUTURA E ASPECTOS TÉCNICOS.....	17
3.1. COMPOSTAGEM DESCENTRALIZADA.....	15
3.2. LOCALIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES.....	16
3.3. PROXIMIDADE E ACESSO.....	17
3.4. TIPO DE SOLO.....	17
3.5. DISPONIBILIDADE DE ÁGUA.....	18
3.6. CONSIDERAÇÕES DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	18
3.7. ETAPAS DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	18
3.7.1. <i>Etapa 1 - Inspeção dos resíduos coletados.....</i>	<i>19</i>
3.7.2. <i>Etapa 2 - Preparação dos resíduos e matéria prima.....</i>	<i>20</i>
3.7.3. <i>Etapa 3 - Compostagem Ativa.....</i>	<i>20</i>
3.7.4. <i>Etapa 4 - Recuperação de sólidos grosseiros.....</i>	<i>21</i>
3.7.5. <i>Etapa 5 - Estabilização.....</i>	<i>21</i>
3.7.6. <i>Etapa 6 - Seleção final.....</i>	<i>22</i>
<b>3.8. Parâmetros importantes no processo de compostagem.....</b>	<b>22</b>
3.8.1. <i>Oxigênio.....</i>	<i>22</i>
3.8.2. <i>Relação carbono e nitrogênio.....</i>	<i>23</i>
3.8.3. <i>Umidade.....</i>	<i>23</i>
3.8.4. <i>Temperatura.....</i>	<i>23</i>
3.8.5. <i>pH.....</i>	<i>24</i>
<b>ESTÁGIO 4 - AÇÃO TESTE E COMPOSTAGEM.....</b>	<b>24</b>
<b>ESTÁGIO 5 - DESTINAÇÃO DO COMPOSTO GERADO.....</b>	<b>25</b>
<b>ESTÁGIO 6 – VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>28</b>

## ESTRUTURA DESTE PROTOCOLO

Este protocolo foi desenvolvido principalmente com base em uma revisão dos conhecimentos e experiências práticas de projetos de compostagem no Brasil, Canadá e países asiáticos, além de outras literaturas disponíveis, mostrando a importância da separação de resíduos na fonte, o tratamento de resíduos orgânicos urbanos através da técnica de compostagem, as vantagens de pátios descentralizados de compostagem, bem como a demanda de composto para avaliar a viabilidade da introdução de produtos sustentáveis no mercado. Isto enfatiza a importância da separação na fonte de resíduos orgânicos bem como a demanda por composto para avaliar a viabilidade de introdução de projetos de pátios de compostagem descentralizados sustentáveis.

O protocolo está dividido em 6 (seis) estágios de implantação. O primeiro estágio, “diagnóstico e planejamento participativo”, inclui conceitos e referências na legislação brasileira sobre a compostagem. O segundo estágio, “sensibilização e apresentação da proposta”, descreve sobre formas de tratamento dos resíduos orgânicos municipais, explica brevemente os tipos de resíduos adequados para compostagem, sistemas descentralizados e centralizados, e os principais processos técnicos de compostagem. O terceiro estágio, “Infraestrutura e aspectos técnicos”, explica sobre condições técnicas e planejamento a partir de uma visão macro do processo desde a concepção do projeto, passando pela inclusão da participação de diversos atores até o resultado final do tratamento dos resíduos e os possíveis mercados. O quarto estágio, “ação teste de coleta e compostagem”, aborda sobre parâmetros fundamentais no processo de decomposição aeróbica da matéria orgânica e a importância de um bom processamento para manter condições ideais na produção do composto que possa gerar um produto de qualidade dentro dos requisitos agrônômicos de mercado. O quinto estágio “Destinação do composto” aborda requisitos mínimos para a implantação de um pátio de compostagem descentralizado, considerando aspectos logísticos, ambientais e infraestrutura para comportar a operação do pátio. O sexto e último estágio “validação da metodologia” promove uma ação em pequena escala com famílias dos municípios, simulando todo o processo abordando ao longo do desenvolvimento deste protocolo, e fornece lições úteis para o aprimoramento da metodologia adaptada às condições locais de municípios da Amazônia.

## PÚBLICO - ALVO E OBJETIVOS DESTE PROTOCOLO

Em virtude da problemática em torno da gestão de resíduos orgânicos em centros urbanos e crise global na cadeia de insumos químicos agrícolas, este protocolo foi desenvolvido na busca de trazer ao público um processo inovador de gerenciamento de resíduos orgânicos em centros urbanos, quebrando a cadeia existente de destinação de resíduos orgânicos para lixões, com a criação de um novo ciclo sustentável, transformando os resíduos orgânicos domiciliares em composto orgânico através da técnica de compostagem em pátios descentralizados, produzindo composto para a agricultura de municípios da Amazônia Paraense.

Assim, o desenvolvimento de um Protocolo Metodológico pode gerar uma nova atividade econômica, voltada para o gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos urbanos, com tratamento em pátios de compostagem descentralizados, realizando uma economia circular de materiais, tendo como produto um composto orgânico de alto valor agregado, com capacidade de integrar e desenvolver ações entre os espaços urbanos e rurais, constituindo uma tríade produção-consumo-produção em uma perspectiva do metabolismo socioecológico (Toledo; Gonzalez de Molina, 2020). Este processo pode envolver diversos setores da sociedade, como prefeituras, cooperativas, empresas, organizações não governamentais, associações, propriedades agrícolas e sociedade civil organizada.

Este documento possibilitará fornecer uma compreensão holística sobre sistemas de compostagem descentralizados, incluindo vantagens e desvantagens, bem como requisitos sobre os aspectos técnicos do planejamento sustentável dos projetos, modelo de implantação de pátios descentralizados de compostagem seguindo etapas pré-determinadas e validadas, além de proporcionar uma determinação objetiva na avaliação de critérios ao considerar o potencial de introdução de projetos de compostagem.

O protocolo também visa auxiliar os tomadores de decisões e formuladores de políticas em nível local, com ou sem formação técnica em compostagem, para avaliar a viabilidade de introduzir projetos de compostagem como uma opção estratégica adequada para melhorar a gestão de resíduos orgânicos nos municípios.

# 1. ECONOMIA CIRCULAR COMO BASE DO PROTOCOLO

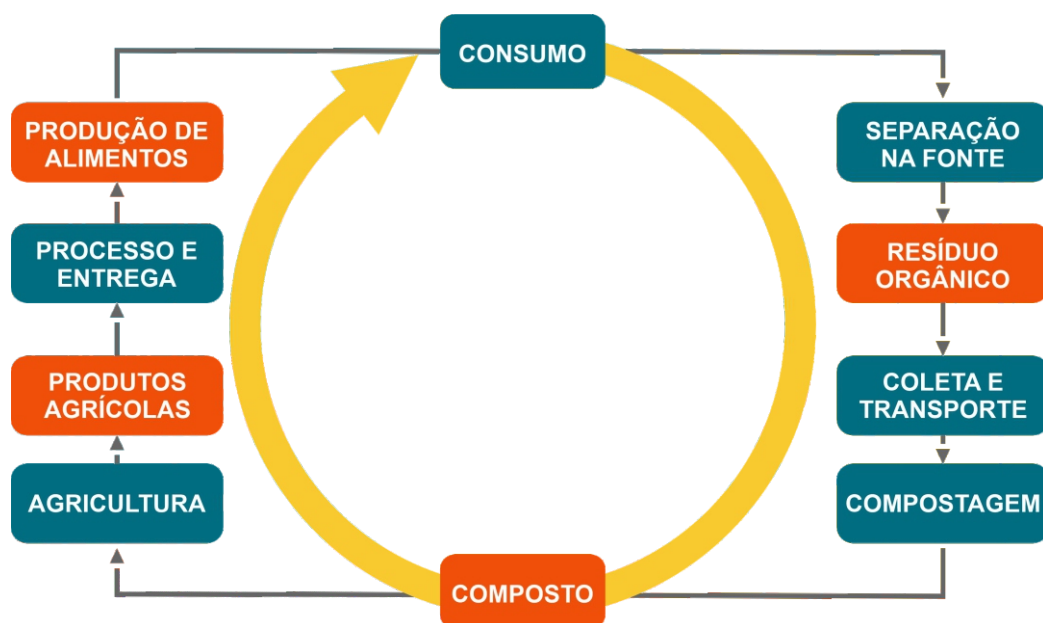
A forma como a reciclagem é empreendida atualmente pouco reduz a disposição de resíduos ao fim de cadeias produtivas, ainda predominantemente lineares, com processos pouco eficientes. A reciclagem de produtos não projetados a priori para este processamento na fase de pós consumo resulta em reciclados de menor qualidade e valor em comparação aos produtos originais.

A proposição da Economia Circular de projetos de ponta a ponta, consiste em conceber produtos e sistemas industriais que sejam capazes de manter a qualidade e produtividade dos materiais em ciclos de vidas subsequentes (Berndtsson, 2015).

O fechamento em ciclos produtivos ganha crescente importância na medida que, mesmo com o aumento da ecoeficiência, a disponibilidade de muitos recursos não-renováveis, como metais e combustíveis fósseis, não é suficiente para atender à atual demanda humana e, além disso, a capacidade regenerativa de recursos renováveis, como florestas e água, é inferior às taxas de extração desses recursos (Braungart e McDonough, 2008; Berndtsson, 2015).

A Figura 1 representa a proposta do estudo a partir da concepção da economia circular, buscando viabilizar um processo sustentável de reciclagem da cadeia de suprimentos de alimentos com base na separação de resíduos orgânicos na fonte.

Figura 1: Reciclagem de alimentos com base na separação na fonte



Fonte: Adaptado de (Kawai et al., 2016).

A Economia Circular implica no fim da sociedade do descarte. Significaria a renúncia do padrão “fazer, usar, descartar” como uma forma alternativa de organizar a produção, e a transição para a abordagem “reuso e reciclagem”. Uma definição breve de Economia Circular é “quando seus outputs se tornam seus inputs” (BONCIU, 2014).

## 2. TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

### 2.1. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos municipais

#### 2.1.1. Resíduos de folhas e jardins

O fluxo de resíduos sólidos urbanos (RSU) é diverso e contém uma variedade de materiais orgânicos e inorgânicos. Normalmente, o identificador das frações orgânicas inclui resíduos de alimentos e folhas e resíduos de quintal.

O desperdício de alimentos representa uma proporção significativa de matéria orgânica encontrada em lixo residencial, é gerado principalmente por consumo em residências e originário de cozinhas residenciais e comerciais (ou seja, restaurantes e hospitais), ou pré-consumo, provenientes de agentes de distribuição e varejo (ou seja, transportadores e supermercados). Os resíduos alimentares têm um alto teor de umidade, o que pode levar à geração de chorume e odores durante o manuseio e processamento.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, cerca de um terço dos alimentos produzidos no mundo é perdido ou desperdiçado, um número que é equivalente a 1,3 bilhão de toneladas por ano (FAO, 2011). Ou seja, grande parte da comida produzida transforma-se em resíduos e compõem uma parte significativa dos RSU (Kawai et al., 2016).

No Estado do Pará, Castanhal destaca-se como um dos municípios polos em geração de resíduos sólidos urbanos, com 230,2 toneladas por dia de geração de resíduos que corresponde a 62,4% da geração da população urbana da região de integração. Seguem como municípios de maior geração de resíduos: Vigia com 26,1 t/d e São Miguel do Guamá com 25,9 t/d (PARÁ, 2014).

Neste protocolo em desenvolvimento, os produtos de papel sujos com restos de comida são incluídos como parte da discussão sobre o desperdício de alimentos. Produtos de papel sujos que não podem ser reciclados (por exemplo, toalhas de papel, guardanapos, papelão sujo ou encerado, jornal sujo e lenços de papel) são frequentemente incluídos em programas de descarte de lixo orgânico. Esses materiais são facilmente degradáveis, portanto, incluí-los em programas de desvio pode ser benéfico, pois eles agem como absorventes para outros líquidos durante a coleta.

#### 2.1.2. Resíduos de folhas e jardins

Os resíduos de folhas e jardins consistem em aparas de grama verde e palha, folhas, ervas daninhas, arbustos e pequenas podas de árvores. Resíduos de folhas e jardins são geralmente pequenos o suficiente para não exigir moagem ou trituração antes de serem processados por meio da compostagem ou digestão anaeróbica.

As quantidades de resíduos de folhas e jardins também podem variar de ano para ano dentro da mesma área. Intuitivamente, essas flutuações podem ser atribuídas principalmente às mudanças climáticas que afetam diretamente as taxas de crescimento de gramíneas e árvores, incluindo variações de temperatura, precipitação e horas de luz solar.

Os resíduos de folhas e jardins são geralmente uma matéria-prima muito limpa e livre de contaminantes. Porém, em espaços públicos devido a um gerenciamento ineficiente de resíduos sólidos, alguns dos contaminantes podem ser encontrados em resíduos de folhas e jardins, como sacolas plásticas, dejetos de animais de estimação, sujeira, pedras e recipientes de fertilizantes. Também podem estar presentes em menor grau, galhos de árvores, troncos e tocos de árvores que são frequentemente considerados ao avaliar programas de compostagem de resíduos orgânicos.

## **2.2. Benefícios ambientais**

### **2.2.1. Redução de gases do efeito estufa**

Quando os RSU são descartados de forma não controlada em aterros sanitários ou lixões, torna-se uma fonte de gás metano ( $\text{CH}_4$ ) devido à decomposição de restos de comida em um estado anaeróbico. Além disso, o descarte direto de resíduos orgânicos em aterros sanitários resulta na geração de odores pútridos nas áreas circundantes e são lixiviados, rico em concentrações de oxigênio bioquímico, Demanda BOD (Barton et al., 2008).

Considerando apenas o  $\text{CH}_4$ , estima-se que o tratamento e disposição de resíduos urbanos representam 13% das emissões antropogênicas deste GEE, contribuindo diretamente com as mudanças climáticas atuais. Os aterros sanitários são as principais fontes dessas emissões, seguidos dos sistemas de tratamento de águas residuais. Os dejetos das criações de animais em confinamento (suínos, aves e gado) responderiam por 4% das emissões anuais de metano (Barton et al., 2008).

### **2.2.2. Uso de produtos da compostagem**

O composto pode melhorar o solo em condições biologicamente, fisicamente e quimicamente e contribuir para a realização de Agricultura sustentável. Sabe-se que algumas substâncias orgânicas não se degradam completamente, mas permanecem no solo de composição por mais tempo, conhecidas como húmus. O húmus aumenta a capacidade do solo para reter e drenar a água, preservar os nutrientes, aerar e agir no equilíbrio do pH. O húmus também contém hormônios de crescimento, como auxina e citocinina, que promovem o crescimento da planta e resultam em um maior volume de raízes. Esse composto tem um grande potencial e pode substituir parcialmente os fertilizantes químicos em um curto espaço de tempo e fornecer nitrogênio, fósforo e potássio para as plantas (Hermann et al., 2011).

Como uma correção do solo para agricultura, paisagismo e aplicações na horticultura, o composto orgânico melhora qualquer solo em que é aplicado. Solos densos e argilosos beneficiam-se da inclusão de composto, pois os torna mais porosos, melhorando a penetração e drenagem das raízes. Solos porosos e arenosos ganham melhor capacidade de retenção de água com a adição de composto, e os nutrientes são mais facilmente retidos (Environment Canada, 2013).

## 2.3. Benefícios Sociais


Todos os benefícios ambientais associados ao desvio de aterros e ao uso de composto também fornecem benefícios sociais. A redução das emissões de GEE e de outros poluentes (por exemplo, particulados e poluentes atmosféricos) ajuda a proteger a saúde humana e a prevenir a degradação dos ecossistemas naturais.

Um benefício direto está relacionado com a geração de emprego e renda para uma parte da sociedade que vive em condições de vulnerabilidade em torno de lixões ou na informalidade dentro do setor da coleta seletiva de materiais recicláveis, também trazendo o desenvolvimento de áreas outrora gravemente impactadas pela disposição inadequada de resíduos em lixões a céu aberto.

## 2.4. Benefícios Econômicos

Garantir uma demanda adequada para produtos de compostagem é um pré-requisito para o sucesso da operação dos pátios descentralizados. No entanto, é difícil garantir um nível adequado de demanda por composto em áreas de alta densidade populacional devido à falta de fazendas. As usinas de compostagem descentralizadas devem ser projetadas e estar situadas em locais próximos a áreas de terras agrícolas. Se isso não for possível, os operadores das usinas descentralizadas de compostagem devem buscar uma demanda segura por composto, conectando com empresas de fertilizantes existentes, cooperativas agrícolas ou criando novas redes de negócios.

Entre os diversos benefícios com o manejo adequado dos resíduos sólidos orgânicos urbanos, podemos destacar os seguintes:

- 
- ✓ Vida útil prolongada do aterro;
  - ✓ Reduções nas emissões de GEE e poluentes atmosféricos (versus aterros);
  - ✓ Benefícios trabalhistas diretos e indiretos;
  - ✓ Economia de energia e custos com a substituição de fertilizantes químicos;
  - ✓ Receitas potenciais de energia produzida a partir da digestão anaeróbica;
  - ✓ Menor custo para o gerenciamento de chorume.

O poder público também deve ser um forte aliado na estruturação da cadeia de destinação do produto acabado, através de subsídio para tornar acessível financeiramente para a agricultura local e realizar a compra de parte da produção para destinar a pequenas propriedades da agricultura familiar do município.

É importante um equilíbrio entre as quantidades de resíduos a serem tratadas, composto fornecido, e o composto entregue deve ser cuidadosamente estimado e verificado na fase de planejamento.

### 3. ESTÁGIOS DE IMPLANTAÇÃO DO PROTOCOLO

As etapas abordadas neste protocolo em síntese explanam sobre condições técnicas e planejamento a partir de uma visão macro do processo desde a concepção do projeto, passando pela inclusão da participação de diversos atores, parâmetros e infraestruturas fundamentais no processo de decomposição aeróbica da matéria orgânica, a importância de um bom processamento para manter condições ideais na produção do composto que possa gerar um produto de qualidade dentro dos requisitos agrônômicos de mercado, chegando até resultado final do tratamento dos resíduos, as possíveis destinações do composto gerado e por fim a realização de uma avaliação geral da implantação do protocolo para a proposição de melhorias no processo.

Gráfico 1: Etapas de desenvolvimento do protocolo



Fonte: O autor, (2023).

O Gráfico 1 mostra de forma objetiva o desenvolvimento do protocolo em seis estágios norteadores para o sucesso de implantação e continuidade do projeto, conforme estudos validados anteriormente em cidades da Amazônia Paraense.

#### ESTÁGIO 1 - DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO E PLANEJAMENTO

Um diagnóstico eficaz seguindo de um bom planejamento do manejo dos resíduos orgânicos urbanos pode gerar benefícios importantes para uma comunidade. A implementação bem-sucedida de um programa requer planejamento cuidadoso e implementação seguindo critérios técnicos e legislação vigente. Os principais fatores serem considerados antes da implantação de pátios descentralizados de compostagem estão listados na Figura 2.

Figura 2: Diagnóstico e planejamento para iniciar a operação do projeto

### CONDIÇÕES SOCIAIS

- Verificar a real demanda para o composto que será produzido.
- Os catadores de resíduos e pessoas em situação de vulnerabilidade social devem ser os colaboradores predominantes nas usinas de compostagem descentralizadas.

### COOPERAÇÃO COM SETORES DA SOCIEDADE

- A Cooperação com instituições de ensino é fundamental para o sucesso do projeto.
- O composto deverá ser utilizado por produtores rurais próximos para testar o produto.

### ASPECTOS INSTITUCIONAIS

- Devem ser escolhidos locais apropriados e com segurança para a operação das plantas.
- O setor administrativo dos pátios de compostagem devem ser capacitados.

### CAPACIDADE DE GOVERNANÇA

- Dialogar com o setor público para garantir previsibilidade de investimentos e operação.
- As lideranças do governo local são tomadoras de decisões importantes para a operação da usina.

### ASPECTOS FINANCEIROS

- O governo local deve buscar recursos necessários para garantir a implantação e operação das usinas de compostagem.
- São importantes o desenvolvimento de estratégias de parceria com a iniciativa privada para a comercialização do composto.

### ASPECTOS TÉCNICOS

- Investimento em veículos adequados para a coleta e transporte dos resíduos orgânicos.
- Oferecer as condições necessárias para a operação do pátio com equipamentos e infraestrutura adequada.

Fonte: Adaptado de (Kawai et al., 2016).

Também é possível considerar outros aspectos que complementam as etapas de concepção e planejamento do projeto, assim diminuindo os potenciais riscos.

#### Atender a aspectos sociais:

O envolvimento da comunidade na localização é fundamental. O envolvimento dos cidadãos em vários aspectos do planejamento e implementação pode contribuir para construir a aceitação do projeto, informar melhor a escolha da tecnologia, métodos de coleta, custos e outros parâmetros de implementação.

#### Escolha da tecnologia:

Esta é uma das decisões mais importantes no processo, especialmente se as instalações estiverem localizadas perto de centros populacionais. O desafio é escolher o local certo para a instalação de tratamento de acordo com a tecnologia escolhida (ou, inversamente, escolher a tecnologia de acordo com o local disponível), ou seja, a uma distância adequada dos

### **Tamanho e capacidade da instalação:**

Além dos aspectos tecnológicos, os métodos de coleta também devem ser considerados com cuidado. A escolha dos recipientes (volume e tipo) é influenciada pelo tipo de matéria orgânica a ser recuperada (resíduos alimentares residenciais combinados ou separados de resíduos de folhas e quintais) e adaptada ao perfil da população;

### **Cumprimento da legislação:**

Instalações de tratamento de resíduos orgânicos dedicadas, precisam ser planejadas de acordo com diferentes requisitos ambientais provinciais, com capacidade e controles suficientes para receber materiais coletados;

### **Custo e financiamento do programa:**

Para evitar custos inesperados, e desenvolver estimativas precisas para o projeto, como, coleta, investimento e operação da instalação e marketing e uso do produto final, é importante validar a metodologia dentro de testes de etapas chaves do processo e mensurar os dados obtidos.

### **Obter benefícios econômicos:**

Para destinar o composto produzido, seja para agricultura familiar local através do poder público ou gerar meios de comercializar a produção, a qualidade do composto, o segmento de mercado e seu uso final precisam ser cuidadosamente avaliados.

Por fim, integrar todas as questões e desafios para uma decisão ótima é, por si só, um desafio. O segredo do sucesso reside em uma abordagem integrada. Ou seja, a tecnologia por si só não garante o sucesso de um programa de recuperação de orgânicos; todos os aspectos, incluindo localização e envolvimento da comunidade, devem ser considerados igualmente.

## ESTÁGIO 2 - SENSIBILIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA



Como forma de esclarecer os objetivos do projeto e método de trabalho adotado no planejamento, é fundamental a realização da sensibilização ao tema e apresentação da proposta de pesquisa através de uma ação de educação ambiental junto aos colaboradores e toda a rede de relacionamento envolvido na execução do projeto, como a população, feirantes, empresas, agricultores, cooperativas, associações e gestores públicos, no intuito de explanar sobre a problemática dos resíduos sólidos para o meio ambiente e sociedade, focando nos resíduos orgânicos e mostrando de que forma a compostagem como destinação adequada para resíduos orgânicos pode ser uma alternativa para sanar em grande parte a problemática de gestão dos resíduos em centros urbanos.

## ESTÁGIO 3 - ESTRUTURA E ASPECTOS TÉCNICOS



### 3.1. Compostagem descentralizada



A compostagem descentralizada pode ser uma alternativa para o tratamento de resíduos sólidos orgânicos, com o processo realizado próximo à fonte de geração dos resíduos, desviando-os de aterros sanitários e produzindo composto para utilizar em jardins, hortas comunitárias, além da utilização como condicionadores na correção do solo. Segundo Siqueira (2014), o trabalho realizado com compostagem no estado de São Paulo, indicou que, no levantamento ao longo da pesquisa, atividades descentralizadas mostraram-se mais eficientes no desvio de resíduos da disposição final, uma vez que as taxas de extinção dessas atividades foram menores. Além disso, se projetadas juntamente com programas e atividades agrícolas do município, tais iniciativas podem estimular a produção local de alimentos e contribuir para a melhoria da qualidade de solos agrícolas.

Ainda, sobre a compostagem descentralizada, Massukado (2008) analisa que do ponto de vista econômico, ao deixar de dispor a fração orgânica em aterro sanitário, pode-se diminuir os gastos com transporte, disposição final e tratamento do chorume. A compostagem descentralizada preza por percorrer menores distâncias para realizar o tratamento, poupando custos de transporte. Além disso, a compostagem reduz a quantidade de chorume gerado e não há necessidade de encontrar novas áreas para aterramento, após o término do tratamento, novo espaço é adicionado para o tratamento de mais RSO.

De acordo com Siqueira (2014), sistemas centralizados são mais falíveis que descentralizados por serem onerosos e produzirem um composto que frequentemente mais se aparenta com um rejeito que com um produto. Isso ocorre, pois nas usinas centralizadas e de grande porte presentes no Brasil, o resíduo utilizado como insumo no processo de compostagem é oriundo da coleta regular não segregada. Assim, o composto final é de baixa qualidade do ponto de vista agrônômico, com presença de materiais indesejáveis e metais pesados.

As unidades descentralizadas de compostagem (UDC), consistem em criar espaços para tratamento dos resíduos orgânicos próximo ao local de origem. De acordo com Zanette (2015), para o surgimento de uma UDC, inicialmente é necessário trabalhar a fonte de geração, garantindo a segregação dos resíduos sólidos compostáveis. Como este ainda não é um hábito generalizado, é preciso estabelecer uma estratégia de comunicação com o objetivo de sensibilizar os(as) geradores(as), sejam estes equipe da escola, equipe de restaurante ou uma vizinhança.



### **3.2. Localização das instalações**

Primeiro é necessário identificar um local com as melhores chances de aceitação da comunidade e conformidade com os requisitos legais do município para instalação do pátio de compostagem, em seguida, determinar a configuração das instalações mais apropriadas para o contexto local. Importante considerar o regime de chuvas da região, devido aos municípios da região Amazônica estarem inseridos em uma região com alto índice pluviométrico.

Caso seja possível conhecer outro local com tecnologia e condições semelhantes às pretendidas para o projeto, é recomendado a troca de experiências para seleção do local. Esta abordagem é melhor onde a localização representa um grande desafio (por exemplo, fraca aceitação social devido à experiência negativa com instalações de tratamento de resíduos já implementadas na região, ou locais potenciais disponíveis limitados).

O documento “Critérios técnicos para elaboração de projeto, operação e monitoramento de pátios de compostagem de pequeno porte” da Fundação de Amparo à Pesquisa de Santa Catarina – FAPESC, é de grande relevância na orientação para implantação de pátios de compostagem e deve ser consultado como documento norteador na tomada de decisões.

Em muitos casos, a abordagem é escolhida por questões específicas do projeto, como prazos de desenvolvimento do projeto, disponibilidade de financiamento e se o investidor está tentando adequar a localização da instalação em uma operação de gestão de resíduos existente.



### 3.3. Proximidade e acesso

Se a instalação estiver muito longe de onde os resíduos orgânicos são gerados ou se o local não for facilmente acessível, pode ser mais econômico transportar o material para outro local de processamento. A redução das distâncias de viagem também reduz o consumo de combustível e as emissões de gases com efeito estufa.

Fica evidente que o custo-benefício da proximidade de coleta dos resíduos orgânicos deve ser considerado em relação a outros fatores de seleção do local, incluindo as dificuldades de localizar uma instalação mais perto das áreas urbanas, ou seja, tráfego, distância dos vizinhos e zoneamento urbano.



### 3.4. Tipo de solo

Para pátios de compostagem que incluam algumas operações externas, devem ser construídas superfícies impermeáveis para captura, confinamento e tratamento de escoamento e efluentes. Em alguns casos, locais localizados sobre solos argilosos naturalmente impermeáveis podem proporcionar vantagens de custo significativas se o órgão de licenciamento ambiental concordar que a argila natural proporciona um nível de proteção comparável ao da argila artificial ou dos revestimentos sintéticos. Este critério é de grande interesse para projetos de compostagem em leiras abertas, nos quais o custo é uma restrição importante, ou a localização é remota ou agrícola.

Por outro lado, os altos índices pluviométricos da região Norte, podem requerer a necessidade da implantação de cobertura das leiras, no objetivo de evitar a lixiviação das leiras, principalmente no período de inverno Amazônico, quando as chuvas são mais intensas e constantes, fator que pode encarecer e até inviabilizar a implantação do pátio de compostagem. Por isso, recomenda-se uma avaliação técnica rigorosa do local de instalação quanto à capacidade de suportar as condições climáticas em cidades Amazônicas.



### 3.5. Disponibilidade de água

Uma instalação de compostagem de resíduos orgânicos deve ter uma fonte de água uso no resfriamento das leiras, limpeza de ferramentas e para o uso dos colaboradores da instalação.

As instalações que manuseiam resíduos orgânicos ou que estão localizadas em áreas com baixa pluviosidade podem precisar adicionar água de reposição aos materiais durante o processamento, a fim de manter condições ideais. O acesso a uma fonte de água não potável pode, portanto, ser um fator na seleção do local. Uma prática comum é reutilizar o escoamento do local recolhido em lagoas de contenção ou armazenamento das águas de chuva em cisternas. Normalmente não é viável tentar suprir as necessidades de água de processo de uma instalação usando água de poço.



### 3.6. Considerações do uso e ocupação do solo

A escolha de um local próximo a um empreendimento residencial existente ou em fase de projeto pode gerar mais problemas do que um local cercado por empreendimentos industriais.

Além das atividades existentes em locais vizinhos, os usos futuros da terra também devem ser considerados. Apesar das políticas e planos de utilização do solo, o desenvolvimento comercial e residencial pode invadir as instalações de gestão de resíduos ao longo do tempo, e as atitudes da comunidade em relação às instalações podem mudar de positivas para negativas.

As atividades e questões passadas de outras instalações de gerenciamento de resíduos nas proximidades podem contribuir para a aceitação da comunidade. Em particular, os odores e os incômodos causados por outras instalações podem afetar a confiança que uma comunidade pode ter em uma nova instalação, apesar das diferenças em tecnologias, designs e práticas operacionais. Mudar as atitudes da comunidade e as opiniões pré-existentes é uma proposta difícil e pode levar meses ou anos para ser alcançada.

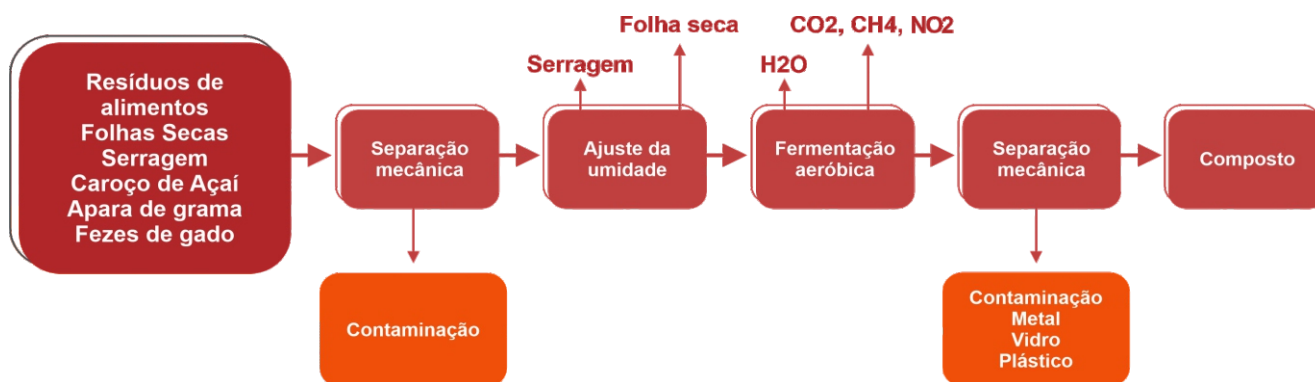
Tendo em vista as séries de exigências da instalação dos pátios de compostagem descentralizados, é importante consultar os órgãos municipais responsáveis para a apresentação do termo de referência que possa oferecer os requisitos necessários para implantação do pátio, assim facilitando a escolha técnica da melhor área próximo aos pontos de geração de resíduos.



### 3.7. Etapas do processo de compostagem

A compostagem geralmente inclui os seguintes processos: montagem das pilhas, ajuste do teor de umidade, fermentação e separação, além da coleta separada de matérias-primas na fonte. A Figura 3 ilustra o fluxo típico do processo de compostagem.

Figura 3: Fluxo do processo de compostagem



Fonte: Adaptado de (Kawai et al., 2016).

Através da compostagem misturam-se alimentos descartados, folhas, frutos, esterco, palhas, dentre outros, obtendo-se ao final um adubo orgânico de cor escura, homogêneo, estável, e pronto para ser utilizado na adubação de diversas culturas agrícolas, sem causar danos ambientais. O composto é capaz de promover melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, pois auxilia na retenção de umidade, melhora a textura dos solos, dificultando assim o processo de erosão e fornecendo macro e micronutrientes às plantas (Malafaia et al., 2015).

### ● 3.7.1. Etapa 1 - Inspeção dos resíduos coletados

Esta etapa envolve a remoção dos materiais coletados e inspeção para retirar impurezas ou itens não compostáveis (por exemplo, latas de metal, garrafas de vidro e plástico filme). Geralmente há uma atenção especial na remoção de contaminantes que possam representar problemas de segurança para os trabalhadores da instalação (por exemplo, objetos pontiagudos, e peças de vidro ou metal), além de danificar o equipamento (por exemplo, pedras grandes e peças de concreto e embalagens vazias de agrotóxicos ou impactar negativamente qualidade do produto composto acabado (por exemplo, baterias).



### ● 3.7.2. Etapa 2 - Preparação dos resíduos e matéria prima

Esta etapa refere-se às alterações feitas nas características físicas e químicas das matérias-primas, a fim de proporcionar condições ideais para a compostagem ativa. Isso pode envolver trituração e materiais com textura mais rígida para alterar o tamanho das partículas, mistura para garantir que as matérias-primas sejam homogêneas ou adição de aditivos ou outros materiais para ajustar as características físicas ou químicas das matérias-primas.



### ● 3.7.3. Etapa 3 - Compostagem ativa

Envolve a rápida decomposição da matéria orgânica que se degrada facilmente. Uma vez que os materiais orgânicos tenham sido corrigidos e misturados com outros materiais, eles são colocados na pilha, leira ou recipiente onde ocorre a compostagem ativa.

Existem diversas tecnologias e métodos consolidados na compostagem de matéria orgânica, nesse estudo será utilizado o método artesanal Indiano de compostagem termofílica, difundido pelo botânico inglês Sr. Albert Howard para a reciclagem dos resíduos orgânicos, que passou a ser conhecido no Brasil como “método UFSC – leiras estáticas com aeração passiva”. Em função da arquitetura na montagem das leiras, que inclui grande parte de materiais estruturantes (como palha e serragem) ordenados com camadas de resíduos orgânicos, são estabelecidas condições favoráveis para a ação microbológica, em especial de bactérias termofílicas cuja ação eleva a temperatura do material acima dos 55° C, promovendo a higienização e eliminação de patógenos, bem como a rápida e eficiente degradação dos resíduos orgânicos.



#### ● 3.7.4. Etapa 4 - Recuperação de sólidos grosseiros

Algumas instalações de compostagem recuperam sólidos grosseiros, como lascas de madeira, das matérias-primas, para reutilização como material estruturante em novas leiras de compostagem, passando os materiais por telas de 2 ou 2,5 centímetros (cm), as partículas menores continuam para a etapa de cura e as partículas maiores são recicladas de volta para a etapa de preparação da matéria-prima.

No entanto, a remoção dos sólidos grosseiros reduz o espaço de ar livre dentro das pilhas de compostagem. Isso aumenta o potencial de desenvolvimento de condições anaeróbicas, que podem levar a odores desagradáveis e podem criar a necessidade de monitoramento mais próximo e reviravoltas mais frequentes durante a etapa de cura. Assim, deixar sólidos grosseiros no material e recuperá-los durante a etapa final de peneiramento pode



#### ● 3.7.5. Etapa 5 - Estabilização

Envolve microrganismos convertendo carbono em dióxido de carbono e húmus, e nitrogênio em nitratos, que é um processo biológico muito mais lento. Microrganismos começam a decompor estruturas orgânicas mais complexas, como as ligninas e celulosas contidas em papel, madeira e plantas, e substâncias húmicas estáveis são formadas nas pilhas de cura.

À medida que os materiais com mais facilidade de degradação são consumidos, os tipos de microrganismos na matéria-prima mudam e as populações totais tornam-se menores. Essas mudanças resultam em menor demanda de oxigênio e menores temperaturas.



### ● 3.7.6. Etapa 6 - Seleção final

Esta etapa envolve o refino do composto curado antes de ser vendido ou usado para que seja feita uma correção de solo mais adequada. Isso envolve passar o material por telas de 1 a 1,25 cm para remover materiais de grandes dimensões, como grandes partículas de composto, pedras e sólidos grosseiros não compostados (que podem ser reutilizados na etapa de compostagem ativa novamente). A triagem também pode remover alguns dos contaminantes físicos remanescentes que podem estar presentes, como vidro ou peças de metal.



## 3.8. Parâmetros importantes no processo de compostagem

A qualidade e a produtividade da compostagem estão diretamente relacionadas com os parâmetros físico-químicos, permitindo assim ótimos motivos para os microrganismos aeróbicos efetuarem a decomposição da matéria orgânica (Valente et al., 2009). O conjunto adequado de diversos critérios permite um excelente desenvolvimento de um sistema como a compostagem. Este deve contar com aspectos favoráveis que proporcionem ótimas condições de aeração, temperatura, umidade, relação carbono/nitrogênio (C/N), microrganismo e pH (Fernandes; Silva, 1996).

### ● 3.8.1. Oxigênio

Na técnica de compostagem, a presença de oxigênio é formidável para a ação dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica. Se a presença deste for insuficiente, a decomposição ocorrerá de maneira lenta, assim produzindo odores indesejados (Rossi, 2015). Neste sentido, para proporcionar a aceleração no processo de decomposição do resíduo orgânico e minimizar o desprendimento de odores indesejados é necessária a circulação de ar na massa do composto (Sardá et al., 2016).

### ● 3.8.2. Relação carbono e nitrogênio

Os resíduos orgânicos produzidos nas residências são ricos em nitrogênio. Já as folhas secas, galhos e poda de grama são abundantes em carbono. A proporção C/N recomendada para obtenção de um adubo de qualidade deve estar na faixa de 25/1 (25 partes de carbono para cada parte de nitrogênio) a 35/1 (35 partes de carbono para cada parte de nitrogênio) (Rossi, 2015).

A relação C/N é essencial para caracterizar o equilíbrio do substrato, uma vez que o carbono é usado com fonte de energia para o crescimento dos microrganismos e o nitrogênio está associado com a síntese de proteína (Souza, 2010).

Estes seres vivos são responsáveis pela transformação dos resíduos orgânicos em adubo orgânico. Com a presença de aeração e umidade favoráveis, as colônias de microrganismos podem intensificar e contribuir na técnica de compostagem (Rossi, 2015).

### ● 3.8.3. Umidade

Por ser um processo biológico, os fatores mais importantes que influem na degradação da matéria orgânica são a aeração, os nutrientes e a umidade. A temperatura também é um fator importante, principalmente no que diz respeito à rapidez do processo de biodegradação e à eliminação de patógenos, que é consequência da atividade biológica (Fernandes; Silva, 1999).

Sabe-se que a água é fundamental para a vida microbiana, e o teor ótimo de umidade para que o processo de compostagem se desenvolva de forma satisfatória, está entre 50 e 60% (Fernandes; Silva, 1999).

O ajuste da umidade pode ser feito pela criteriosa mistura de componentes ou pela adição de água. Na prática, verifica-se que o teor de umidade depende também da eficácia da aeração e das características físicas dos resíduos (estrutura, porosidade). Elevados teores de umidade (>65%) fazem com que a água ocupe os espaços vazios do meio, impedindo a livre passagem do oxigênio. Se o teor de umidade de uma mistura é inferior a 40%, a atividade biológica é inibida (Fernandes; Silva, 1999).

### ● 3.8.4. Temperatura

É necessário manter as temperaturas na faixa termofílica durante a etapa de compostagem ativa para reduzir patógenos e sementes de ervas daninhas que podem estar presentes nas matérias-primas que estão sendo compostadas. A temperatura adequada para o procedimento deve ser numa faixa de 55° C. Temperaturas acima dos 65° C podem ocasionar a diminuição da atividade dos microrganismos (Rossi, 2015).

#### 3.4.5 pH

A compostagem apresenta característica ácida quando o processo se encontra na fase inicial (em torno de cinco a seis dias). Ao longo do procedimento, o pH converte-se em alcalino obtendo um valor acima de 7,0. Sendo assim, o pH é considerado um fator fundamental para a

## ESTÁGIO 4 - AÇÃO TESTE E COMPOSTAGEM

O objetivo central da ação teste é promover uma ação em pequena escala com famílias do município atendido, simulando todo o processo abordado ao longo do desenvolvimento deste protocolo, com o objetivo de fornecer lições úteis para o aprimoramento da metodologia adaptada às condições locais de municípios da Amazônia. A partir das experiências vivenciadas, será possível aplicar uma avaliação com uso de indicadores de desempenho que permitam corrigir possíveis problemas ao longo do processo.

Essa verificação através da ação teste consiste em confirmar se o que está sendo implementado está de acordo com o planejamento e possibilitar a comparação dos resultados entre o antes e o depois e o alcance das metas propostas. Se os resultados colhidos na verificação não forem satisfatórios, fica recomendado que se volte à fase de planejamento do projeto para uma avaliação com os envolvidos na concepção do projeto e aplicar os ajustes necessários.

Ainda, a ação teste deve demonstrar o potencial de ganho de escala do tratamento de resíduos orgânicos através de pátios de compostagem descentralizados, evidenciados pelos benefícios sociais e ambientais, mostrando que a coleta seletiva de resíduos orgânicos também é um elemento essencial no abastecimento de matéria-prima de qualidade para produzir composto de alta qualidade.

## ESTÁGIO 5 - DESTINAÇÃO DO COMPOSTO GERADO

Contando com a participação do poder público, iniciativa privada e sociedade civil organizada, como forma de engajar os diversos atores capazes de influenciar diretamente para o desenvolvimento de uma política pública local que coloque em prática, a metodologia desenvolvida ao longo deste projeto, fica recomendada a destinação do adubo orgânico gerado para a agricultura familiar local, comercialização, implantação de projetos sociais e outras atividades que mostrem um potencial de absorção da demanda do composto orgânico gerado.



O composto produzido nos pátios de compostagem pode ser frequentemente utilizado na manutenção de hortas, viveiros e jardins municipais e disponibilizados aos agricultores locais. Desse modo, pátios urbanos de compostagem permitem processar resíduos em ambientes urbanos subutilizados e fornecer adubo para uso agrícola, configurando espaços de conexão com o ambiente rural e beneficiando ambas as paisagens.

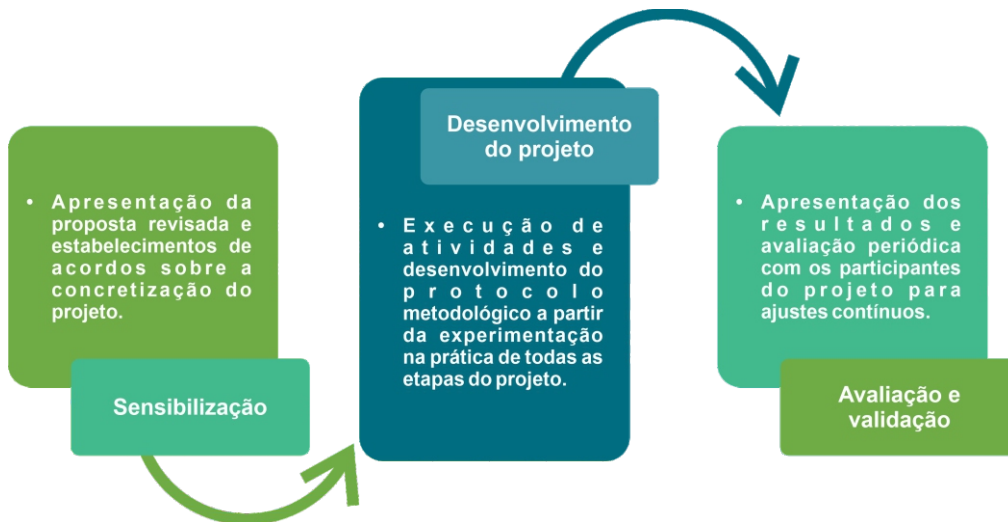
Ainda, a compostagem pode ser além de uma importante tecnologia de gestão de resíduos, como mudar para uma ênfase na melhoria dos negócios agrícolas locais. Agricultores locais que obtiverem acesso ao composto podem então encontrar melhores maneiras de cultivar vegetais em terras agrícolas usando composto derivado de resíduos orgânicos para melhorar a qualidade das colheitas e então vender a produção em mercados locais. Como resultado desta melhoria de qualidade, mercados e restaurantes locais podem atrair mais clientes, o que leva ao estabelecimento de um ciclo de reciclagem para a cadeia de abastecimento alimentar.



## ESTÁGIO 6 - VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA

Nesta etapa, os resultados do processo desenvolvido são sistematizados e submetidos aos atores participantes do projeto, como as famílias que fizeram coleta seletiva dos resíduos, os feirantes, empresas, poder público etc. O principal objetivo é apresentar a aplicação completa do protocolo metodológico com seus respectivos resultados alcançados para possíveis correções e posterior validação. A Figura 4 sintetiza o processo de validação.

Figura 4: Síntese do percurso metodológico do Projeto com a validação final



Fonte: O autor, (2023).

Importante entender que um sistema de compostagem precisa de usuários, como agricultores locais, que devem ser incluídos desde o início da fase de planejamento para garantir que suas opiniões sejam refletidas no sistema. Sem o envolvimento dos agricultores locais que usam composto orgânico regularmente, os sistemas de compostagem poderão não ser bem-sucedido no cumprimento dos objetivos do governo local para reduzir a quantidade de lixo descartados em aterros sanitários e corrigir o desperdício por mau gerenciamento.

Por não ser objetivo deste estudo, não foram levantados dados quantitativos sobre a viabilidade financeira da implantação do pátio descentralizado de compostagem, em vista que será necessário a recepção deste estudo pelo poder público ou iniciativa privada para dar escala ao trabalho, considerando uma amostra maior da população de Castanhal, assim buscando analisar dentro de uma realidade de mercado a viabilidade financeira de implantação do projeto e a possibilidade de atração de financiadores.

O estudo em questão não teve o objetivo de exaurir todas as possibilidades de tratamento dos resíduos orgânicos dos municípios da Amazônia paraense, mas validar alternativas na prática de tratamento de resíduos orgânicos urbanos, visando um horizonte curto para o fechamento dos lixões, assim servindo de ponto de partida para iniciativas em grande escala.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os pátios de compostagem descentralizados mostram-se como uma importante alternativa de atender a demanda do mercado agrícola, reduzindo o volume de fertilizantes sintéticos e utilizados até mesmo em agriculturas urbanas e periurbanas, seguindo a prática agroecológica, posto que se caracteriza como um instrumento de viabilização da agricultura em pequena escala, em regime de administração familiar. Além disso, o compromisso de manter a biodiversidade dos agroecossistemas possibilita, ao mesmo tempo, o aumento de renda dos produtores ao agregar valor aos produtos, pela melhoria de sua qualidade.

Muitos fatores influenciam em quais programas de coleta de resíduos orgânicos e tecnologias de processamento serão implementados, incluindo as metas de coleta de resíduos orgânicos das cidades, o nível desejado de eficiência para o usuário do sistema, seleção do local da instalação de processamento, compromissos com reduções de gases de efeito estufa e custos.

A importância relativa destes fatores ajuda a determinar quais tecnologias são mais apropriadas, tais como sistema de compostagem, sistema de digestão anaeróbica ou uma combinação de ambos. Os efeitos das combinações tecnológicas no sistema integrado de uma comunidade ou região também devem ser avaliadas.

Ações para melhor aproveitar a estrutura instalada de usinas de compostagem, associadas à coleta seletiva de resíduos orgânicos, mostram-se exitosas. Além disso, se projetadas juntamente com o setor agrícola do município, tais iniciativas podem estimular a produção local de alimentos e contribuir para a melhoria da qualidade de solos agrícolas.

Enfim, as atividades descentralizadas também podem ser eficientes na tarefa de desviar resíduos da disposição final em lixões e têm a vantagem de mobilizar e sensibilizar as comunidades como corresponsáveis pela gestão dos resíduos orgânicos. Isto porque se baseiam mais em mudança de paradigmas e tecnologia social e menos em obras de engenharia, assim contribuindo para o desenvolvimento sustentável de municípios Amazônicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTON, J. R.; ISSAIAS, I.; STENTIFORD, E. I. Carbon – making the right choice for waste management in developing countries. **Waste Management**, v. 28, p. 690-698, 2008.
- BERNDTSSON, M. Circular Economy and Sustainable development. Tese de mestrado em Desenvolvimento Sustentável, **Department of Earth and Sciences**, Uppsala University. 2015.
- BONCIU, F. The European Economy: From a Linear to a Circular Economy. Romanian **Journal of European Affairs** 14(4), 78-91. 2014.
- BRAUNGART, M., MCDONOUGH, W. **Cradle-to-cradle**; Remaking the way we make things. North Point Press. 2008.
- ENVIRONMENT CANADA. **Technical Document on Municipal Solid Waste Organics Processing**. Canada, 2013.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome, Italy. 2011.
- FERNANDES, F; SILVA, S. M. C. P. **Manual prático para a compostagem de bio sólidos**. Londrina: PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, 1999.
- HERMANN, B. G., DEBEER, L., DE WILDE, B., BLOK, K., PATEL, M. K. To compost or not to compost: Carbon and energy footprints of biodegradable materials' waste treatment. **Polymer Degradation and Stability**. 96: 1159-1171. 2011.
- KAWAI, K., HUONG, L.T.M., YAMADA, M., OSAKO, M. Proximate composition of household waste and applicability of waste management technologies by source separation in Hanoi, Vietnam. **Journal of Material Cycles and Waste Management**. 18: 517-526. 2016.
- KAWAI, K; LIU, C.; GAMARALALAGE, P. J. D.; CCET Guideline Series on Intermediate Municipal Solid Waste Treatment Technologies: Composting. Cidade: Tokyo, Japão. **United nations Environment Programme**, 2020.
- MALAFAIA, G.; JORDÃO, C. R.; ARAÚJO, F. G. de; LEANDRO, W. M.; RODRIGUES, A. S. de L. Vermicompostagem de lodo de curtume em associação com esterco bovino utilizando Eisenia foetida. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 709-716, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020040134645>.

MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares.** Tese apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2008.

PARÁ, PERGIS. (2014). **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Pará.** Pará. <https://www.sembras.pa.gov.br/2016/09/14/plano-estadual-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos/>.

ROSSI, M. R. P. S. **Compostagem de resíduos sólidos orgânicos em escola de Educação básica de Caraguatatuba – SP.** 56 f. Dissertação (Mestrado em ciências ambientais), Universidade Camilo Castelo Branco, Fernandópolis- SP, 2015.

SARDÁ, L. G. et al. **Efeito do uso de aditivos químicos no processo de compostagem de dejetos suínos.** 2016.

SIQUEIRA, T. M. O. **Compostagem de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado,** Universidade Federal de São Carlos. 2014.

SOUZA, M. **Compostagem do lodo gerado por reator UASB em processo de tratamento de esgoto doméstico em Ludgero, SC.** 51 f. Monográfica (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma- SC, 2010.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM, B. de S. Jr.; CABRERA, B. R.; MORAES, P de O. e LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de zootecnia.** v. 58. p. 60-76, 2009.

ZANETTE, P. H. O. **Compostagem dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do Campus 2 de São Carlos – Balanço de funcionamento inicial e propostas de melhorias.** Monografia de Graduação da Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo. 2015.



INSTITUTO FEDERAL PARÁ  
CAMPUS CASTANHAL

# PROTOCOLO METODOLÓGICO PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DOMÉSTICOS PARA MUNICÍPIOS DA AMAZÔNIA PARAENSE



ISBN: 978-65-989005-0-2



9 786598 900502