



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ABAETETUBA
FACULDADE DE FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO CAMPO

LUCIANO MACIEL FERREIRA

**PRODUÇÃO DE SUBSTRATOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DE
MURUMURU (*Astrocaryum murumuru* Mart.), TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*
Mart.) E AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) ATRAVÉS DO MÉTODO DE
COMPOSTAGEM**

ABAETETUBA – PA
2025

LUCIANO MACIEL FERREIRA

**PRODUÇÃO DE SUBSTRATOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DE
MURUMURU (*Astrocaryum murumuru Mart.*), TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum
Mart.*) E AÇAÍ (*Euterpe oleracea Mart.*) ATRAVÉS DO MÉTODO DE
COMPOSTAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal do Pará, UFPA, como requisito a
obtenção do título de Tecnólogo em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Eduardo de Freitas Maia.

ABAETETUBA – PA
2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

M152p Maciel Ferreira, Luciano.
PRODUÇÃO DE SUBSTRATOS DE RESÍDUOS
AGROINDUSTRIAIS DE MURUMURU (*Astrocaryum
murumuru* Mart.), TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* Mart.) E
AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) ATRAVÉS DO MÉTODO DE
COMPOSTAGEM / Luciano Maciel Ferreira. — 2025.
40 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Ricardo Eduardo de Freitas Maia
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do
Pará, Campus Universitário de Abaetetuba, Tecnologia em
Agroecologia, Abaetetuba, 2025.

1. Compostagem. 2. Resíduos Orgânicos. 3. Composto
Orgânico Agroindustrial . I. Título.

CDD 631.584

LUCIANO MACIEL FERREIRA

**PRODUÇÃO DE SUBSTRATOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DE
MURUMURU (*Astrocaryum murumuru Mart.*), TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum
Mart.*) E AÇAÍ (*Euterpe oleracea Mart*) ATRAVÉS DO MÉTODO DE
COMPOSTAGEM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal do Pará UFPA como requisito a
obtenção do título de Tecnólogo em Agroecologia.

Aprovação: Abaetetuba, __/__/__

Prof. Ricardo Eduardo de Freitas Maia (Orientador)
FADECAM/UFPA

Prof. Roberta Rowsy Amorim de Castro (Examinadora interna)
FADECAM/UFPA

Prof. José Francisco da Silva Costa (Examinador interno)
FADECAM/UFPA

Raquel Belo Baia (Examinadora externa)
SEMAGRI/ABAETETUBA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus pelas oportunidades proporcionadas por Ele em minha vida, pela saúde, minha vida e todas as conquistas concedidas.

Agradeço a minha família que sempre esteve presente incentivando e apoiando demonstrando ter confiança em mim. Meus pais que lutaram de todas as maneiras para que eu e meus irmãos pudéssemos ter educação e condições de estudo. À minha mãe pelo carinho, cuidado e preocupação. Ao meu pai por todo esforço e incentivo.

Agradeço também a minha esposa Rosane Gomes que é a principal responsável de eu cursar está agora concluindo uma graduação e por sempre está ao meu lado apoiando e incentivando a alçar voou mais altos na vida acadêmica.

Ao meu filho André Ferreira que sempre colaborava à sua maneira para a minha evolução.

Agradeço também aos colegas de curso que me ajudaram na execução das atividades desenvolvidas para eu concluir essa experimentação, em especial ao João Pedro, Nataly Rodrigues, Maria Luiza, Erik Sarges.

Agradeço ao meu orientador que acreditou e me oportunizou essa experiência e disponibilizou, dando suporte e motivação.

À Cofruta pelo fornecimento dos materiais necessários para a realização do estudo.

E a Universidade Federal do Pará, em especial a Faculdade de Formação e Desenvolvimento do Campo, Fadecam, fica a minha gratidão por ter sido um espaço que me acolheu proporcionando minha formação academia, crescimento humano e os meus compromissos com causas sociais e ambientais, foi mais do que um ambiente de ensino, foi uma experiência com encontros, trocas de saberes, vivências em coletividade e construção de olhares mais críticos e sensíveis sobre as condições do mundo.

Agradeço a cada um pelo incentivo, partilha e pela contribuição para que esse trabalho fosse possível.

RESUMO

No cenário atual, o debate sobre práticas sustentáveis evidencia a necessidade do cuidado com os resíduos produzidos em agroindústrias, principalmente com produtos amazônicos, muito por causa da grande quantidade de materiais produzidos na região. Pensando nisso, o presente trabalho traz como objetivo analisar o processo de compostagem de resíduos de murumuru, tucumã e açaí e compreender, do ponto de vista da composição química, quais potenciais para o uso como substratos agrícolas. O estudo foi conduzido no período de 29 de outubro de 2024 a 17 de fevereiro de 2025 no pátio de compostagem localizado no Laboratório Didático Pedagógico em Agroecologia (Lada), vinculado ao curso de Tecnologia em Agroecologia, da Universidade Federal do Pará, Campus Abaetetuba. O experimento foi realizado em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três tratamentos (T1- Murumuru+material rico em carbono, T2 - Tucumã+material rico em carbono e T3-Açaí+material rico em carbono), quatro repetições e 12 parcelas experimentais. Os dados foram tabulados em planilha do Excel e foi feita a análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a 5% de probabilidade para a variável temperatura. Os compostos produzidos foram submetidos à análise química de fertilidade no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental. Os tratamentos 1 e 2 apresentam melhor capacidade de retenção de umidade nas parcelas experimentais, diferentemente do T3, que, mesmo estando sujeito às mesmas condições climáticas e de manejo, não teve bom desempenho nessa variável. Da mesma forma, as fases da compostagem, avaliadas por meio da temperatura, foram mais duradouras no T1 e T2, sobretudo a termofílica. Essas características apresentadas incidiram em menor perda de massa entre o início e o fim do experimento no T3. As análises químicas dos compostos indicam potenciais e desafios em relação aos seus usos como substratos. Em relação à matéria orgânica, Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e micronutrientes, os três tratamentos tiveram bons desempenhos. Já no que se refere à Soma de Bases, potencial de hidrogeniônico (pH) e incidência de alumínio é preciso uma atenção especial ao T1 que teve os piores resultados para esses parâmetros. Dessa maneira, podemos concluir que a compostagem é uma tecnologia promissora frente aos desafios do acúmulo de resíduos na agroindústria amazônica e que, através dela, podemos transformá-los em bioinsumos para a agricultura de base ecológica. No entanto, mais pesquisas são necessárias, pois cada um dos resíduos testados apresentou características específicas no processo de compostagem e nos substratos, que precisam ser mais bem compreendidas.

Palavras-chave: Compostagem; resíduos orgânicos; composto orgânico agroindustrial.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fruto do murumuru (<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.)	10
Figura 2 - Fruto do tucumã (<i>Astrocaryum aculeata</i> Mart.)	11
Figura 3 - Plantação com várias palmeiras de açaí (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.)	11
Figura 4 - Disposição dos tratamentos na área experimental localizada na sede do Campus da Universidade do Pará, Abaetetuba.....	15
Figura 5 - Resíduos usados para o experimento.....	15
Figura 6 - Croqui da disposição das parcelas experimentais.....	18
Figura 7 - Balança de uso no experimento.....	18
Figura 8 - Sacos montados e posicionados após o sorteio sobre a lona de polipropileno.....	19
Figura 9 - Termômetro usado durante o experimento.....	19
Figura 10 - Peneiragem do composto da experimentação.....	21
Figura 11 - Compactação identificada nos resíduos de Murumuru e Tucumã.....	23
Figura 12 - Variação da temperatura média durante o experimento.....	27

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 - Médias das temperaturas durante o experimento e teste de Tukey.....	26
Tabela 2 - Pesos iniciais e finais e percentual de rendimento nos tratamentos.....	27
Quadro 1 - Definição dos tratamentos e os resíduos utilizados na experimentação.....	17
Quadro 2 - Resultado das análises químicas dos substratos.....	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 METODOLOGIA.....	15
2.1 Caracterização da área experimental	16
2.2 Montagem do experimento	17
2.3 Acompanhamento do experimento.....	20
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
3.1 Avaliação qualitativa do processo de compostagem	23
3.2 Análise da temperatura	25
3.3 Análise da massa do experimento	28
3.4 Análise química dos compostos orgânicos	29
3.4.1 Matéria orgânica (MO).....	30
3.4.2 Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	31
3.4.3 Potencial de Hidrogênio Iônico (pH).....	31
3.4.4 Alumínio trocável (Al ³⁺) e saturação por alumínio (m%).....	32
3.4.5 Saturação por bases (V%).....	33
3.4.6 Micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn)	33
4 CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS.....	Erro! Indicador não definido.

1 INTRODUÇÃO

No cenário atual sobre o debate ambiental, a reutilização do lixo urbano tem ganhado força significativa em diversos países e no Brasil esse tema possui grande relevância e abordá-lo implica em enfrentar desafios significativos perante a sociedade. Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública de Resíduos (Abrelpe, 2023), no ano de 2022 foram gerados cerca de 81,8 milhões de toneladas de resíduos, e desses, apenas 4% foram reciclados ou tiveram outra destinação.

Essa situação levanta a necessidade urgente de medidas mais eficazes e de maior eficiência no que diz respeito à sensibilização da população sobre os benefícios de se reutilizar, reciclar e fazer a gestão correta e eficaz do lixo doméstico, sobre a temática da gestão de resíduos urbano e agroindustriais, principalmente na região amazônica caracterizada pelo expressivo uso de produtos florestais como matéria prima para agroindústrias. Os baixos índices de aproveitamento tanto do lixo doméstico quanto dos agroindustriais e produtos florestais, representa um grande desperdício de recursos valiosos e uma grande contribuição para a degradação ambiental.

Diante disso, o investimento em infraestrutura, educação ambiental e a implementação de inovações tecnológicas nos diferentes setores de produção poderiam contribuir para o enfrentamento dos desafios ambientais.

Para o setor das agroindústrias, a transformação de seus resíduos em bioinsumos pode se apresentar como uma alternativa sustentável de reuso desses materiais, uma vez que estes podem se tornar uma possibilidade viável para a redução da dependência de fertilizantes químicos e um estímulo a agricultura através da produção de adubos de base ecológica. Os bioinsumos, como indica a Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024, em seu artigo 2º, inciso II, são um:

produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, incluído o oriundo de processo biotecnológico, ou estruturalmente similar e funcionalmente idêntico ao de origem natural, destinado ao uso na produção, na proteção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários ou nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfira no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos, do solo e de substâncias derivadas e que interaja com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos (Brasil, 2024).

No contexto da bioeconomia na Amazonia, a produção de bioinsumos representa a adoção de uma medida promissora para a agregação de valor a subprodutos de origem

extrativista. Apesar da situação atual no país na geração de resíduos não ser muito animadora, segundo os dados apresentados pela Abrelpe (2023), há a existência de possibilidades de colaboração entre os setores público e privado para que haja um trabalho conjunto com o intuito de encontrar ou criar medidas para a garantir melhorias na gestão dos resíduos. Parcerias entre cooperativas, por exemplo, são algumas escolhas que podem ser feitas para melhorar a gestão dos resíduos, incentivando a reciclagem e podendo aumentar as taxas de reaproveitamento por parte dessas instituições. Ademais, é de fundamental importância que se adote o conceito de economia circular para que haja um redesenho dos produtos e melhoria da capacidade de reutilização desses materiais, tendo em vista que a economia circular, segundo Abdalla e Sampaio (2018), é um modelo inovador que visa a otimização do uso dos recursos naturais, dando a eles novos destinos e novas características, visando o impacto mínimo no meio ambiente.

O tema dos resíduos da agroindústria amazônica, que usa os produtos da sociobiodiversidade, é de grande relevância e complexidade, tendo em vista que são geradas grandes quantidades de resíduos que acabam, em muitos casos, sendo descartados nas áreas próximas onde são processados e, mesmo tendo um potencial muito grande de reaproveitamento, são em muitos casos pouco utilizados.

A Amazônia brasileira é um bioma cheio de espécies nativas com múltiplas funcionalidades, dentre elas estão o murumuru (*Astrocaryum murumuru Mart.*), o tucumã (*Astrocaryum aculeatum Mart.*) e o açaí (*Euterpe oleracea Mart.*), cujos resíduos são objeto dessa pesquisa, em função da grande quantidade gerada em agroindústrias.

O murumuru, fruto típico da região amazônica, contém polpas oleaginosas ricas em ácidos graxos, especialmente o láurico e mirístico, características importantes para a indústria de cosméticos (Amazonoil, s.d.). Sua árvore é conhecida por possuir um tronco coberto por espinhos grandes e resistentes, folhas longas e espinhosas com cachos de frutos marrons quando maduros, no formato oval com polpa envolvendo sua semente.

Figura Fruto do murumuru (*Astrocaryum murumuru Mart.*)



Fonte: Pesquisa de campo (2024/25).

O tucumã é o fruto de uma palmeira amazônica que possui polpa alaranjada muito usada pelas populações ribeirinhas e indígenas na alimentação. Contém alto valor econômico em relação aos seus óleos e manteigas e seus resíduos são volumosos e fibrosos devido à alta quantidade de matéria orgânica e seu potencial energético (Amazonoil, s.d.).

Figura 2 – Fruto do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Mart.)



Fonte: Pesquisa de campo (2024/25).

O açáí, é um dos principais produtos florestais amazônicos. É tradicionalmente cultivado e consumido tanto na região do estudo quanto como em vários países e no mundo. É muito encontrado em áreas de várzea, possui polpa rica em antioxidantes, lipídio e fibras (Amazonoil, s.d.). Seu principal resíduo, o caroço, é de difícil decomposição, mesmo em tratamentos adequados de decomposição (Martins, 2020).

Figura 3 – Plantação com várias palmeiras de açáí (*Euterpe oleracea* Mart.)



Fonte: Pesquisa de campo (2024/25).

Diante da alta quantidade desse tipo de resíduos descartados no meio ambiente, é recomendado que se reconheça o enorme potencial de alguns deles para o setor agrícola. A produção do açaí, por exemplo, é a que mais contribui para a geração de resíduos na Amazônia. De acordo com Santos *et al.* (2024), aproximadamente 85% do fruto é resíduo e, desse modo, é descartado muitas das vezes em locais inadequados como vias públicas e aterros. Semelhante a isso, os resíduos de tucumã e murumuru, sem terem destinação certa, acabam acumulando nas unidades processadoras.

Em Abaetetuba, onde foi realizado o estudo, o consumo de produtos florestais e a produção de resíduos é muito expressiva e com tendência de aumento ano após ano, sobretudo pelo crescimento de agroindústrias para a extração de óleos, manteigas e polpa de frutas.

Segundo Pohlmann *et al.* (2018), a valorização de resíduos através de técnicas como a compostagem é relevante para que novos modelos de produção agrícola possam se fortalecer e se desenvolver com mais eficiência. A compostagem, nesse sentido, apresenta-se como uma das principais possibilidades de transformação dos resíduos agroindustriais, não somente promovendo benefícios ambientais, como também benefícios sociais e econômicos para as comunidades, agricultores e agroindústrias.

A compostagem é um processo biológico aeróbico de transformação de resíduos orgânicos em material estabilizado rico em nutrientes com grande potencial agrícola. Conforme Epstein (1997), este processo imita o que acontece naturalmente com a decomposição da matéria por microrganismos, que em condições ideais de temperatura, umidade e aeração, convertem esses resíduos em húmus de alto valor agrícola. Para Silva (2005), a compostagem pode ser uma ferramenta para a gestão ambiental que pode contribuir para a redução da disposição final desses resíduos em aterros sanitários e, ao mesmo tempo, fortalecer solos através da retenção de água e maior fertilidade.

A importância da compostagem também é destacada por Kiehl (2002), que reforça o papel dela na agricultura como fornecedora de nutrientes para substituição dos fertilizantes químicos, reduzindo a pressão sobre os recursos naturais. Desse modo, ela ganha destaque como uma prática de manejo agroecológico essencial na promoção de sistemas resilientes. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2017), a compostagem é uma técnica alinhada as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305 (Brasil, 2010), caracterizando-se como uma ferramenta para o avanço da economia circular e da bioeconomia.

A compostagem, nesse sentido, não contribui sendo apenas um processo biológico para reaproveitamento de resíduos, mas também como uma estratégia para a valorização desses na região amazônica, além de ser uma fonte de fortalecimento da economia local (Barbosa, 2023).

De acordo com Almeida *et al.* (2018), ela fortalece as cadeias da sociobiodiversidade, que necessitam do uso dos recursos florestais para a geração de renda, ao agregar valor aos seus produtos. Essas cadeias produtivas são as principais responsáveis por impactos positivos na biodiversidade, pois produzem muito mais do que apenas somente mercadoria, visto que contribuem para a redução da pressão sobre o ecossistema onde estão presentes através dos métodos de reaproveitamento de muitos dos materiais que são usados.

Diante das afirmações, retomando a discussão dos resíduos de murumuru, tucumã e açaí, alguns estudos já apontam possibilidades para o seu reaproveitamento, inclusive para fins agrícolas. Segundo Bezerra (2022), a casca do murumuru, após o processo de extração do óleo, pode ser reutilizada em diversos setores como o de energia, usando as cascas como biomassa e carvão, a construção civil, artesanato dentre outros. O tucumã, conforme indica Cruz (2023), além de possuir propriedades antioxidantes, seu resíduo pode ser muito bem aproveitado na composteira ou na fabricação de carvão. Já o resíduo de açaí é apontado, segundo Oliveira *et al.* (2021), como fonte elevada de carga iônica que é importante para a compostagem.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar o processo de compostagem de resíduos de murumuru, tucumã e açaí e compreender, do ponto de vista da composição química, quais potenciais para o uso como substratos agrícolas.

Como objetivos específicos temos: 1. Avaliar a temperatura durante o processo de compostagem; 2. Avaliar a variação do peso durante o processo de compostagem; 3. Analisar o processo de decomposição dos materiais; 4. Avaliar a composição química dos substratos produzidos.

Essa análise contribuirá para o uso dos compostos produzidos tanto na agricultura urbana quanto no campo, sendo possível aplicar soluções diferenciadas aos contextos produtivos. Embora a compostagem já seja uma técnica amplamente utilizada para o reaproveitamento de resíduos orgânicos, existe a necessidade de se aprofundar os estudos em relação a resíduos florestais para que seja possível uma compreensão mais detalhada sobre seu potencial no enfrentamento dos desafios ambientais

2 METODOLOGIA

A metodologia foi estruturada dividida em três seções. Na primeira, descreve-se a adaptação do espaço dentro do pátio de compostagem do laboratório didático pedagógico em agroecologia da UFPA, em Abaetetuba, destacando a infraestrutura pré-existente e sua relevância acadêmica para atividades práticas de reaproveitamento de resíduos. Na segunda

seção, são detalhados os resíduos que são utilizados na experimentação. Nessa seção, também são mencionados o método usado, o delineamento, a quantidade de tratamentos e quantas repetições serão adotadas, especificando as proporções nas parcelas experimentais e o sorteio para as disposições delas na área experimental.

A última seção, traz consigo os registros de monitoramento das temperaturas, os instrumentos usados no acompanhamento, a duração do processo de compostagem, o peneiramento para posterior análise laboratorial em Belém, na Embrapa e a maneira pela qual os dados obtidos foram sintetizados para as elaborações de gráficos e tabelas presentes no trabalho.

2.1 Caracterização da área experimental

Para a realização do experimento, foi necessário adaptar uma área de aproximadamente 3 m² no campus da Universidade Federal do Pará (UFPA), em Abaetetuba (Figura 1). O espaço selecionado corresponde ao pátio de compostagem localizado no Laboratório Didático Pedagógico em Agroecologia (Lada), vinculado ao curso de Tecnologia em Agroecologia, utilizado para práticas acadêmicas relacionadas ao aproveitamento de resíduos orgânicos.

A escolha por essa temática surgiu de maneira natural, tendo em vista a atuação nessa área por mais de três (3) anos de projeto voltado ao reaproveitamento de resíduos através da compostagem, possibilitando um conhecimento prático sobre os manejos e produção de composto. Essa vivência permitiu que houvesse um aprofundamento através de uma experimentação e nesse contexto, a escolha foi alinhada à necessidade de geração de dados cientificamente comprovados que pudessem respaldar a eficácia dos produtos produzidos e a curiosidade em analisar mais resíduos, como os florestais, e comprovar sua utilidade para a contribuição nos desenvolvimentos de soluções voltadas a realidade amazônica com produtos amazônicos.

Dessa maneira, a escolha do local para a realização da experimentação fundamenta-se na sua relevância institucional, pois além de já dispor de infraestrutura mínima adequada, como sombreamento parcial, também se constitui como um ambiente de ensino aprendizagem para a produção de substratos que são posteriormente usados em disciplinas, oficinas e eventos científicos.

Figura 4- Disposição dos tratamentos na área experimental localizada na sede do Campus da Universidade do Pará, em Abaetetuba.



Fonte: Pesquisa de campo (2024/25).

2.2 Montagem do experimento

Foram utilizados como matéria-prima para o experimento, resíduos agroindustriais obtidos a partir da extração de óleos e manteigas das sementes murumuru (Figura 2-A), tucumã (Figura 2-B) e açaí (Figura 2-C), em que os resíduos usados na experimentação são os restos não utilizados que seriam descartados após a separação através do processo de prensagem, todos esses resíduos foram obtidos no próprio município de Abaetetuba por meio da Cooperativa de Fruticultores de Abaetetuba (Cofruta). A escolha da cooperativa como fornecedora justifica-se pela sua expressiva representatividade local e pela qualidade dos resíduos, o que assegurou a composição orgânica rica e homogênea, essencial para a padronização do experimento.

Figura 5 - Resíduos usados para o experimento: 2-A: Murumuru, 2-B: Tucumã e 2-C: Açaí.



Fonte: Pesquisa de campo (2024/25).

Antes da montagem das leiras, foi realizada uma análise prévia dos possíveis métodos de compostagem que seriam mais adequados ao contexto desta pesquisa. Essa etapa visou identificar uma técnica que pudesse representar viabilidade na operação e que também fosse compatível com as características físicas e ambientais da estrutura da área experimental, por exemplo, a disponibilidade de sombra parcial e o acesso a água.

Depois de concluída essa parte da análise, foi escolhido o método que usa sacos de *nylon*, conforme realizado por Araújo *et al.* (2018). Essa decisão metodológica foi tomada com base em critérios técnicos de eficiência, simplicidade de manejo e replicabilidade, elementos fundamentais que puderam objetivar e validar as práticas sustentáveis e de baixo custo de uso do experimento para o reaproveitamento de resíduos orgânicos. Essa abordagem também favorece o controle individual de cada unidade compostável, o que permite maior precisão a mensuração dos parâmetros que serão analisados.

Além dos resíduos principais (murumuru, tucumã e açai), foram adicionados aos compostos folhas secas, aparas de grama e pequenos galhos, todos de origem das dependências da universidade. Esses materiais complementares foram incorporados com o objetivo de equilibrar a relação carbono/nitrogênio (C/N), o que é essencial para o bom andamento do processo de compostagem. A proporção adotada foi de 4:1, disposta da seguinte maneira: duas (2) partes de material rico em carbono (folhas secas e galhos), uma parte de material rico em nitrogênio (resíduos principais - agroindustriais), seguida por duas (2) partes do material rico em carbono, totalizando cinco (5) camadas por parcela experimental.

Os tratamentos foram definidos de acordo com o tipo de resíduo utilizado e podem ser visualizados no quadro abaixo:

Quadro 1 – Definição dos tratamentos e os resíduos utilizados na experimentação

Tratamento	Descrição
T1	Resíduo de murumuru +material rico em carbono
T2	Resíduos de tucumã + material rico em carbono
T3	Resíduo de açai + material rico em carbono

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados da pesquisa de campo (2024/2025).

Cada tratamento foi submetido a quatro (4) repetições, utilizando-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Para garantir a integridade da casualização das parcelas, foi realizado um sorteio prévio, considerando que a área apresentava condições homogêneas

quanto à incidência solar, à ventilação e à umidade, em caso de chuva, assegurando igualdade nas condições experimentais. O resultado do sorteio pode ser visto na Figura 3.

Figura 6 - Croqui da disposição das parcelas experimentais.

T1 R2	T3R4	T2R4	T3R1	T1R3	T2R1
T3R2	T2R2	T2R3	T1R1	T3R3	T1R4

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados da pesquisa de campo (2024/2025).

A condução do experimento teve início no dia 29 de outubro de 2024 com a montagem das parcelas experimentais. Os sacos utilizados tinham a capacidade de 50 kg e foram preenchidos com os materiais e previamente pesados com o auxílio de uma balança digital portátil de mão (Figura 4), o que garantiu que o experimento fosse padronizado em todas as parcelas experimentais.

Figura 7 - Balança de mão utilizada no experimento.



Fonte: Pesquisa de campo (2024/2025).

As massas médias registradas em cada unidade (saco de *nylon*) no início do experimento foram de aproximadamente 12,38 kg para o resíduo de açaí, 12,33 kg para o resíduo de murumuru e 12,79 kg para o resíduo de tucumã, valores esses que puderam servir de base para avaliar a comparação do desempenho de cada um deles no processo de compostagem.

Após a montagem, as parcelas experimentais foram acondicionadas sobre uma lona de polipropileno para facilitar o manejo e evitar o contato direto das parcelas com o solo (Figura 5).

Figura 8 - Sacos montados e posicionados após o sorteio sobre a lona de polipropileno.



Fonte: Pesquisa de campo (2024).

2.3 Acompanhamento do experimento

O monitoramento das temperaturas das unidades experimentais foi realizado com auxílio de um geotermômetro analógico (Figura 6). Este termômetro era inserido a uma profundidade aproximada de 10 cm, posicionado ao centro de cada saco de modo que pudesse captar a temperatura média no centro de cada leira, região onde acontece a maior atividade microbiana durante o processo de compostagem.

Figura 9 - Termômetro usado durante o experimento.



Fonte: Pesquisa de campo (2024/2025).

As aferições foram realizadas a cada três (3) dias, em dois (2) horários distintos: às 8h 00 min da manhã e às 17h 00 min da tarde, conforme recomendado por Araújo *et al.* (2018). Essa metodologia tinha o objetivo de capturar as variações térmicas encontradas no decorrer do

dia de aferição durante todo no período de experimentação, permitindo que fosse possível compreender detalhadamente a dinâmica térmica encontrada nas leiras.

Paralelo a isso, foi realizado o controle da umidade nos diferentes materiais. Ao observar a necessidade de reposição hídrica, identificada através do aspecto visual e tátil, como o excesso de secura ou a ausência de aquecimento, aplicava-se água dentro de cada parcela experimental para que fosse possível garantir a umidade do material. Este procedimento, quando feito, foi realizado sempre após as aferições de temperatura e seu objetivo era que não houvesse interferência nos dados coletados, visto que uma boa umidade é fundamental para o equilíbrio das condições da compostagem, uma vez que, quando encontrada a níveis insuficientes, pode desacelerar ou até mesmo interromper a atividade microbiana, enquanto o excesso dela pode provocar condições anaeróbicas indesejáveis (Inácio; Miller, 2009).

Todo esse processo de experimentação em compostagem usando esses resíduos, teve duração de 112 dias, sendo finalizado com a última medição de temperatura no dia 17 de fevereiro de 2025. A finalização do processo foi determinada levando em consideração os critérios físicos, químicos e temporais, que indicavam estabilização e maturação dos materiais acrescentados nas parcelas experimentais e, após mais de 100 dias de acompanhamento, pudemos observar a estabilização da temperatura nas leiras, sinalizando a redução da atividade microbiana e o final das fases ¹termofílica e ²mesofílica. Além disso, pode-se notar, através dos aspectos visuais, que o composto já apresentava coloração mais escura e homogênea, textura mais granulada e ausência de odores, reforçando o indicativo de maturação.

Na sequência disso, mais precisamente no dia 11 de abril de 2025, foi dada a continuidade das etapas complementares ao experimento com a execução do peneiramento do composto, conforme ilustrado na Figura 7, e a coleta das amostras representativas para o envio e a análise em laboratório. O objetivo dessa análise foi avaliar a qualidade final do composto obtido.

Para a avaliação desse composto, as amostras foram encaminhadas para o laboratório especializado da Embrapa Amazônia Oriental, com sede em Belém, para que fossem

¹ É a fase da compostagem onde ocorre a elevação da temperatura impulsionando a rápida ação microbiana. Nessa fase as temperaturas na compostagem podem atingir níveis de até 70 C° e sua duração pode acontecer no período de semanas ou meses a depender do tipo de material e das condições da compostagem.

² É a fase da compostagem onde os organismos decompositores mesófilos decompõem o material orgânico de maneira mais lenta e a temperatura alcança níveis de até 40 C° nas pilhas de compostagem.

determinados os parâmetros de ³pH, teor de ⁴matéria orgânica (MO), ⁵capacidade de troca catiônica (CTC), ⁶saturação por bases (V%), ⁷saturação por alumínio, além dos teores de ⁸micronutrientes, como o ferro (Fe), o zinco (Z), o cobre (Cu) e o manganês (Mn). Esses dados são fundamentais para a verificação dos níveis de estabilização e maturação do composto, bem como para sua utilidade como fertilizante orgânico.

Figura 10 - Peneiragem do composto resultante da compostagem.



Fonte: Pesquisa de campo (2024/2025).

Os dados coletados ao longo do experimento foram sistematizados em planilha eletrônica por meio do *software Microsoft Excel*, e para a variável de temperatura foi feita análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a nível de 5% de significância. Os dados foram armazenados para posterior uso na realização das análises das variáveis monitoradas e a partir deles foram criados gráficos descritivos para visualização da variação dos parâmetros ao longo do tempo entre os tratamentos.

³ É a representação do potencial hidrogeniônico de uma solução ou mistura, ou seja, indica se a mistura é ácida, básica ou neutra.

⁴ Material de origem animal ou vegetal, ou seja, moléculas orgânicas presentes nos ambientes terrestres e aquáticos.

⁵ É a indicação da quantidade de nutrientes e outros cátions que a o solo armazena e disponibiliza para as plantas.

⁶ É um indicativo de possibilidade de correção no solo onde indica a proporção de cátions básicos em relação a capacidade de troca catiônica, CTC.

⁷ É um indicativo de acidez em solos e expressa a porcentagem da capacidade de troca catiônica ocupado por alumínio trocável (AL^{3+}).

⁸ São elementos essenciais para o desenvolvimento e crescimento das plantas. Mesmo em baixas proporções, sua falta pode acarretar significativamente a saúde e a produtividade das plantas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o processo de compostagem, foi possível observar características distintas entre os resíduos analisados, o que exigiu atenção redobrada no que diz respeito ao manejo frente a essas peculiaridades. Dentre elas, destacaram-se a tendência a compactação em dois dos três tratamentos e a variação na retenção de umidade entre todas as leiras compostáveis.

Essas particularidades podem impactar de maneira negativa no processo, podendo resultar em menores atividades microbianas e de maneira inevitável, em temperaturas abaixo do considerado ideal. Dessa maneira, os resultados aqui obtidos, fornecem subsídios para que possa ser possível avaliar a eficiência do processo e qual seu potencial na fertilização dos compostos aqui gerados.

Nesse sentido, esta seção permite que seja analisada a avaliação qualitativa e as análises de massa e química dos compostos, permitindo entender melhor sobre as perdas em seu volume existentes no processo e qual o seu potencial de fertilização segundo os números nutricionais analisados.

3.1 Avaliação qualitativa do processo de compostagem

Durante o período de experimentação foi verificado que os resíduos de murumuru + material rico em carbono (T1) e tucumã + material rico em carbono (T2) apresentaram compactação, que pode ser causada por suas características físico-químicas, principalmente por suas granulometrias finas, o que permite que eles retenham água em maiores quantidade em relação ao resíduo de açaí e esse fator demandou uma atenção especial e o manejo constante. Esses dois materiais exigiram manejo contínuo para a desagregação manual e mistura entre os resíduos ricos em carbono com os ricos em nitrogênio para evitar que acontecesse a redução da porosidade pois ela é importante para que haja a entrada de oxigênio a penetração da água e conseqüentemente a elevação da atividade microbiana no interior das parcelas experimentais. A compactação excessiva poderia comprometer a eficiência do processo e dificultar as trocas gasosas e hídricas importantes para a manutenção da aeração, umidade adequada e a atividade microbiana, fatores determinantes para a eficiência do processo.

Então, essas situações são controladas quando há a quebra das partes compactadas e a mistura dos materiais dentro das parcelas experimentais tornam-se mais homogêneas facilitando a ação dos microorganismos em cada fase do processo. Essa medida pode colaborar com a melhora da incorporação entre os resíduos ricos em carbono e os materiais com alto teor

de nitrogênio, como indicado por Araújo *et al.* (2018), o que promove uma decomposição mais estável e eficiente.

Esse achado mencionado anteriormente também é explicado por Araújo *et al.* (2018), que indicam a porosidade como um dos fatores que afetam positivamente o processo de compostagem. Então, torna-se de suma importância o controle da compactação para um melhor desempenho do processo. A compactação mencionada pode ser vista nas Figuras 8-A e B.

Figura 11 - Compactação no processo de compostagem: A - Resíduos de murumuru+ material rico em carbono (T1), B - Resíduos de tucumã+ material rico em carbono (T2).



Fonte: Pesquisa de campo (2024/2025).

Após esses ajustes, foi observada uma evolução e equilíbrio térmico do composto que inicialmente apresentava compactação. No entanto, houve a necessidade de constante monitoramento para mitigar e corrigir possíveis pontos de compactação, garantindo um processo equilibrado.

Quanto à umidade, já nos primeiros quatro dias de observação e acompanhamento, foi possível identificar que o T3 (resíduo de açaí + material rico em carbono) apresentava níveis de umidade inferiores quando comparados aos outros dois tratamentos. Essa constatação foi observada mesmo com a aplicação constante de água em todas as parcelas experimentais, evidenciando diferença na dinâmica hídrica entre os resíduos utilizados. Dessa forma, o T3 apresentou menor capacidade de retenção hídrica, o que pode ter impactado negativamente na ação microbiana e resultando em temperaturas mais baixas em seus tratamentos.

Estudos como o de Oliveira *et al.* (2021) e Martins *et al.* (2020) reforçam essa observação, apontando que os resíduos de açaí contêm compostos que reagem de maneira

rápida a presença de água, o que provoca a dissolução mais expressiva de seus resíduos em relação aos resíduos de murumuru e tucumã. Esse fenômeno também foi observado por Lima (2019) ao analisar a “borra” do açaí. Essas características diferenciadas impactam no comportamento desse resíduo na compostagem, portanto, para contornar os efeitos negativos dessa constatação é importante que se acrescentem materiais como o capim ou restos de frutas para que seja possível a retenção da umidade nas unidades compostáveis do resíduo de açaí.

Já os resíduos de murumuru (T1) e tucumã (T2) comportaram-se de maneira distinta aos resíduos de T3, pois mantinham a umidade por mais tempo, sugerindo uma capacidade de reter água maior que a do resíduo de açaí. Essa característica encontrada nesses resíduos explica a elevação térmica mais acentuada nos tratamentos T1 e T2, onde a presença adequada de umidade favoreceu o metabolismo microbiológico e a decomposição do material orgânico.

Dias (2012) associa os teores de umidade na compostagem sendo influenciados pelos diferentes materiais orgânicos que são inseridos no processo, ou seja, a umidade é elevada quando os resíduos que são inseridos na compostagem tiverem na relação C/N uma maior quantidade de nitrogênio.

Um dado a ser mencionado foi a ausência de insetos e animais nas parcelas dos T1 e T2. Em contrapartida, o tratamento T3 teve a ocorrência de formigas em três das quatro das parcelas experimentais com esse resíduo. A ausência de organismos invasores nos dois primeiros tratamentos reforça a ideia de que as condições adotadas no experimento mantiveram práticas de manejo adequadas, conforme destacado por Lima e Silva (2023).

3.2 Análise da temperatura

Após o início do processo de compostagem, os compostos orgânicos inseridos passam por diferentes fases em função da ação microbiana, cada fase é caracterizada por mudanças na temperatura e a presença de microorganismos que participam dessas fases. Inácio e Miller (2009) indicam que esse processo é um efeito duplo onde a temperatura e essa sucessão de grupos de microorganismos que se interrelacionam causam o bom andamento do processo. Essas fases são denominadas como inicial, termofílica, mesofílica e de maturação.

Inácio e Miller (2009) indicam que durante a compostagem, na fase inicial, ocorre a expansão das colônias de microorganismos responsáveis pela intensa decomposição, liberação de calor e elevação rápida da temperatura. Na fase termofílica, a principal característica é a temperatura circulando entre 50 a 65 °C com a manutenção da geração de calor e vapor d'água; na mesofílica, predomina a degradação das substâncias orgânicas mais resistentes por

microorganismos mesófilos, como as bactérias e fungos, a redução da atividade microbiana e a consequente queda da temperatura; e na última fase, que é a de maturação, ocorre a formação de substâncias húmicas, a atividade microbiana diminui e o composto perde a capacidade de auto aquecimento, começando a se humificar.

A partir dessas informações, ao analisar as temperaturas dentro das parcelas foi verificado que elas variaram de acordo com o tipo de resíduo chegando a alcançar 58,2°C no T1, 58,5°C no T2 e no T3 56,02°C na fase termofílica. O T1 e T2 apresentaram maiores aumentos nas temperaturas com pico na terceira semana, indicando uma ação microbiana mais intensa e rápida em relação ao T3. E essa temperatura alta continuou em pelo menos mais uma semana após o alcance do pico. Por seu turno, o açai (T3) manteve suas temperaturas elevadas somente nas duas (2) primeiras semanas, indicando uma fase termofílica mais rápida em relação aos demais tratamentos (Figura 10).

Na fase mesofílica, o T2 (tucumã) destacou-se como aquele que apresentou as temperaturas mais elevadas entre os três (3) resíduos analisados. Essa constatação pode ser explicada conforme Ignácio e Miller (2009), que apontam que essa intensidade é promovida por microorganismos que possuem ótima atividade biológica na faixa de temperaturas de até 45°C. Essa interação favorece a proliferação desses microorganismos eficientes, mantendo estável a temperatura no processo de compostagem.

O resíduo de açai (T3) mostrou um comportamento distinto no experimento, quando comparado aos demais tratamentos. Suas temperaturas foram elevadas no início e com um declínio acentuado a partir da terceira semana de aferição, e remanesceram estáveis e com variações pouco expressivas comparadas ao início do processo.

A análise das médias de temperatura (Tabela 1) indica que o T1 (murumuru) foi o tratamento que manteve a maior média de temperatura durante todas as fases de compostagem, seguido do T2, que também apresenta diferença significativa em relação ao T3, cuja média de temperatura foi inferior. O coeficiente de variação dessa variável foi igual a 2%, portanto, alta precisão experimental.

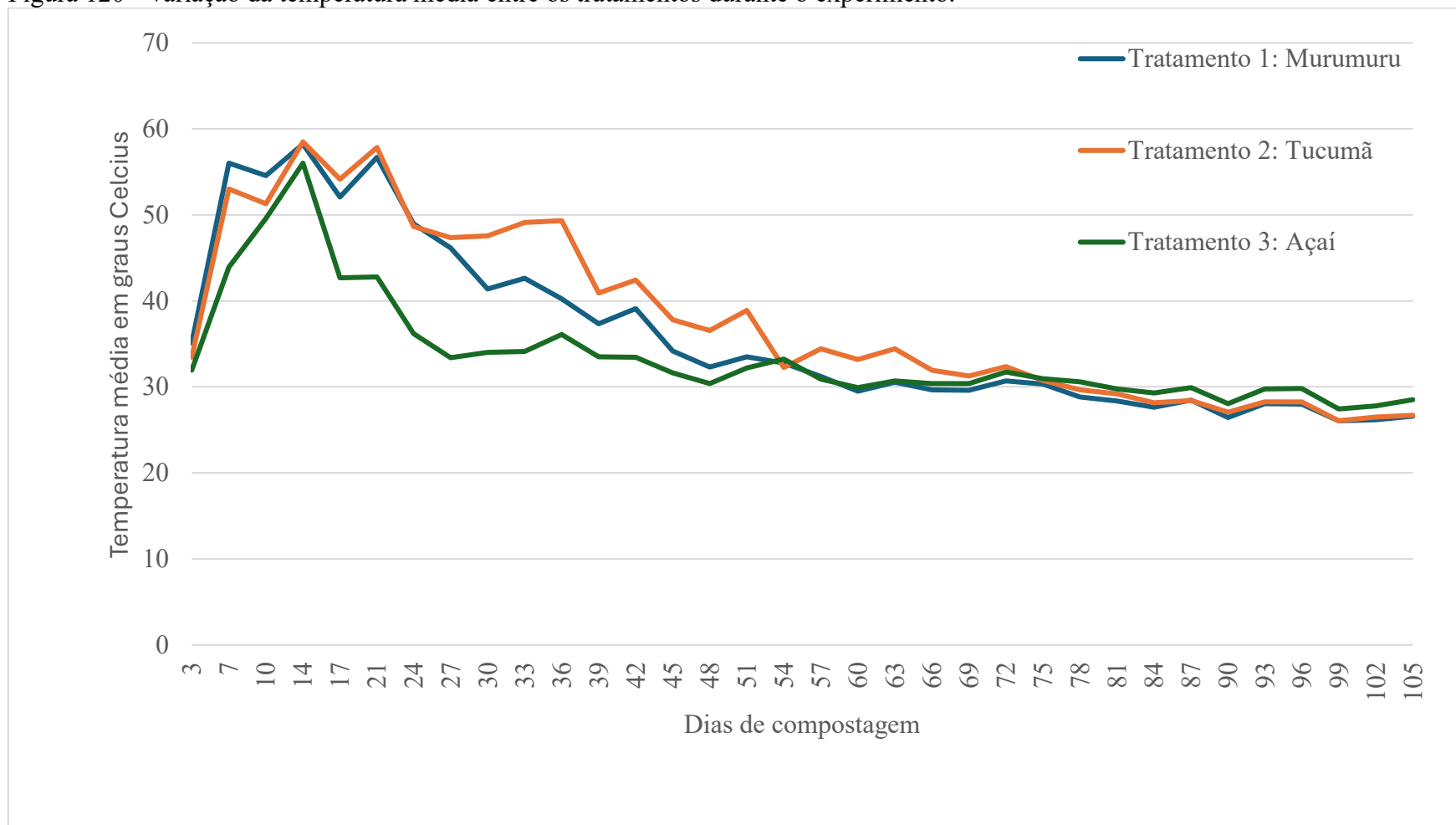
Tabela 1 - Médias das temperaturas durante o experimento e teste de Tukey.

Tratamentos	Médias de temperaturas dos tratamentos (Graus Celsius)
T2: Resíduo de tucumã + material rico em carbono	38,02a
T1: Resíduo de murumuru + material rico em carbono	36,2b
T3: Resíduo de açai + material rico em carbono	33,6c
Diferença Mínima Significativa (D.M.C)	1,22

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da pesquisa de campo (2024/2025).

Obs.: Teste de Tukey a 95% de probabilidade. Médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes.

Figura 120 - Variação da temperatura média entre os tratamentos durante o experimento.



Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da pesquisa de campo (2024/2025).

3.3 Análise da massa do experimento

Durante o processo de compostagem, há uma perda de massa que está diretamente relacionada à atividade metabólica dos microorganismos decompositores. Eles atuam na transformação da matéria orgânica e convertem parte dos produtos inseridos na compostagem em dióxido de carbono, vapor d'água e calor, por meio de processos bioquímicos. Essa perda é considerada ideal nos níveis de 40% e 60% da massa inicial, como indicam Lopes, Catapreta e Tavares (2025).

A perda de massa pode sofrer variações em função de diversos fatores. Resíduos ricos em carbono, por exemplo, tendem a se decompor de forma lenta quando comparados aos que apresentam altos índices de nitrogênio (Inácio; Miller, 2019). Além disso, a umidade, a aeração e a temperatura são fatores que influenciam diretamente o processo, podendo causar a limitação da atividade microbiana, anaerobiose e altos índices de calor, fazendo com que os microorganismos sejam afetados negativamente por esses fatores (Inácio; Miller, 2009).

Os resíduos utilizados na experimentação objeto desse trabalho, ao atingir a fase final do processo, transformaram-se em um composto orgânico estabilizado com características semelhantes entre os três (3) tratamentos, porém com diferenças no rendimento do composto.

Os rendimentos dos compostos resultantes da compostagem podem ser observados na Tabela 2. O tratamento T1 obteve um total de 11,68 kg de composto peneirado, o que corresponde a 23% do peso inicial (50,02 kg). Os tratamentos T2 e T3 apresentaram rendimentos ligeiramente superiores, com proporção de 13,03 kg (26%) e 16,22 kg (32%), respectivamente. Esses dados indicam uma variação no desempenho dos tratamentos, possivelmente influenciada pelas condições operacionais referentes aos fatores que garantem a decomposição eficiente no processo de compostagem, ou seja, o controle da umidade, a relação carbono-nitrogênio, a aeração e a temperatura. Já quando comparamos o rendimento em relação ao peso final, temos que o T2 foi o tratamento com maior rendimento, com quase 60% do material final humificado. Por seu turno, para o T1 tivemos o resultado inverso, o que indica uma necessidade de quase 60% do material final retornar para o processo de compostagem.

Tabela 2 - Pesos iniciais e finais e percentual de rendimento nos tratamentos.

Tratamento	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Peso do composto peneirado (kg)	Rendimento em relação ao peso final (%)	Peso residual	Porcentagem residual (%)
T1	50,02	29,69	11,68	39,34	18,01	60,66
T2	50,96	22,45	13,03	58,04	9,42	41,96
T3	50	33,28	16,22	48,74	17,06	51,26

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da pesquisa de campo (2024/2025).

Obs.: Para os cálculos dos rendimentos, foram considerados os pesos finais dos tratamentos.

O rendimento observado nos tratamentos pode ser comparado com os resultados encontrados em trabalhos de autores como Epstein (1997), que indica que os resíduos finais de compostos orgânicos podem variar entre 25% e 50% em comparação a seu peso inicial, a depender das condições do processo de compostagem.

Além do composto peneirado, também foi quantificada a quantidade de massa residual que remanesceu após esse procedimento e foi observado que essa massa residual teve variações entre os tratamentos.

Esses resultados demonstram que durante o processo de compostagem não se pode apenas considerá-lo como um método de transformação do resíduo orgânico, mas também levar em consideração as transformações que os materiais sofrem. Algumas partes desses materiais que são inseridos não chegam a alcançar a degradação completa, entretanto, podem ser reaproveitados em outras aplicações ou até mesmo voltar para o ciclo da compostagem.

3.4 Análise química dos compostos orgânicos

No Quadro 1 podemos verificar os resultados dos parâmetros químicos analisados dos compostos resultantes de cada tratamento peneirado, como o teor de Matéria Orgânica (MO), o potencial de Hidrogênio Iônico (pH), a Capacidade de Trocas Catiônicas (CTC), a Saturação por Bases (V%), a Saturação por Alumínio (m%) e os teores de micronutrientes.

Quadro 1 - Resultados das análises químicas dos substratos resultantes do processo de compostagem.

Tratamento	MO (g/kg)	pH	Al	CTC (Cmol _e /dm ³) Total Efetiva		Base V%	Alumíni o m%	Mn	Zn	Fe	Cu
				(mg/kg)							
T1 - murumuru + material rico em carbono	155,48	4,62	2,78	48,79	25,70	46,97	10,82	35,02	43,92	6,38	3,69
T2 - tucumã + material rico em carbono	151,71	5,97	0,90	31,03	22,06	68,21	4,08	95,15	45,37	4,31	4,41
T3 - açai + material rico em carbono	155,39	6,10	0,45	26,46	18,51	68,25	2,43	380,49	40,48	9,04	8,4

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa de campo (2024/2025).

3.4.1 Matéria orgânica (MO)

Os resultados encontrados para a matéria orgânica foram de 155,48 g/kg para o T1, 151,71 g/kg para o T2 e de 155,39 g/kg para o T3. Esses resultados são superiores ao do trabalho de Diniz Filho *et al.* (2007) que analisaram, através da compostagem, vários resíduos como a palha do arroz, a palha do feijão, ramos de mandioca, dentre outros, preparados com a adição de esterco de aves, e o maior índice de MO foi de 52 g/kg. Já Brito (2008), em seus resultados sobre a quantidade de matéria orgânica nos compostos orgânicos a partir do esterco de gado leiteiro e palha em condições de leiras com revolvimento e sem revolvimento, encontrou teores maiores que os encontrados nesse experimento, com índices chegando a 722 g/kg no final do processo.

Leite (2004) e Sobral *et al.* (2015) indicam que os teores de matéria orgânica acima de 30 g/kg são considerados benéficos na fertilização do solo e essa presença considerável de matéria orgânica evidencia a alta eficiência nas condições estabelecidas para o experimento.

Esses resultados sugerem que os compostos, produzidos a partir dos resíduos de murumuru, tucumã e açai possuem alta capacidade para a melhora da qualidade da estrutura de solos (Inácio; Miller, 2009). Silva *et al.* (2023) indicam ainda que a matéria orgânica no solo contribui para que haja a estabilização de agregados no solo, ou seja, estruturas que unidas entre si como a areia, silte e argila, favorecem a aeração e a infiltração de água além de ter a

capacidade de reter a troca catiônica e funcionar como se fosse uma barreira no controle da acidez.

3.4.2 Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

Nesse parâmetro, o T1 teve o maior valor de CTC total (48,79 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), seguida pelo T2 que apresentou o teor de 31,03 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. O T3 teve números mais baixos, alcançando o valor de 26,46 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. A alta CTC identificada no composto T1 (murumuru), demonstra que a sua capacidade de disponibilizar nutrientes essenciais para as plantas é maior em comparação aos demais (Inácio; Miller, 2009).

Nesse sentido, Sobral *et al.* (2015) enfatizam que valores superiores a 15 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ indicam boa capacidade de troca catiônica e uma tendência de melhora no desenvolvimento da interação entre solo e planta. Inácio e Miller (2009) ressaltam que a presença da boa CTC permite a redução da perda de elementos químicos importantes para as plantas por lixiviação.

Os resultados encontrados nessa experimentação podem se comparar aos encontrados por Dores-Silva *et al.* (2013) que analisaram, através da compostagem e vermicompostagem, resíduos de palha de arroz e esterco bovino, bagaço de cana e esterco bovino e resíduos vegetais de hidroponia com esterco bovino, obtendo valores máximos de 34 e 48 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e, portanto, seus resultados foram semelhantes aos encontrados nesse experimento.

3.4.3 Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)

No parâmetro do pH, foi identificado que o T3 apresentou um pH de 6,10. O composto do T2 tem pH um pouco abaixo do recomendado na agricultura, mas ainda dentro da proximidade das condições ideais (5,97), enquanto o T1 foi o que apresentou o maior grau de acidez (4,62).

Segundo Sobral *et al.* (2015), o pH abaixo de 5,0 indica a necessidade de que se haja uma calagem para reduzir a acidez e neutralizar o alumínio, já quando esses valores se apresentam acima de 7 pode haver prejuízos na disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas, como o ferro, zinco, manganês e fósforo.

Ao compararmos nossos resultados com o trabalho de Silva (2010), que analisou o pH com amostragens aos 32 dias e 47 dias do composto da casca de mandioca, observamos que este autor teve como resultado compostos com tendência à neutralidade ou alcalinos com valores entre 5,67 a 7,38, respectivamente.

Araújo *et al.* (2018) obtiveram, em seu estudo sobre o processo de compostagem a base de murumuru e seu uso como substrato, pHs ficando entre 5,30 a 8,70, sendo que o pH mais baixo foi encontrado no composto contendo 100% de torta de murumuru. Os resultados alcançados por Araújo *et al.* (2018) são semelhantes aos encontrados no composto do tratamento 1 dessa experimentação.

Inácio e Miller (2009) afirmam que o pH na compostagem sobe logo que se inicia o processo de compostagem, mas, esse fenômeno é logo controlado e esse pH cai após a formação de ácidos orgânicos e, com a elevação da temperatura, ele tende a cair novamente e se manter na faixa de 6 a 7, a depender do tipo de resíduo inserido no processo de compostagem.

3.4.4 Alumínio trocável (Al^{3+}) e saturação por alumínio (m%)

O alumínio trocável e a saturação por alumínio são parâmetros de muita importância para avaliar os níveis de acidez de um solo e esses parâmetros se tornam de suma relevância para a análise de compostos a serem usados para a adubação. Em altos índices, o alumínio prejudica o crescimento radicular de muitas espécies vegetais (Sobral *et al.*, 2015).

Os números apresentados por cada composto obtido após o experimento foram de: alumínio trocável ($2,78 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e saturação por alumínio (10,82%) para o composto do T1; alumínio trocável $0,90 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e saturação de 4,08% para o T2; e de $0,45 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de alumínio trocável e saturação de 2,43% para o T3.

Com base em Santos (2017), podemos dizer que, em termos de toxicidade, os substratos produzidos são classificados em: Baixa toxicidade para o T3, média toxicidade para o T1 e alta toxicidade para o T2. Seguindo esse mesmo autor, ao comparar seus resultados com os dados encontrados nessa experimentação, podemos avaliar que os índices de saturação por alumínio no T1 e T3, são índices consideráveis para o uso, já o composto obtido pelos resíduos de tucumã, para ser usado como fonte de nutriente na agricultura, precisa de correção através de calcário por causa da sua alta toxicidade.

Dias (2012) obteve em seu estudo sobre a produção de compostos orgânicos a base de casca de fruto de cupuaçuzeiro, dados de alumínio com valores entre $0,3 \text{ cmol}_c/\text{dm}$ a $9,03 \text{ cmol}_c/\text{dm}$, sendo que a maioria dos tratamentos do experimento dessa autora tiveram números menores que $0,50 \text{ cmol}_c/\text{dm}$.

A Instrução Normativa nº 25 de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2009), que regula sobre fertilizantes orgânicos, não define

um limite ao alumínio, mas, exige que os compostos orgânicos não causem efeitos tóxicos as plantas.

3.4.5 Saturação por bases (V%)

A saturação por bases nos T2 e T3 foram, respectivamente, 68,21% e 68,25. No T1, esse índice aparece muito abaixo dos valores indicados por Sobral *et al.* (2015) como ideais, alcançando números de apenas 46,97%. Isso acontece pois os fatores de pH e a saturação por alumínio estão diretamente ligados a saturação por bases, ou seja, quanto mais estabilizado for o pH maior será a saturação por bases e dessa forma a saturação por alumínio também tende a praticamente desaparecer.

Raij (1983) frisa que a saturação por base deve estar na média de 60% no solo, teor esse considerado favorável para um bom desempenho das plantas. Sobral *et al.* (2015) indicam que a saturação deve ser igual ou superior a 70%.

Os números encontrados nos T2 e T3, estando próximos do ideal, sinalizam bom fornecimento de bases trocáveis no solo (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), ou seja, cátions básicos que estão na forma trocável e que podem influenciar na fertilidade.

Para Sobral *et al.* (2015), teores de bases trocáveis como cálcio, magnésio, potássio e sódio, são elevados em solos com grau de intemperismo menor, o que reflete em um maior nível de fertilidade natural. Com isso, adubos com boa saturação por bases são importantes para solos tropicais e altamente intemperizados como os da região amazônica, onde os índices de saturação por bases são inferiores.

3.4.6 Micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn)

No composto de açaí (T3) o nível de manganês foi de 380,49 mg/kg, o cobre de 8,4 mg/kg, o zinco de 40,48 mg/kg e o ferro de 9,04 mg/kg. O composto de tucumã (T2), por sua vez, apresentou os números de manganês, cobre, zinco e ferro de: 95,15 mg/kg, 4,41 mg/kg, 45,37 mg/kg e 4,31 mg/kg, respectivamente, e o composto do murumuru (T1) teve os teores de: 35,02 mg/kg de manganês, 3,69 mg/kg de cobre, 95,15 mg/kg de zinco e 6,38 mg/kg de ferro.

Teixeira *et al.* (2004), ao analisarem as características químicas de compostos orgânicos produzidos com lixo orgânico, carvão de açaí, capim e serragem, obtiveram números dos nutrientes nos valores de: ferro - 420 mg/kg no lixo orgânico, 260 mg/kg no capim e 167 mg/kg no carvão de açaí; zinco - 59 mg/kg no lixo orgânico, 47 mg/kg no capim e 22 mg/kg no carvão

de açaí; cobre - 10 mg/kg no lixo orgânico, 11 mg/kg no capim e 0 mg/kg no caroço de açaí; manganês - 17 mg/kg no lixo orgânico, 81 mg/kg no capim e 181 mg/kg no caroço de açaí.

É importante destacar que, no que tange ao açaí, há diferenças entre o nosso experimento e o de Teixeira *et al.* (2005) que fez compostagem com o caroço. Este último é um resíduo cuja capacidade de degradação é mais lenta, mesmo na compostagem. Teixeira *et al.* (2005), consideram que esse tipo de resíduo exige uma regulação e mistura com esterco ou outros resíduos, para que seja ajustada a relação C/N para acelerar o processo. Já o resíduo usado na experimentação objeto desse trabalho é um material mais fino, resultante da retirada do óleo da polpa do açaí, e apresenta características de decomposição que aceleram o processo de compostagem.

Dias (2012), em sua pesquisa relacionada a produção de compostos orgânicos a base de casca do fruto de cupuaçu, obteve resultados que ficaram entre 3795 mg/kg a 6508 mg/kg de ferro; 19,1 mg/kg a 176,7 mg/kg no cobre; 39,2 mg/kg a 238,2 mg/kg no zinco; e 33,2 mg/kg a 248,8 mg/kg no manganês.

Inácio e Miller (2009) destacam que mesmo as plantas necessitando de quantidades baixas desses nutrientes, eles são de suma importância para a atuação do metabolismo vegetal e alguns deles são vitais para os processos biológicos, essenciais para a manutenção da fertilidade, reciclagem dos nutrientes e proteção das plantas e para a fixação biológica de nitrogênio, vital para a assimilação direta de nitrogênio às plantas através de bactérias fixadoras desse nutriente (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*) convertendo-o em amônia (NH₃) e transformando-o para a forma assimilável pelas plantas (NH₄⁺ NO₃⁻).

Lopes (1998) indica ainda que esses micronutrientes estão diretamente associados ao aumento da produtividade agrícola, pois eles estabelecem, mesmo sendo consumidos em pequenas quantidades pelas plantas, eficiência em processos metabólicos. Suas ausências podem acarretar pequenos ou grandes prejuízos para as plantas.

Os índices de micronutrientes (Mn, Zn, Fe e Cu) encontrados no experimento evidenciam a eficiência no fornecimento desses elementos nos compostos investigados de tal maneira que, segundo Brasil (2009), os valores que foram alcançados nos compostos analisados estão acima dos estabelecidos como mínimos para fertilizantes orgânicos, assim como na Instrução Normativa n. 61, de 8 de junho de 2020 (Brasil, 2009), que também trata da temática dos fertilizantes orgânicos.

4 CONCLUSÕES

Os tratamentos 1 (murumuru) e 2 (tucumã) apresentam melhor capacidade de retenção de umidade nas parcelas experimentais, diferentemente do T3 (açai), que, mesmo estando sujeito às mesmas condições climáticas e de manejo, não teve bom desempenho nessa variável. Da mesma forma, as fases da compostagem, que foram avaliadas por meio da temperatura, foram mais duradouras no T1 e T2, sobretudo a termofílica. Essas características apresentadas incidiram em menor perda de massa entre o início e o fim do experimento no T3.

Os valores da matéria orgânica obtidos nos três compostos foram muito próximos entre os tratamentos, portanto, podem contribuir na estruturação de solos, retenção de nutrientes, manutenção da umidade e o equilíbrio da acidez.

No que se refere à CTC, o destaque foi para o composto à base de murumuru (T1), possuindo capacidade significativa de manter cátions nos solos. Mesmo com valores inferiores ao do T1, o T2 e o T3 apresentaram teores acima do mínimo recomendado pela literatura, demonstrando que os compostos têm potencial para fornecer nutrientes de maneira eficiente para as plantas. Desse modo, podemos afirmar que os compostos produzidos pelos resíduos de murumuru, tucumã e açai não somente contribuem para o combate à lixiviação, como também são insumos com potencial de equilíbrio em solos de baixa fertilidade.

Para o pH, destacamos que houve um comportamento distinto entre os tratamentos, especialmente para o T3 que esteve mais próximo da neutralidade. O T1 é o composto que precisa de mais cuidado, precisando de um ajuste em seu pH, ou seja, uma correção a base de carbonato de sódio (CaCO_3), calcário, para uso como substrato agrícola.

No que se refere ao alumínio trocável e a saturação por alumínio, destacamos que os índices encontrados nessa experimentação evidenciaram níveis de toxidez, que segundo a literatura, demandam certo cuidado e atenção ao uso direto nos solos. Dentre os compostos analisados, o T1 obteve os maiores índices e para usá-lo diretamente no solo é prudente que se faça uma correção prévia através do calcário, gesso agrícola, adição de matéria orgânica ou o plantio de espécies tolerantes a acidez como o guandu, o feijão de porco, braquiária dentre outros. Os compostos dos tratamentos 2 e 3, apresentaram teores menores de toxidez e menor necessidade de intervenção e, dessa forma, podemos destacar que os compostos resultantes de T2 e T3 não representam perigos significativos e desempenham boa capacidade de fertilização.

Os dados obtidos referentes a saturação por bases demonstraram bom potencial agrônomo nos tratamentos 2 e 3 em que seus valores se apresentaram mais próximos do ideal entre 60 e 70%. O composto do tratamento 1, mesmo abaixo da média considerada boa, pode contribuir com a fertilização de solos.

O último parâmetro analisado foi o dos micronutrientes e esses, desempenham um papel de suma importância, mesmo sendo consumidos em pequenas quantidades pelas plantas em comparação aos macronutrientes. Eles apresentaram variações entre os tratamentos, mas os três substratos contêm elementos que podem servir como fonte de nutrientes para as plantas pois, são importantes por apresentarem a capacidade de: o ferro, ser essencial na síntese de clorofila e para transporte de elétrons; o cobre, na atuação de processos enzimáticos e na fotossíntese; o zinco, importante para o crescimento radicular; o manganês, contribuir para que sejam ativadas enzimas e o processo fotossintético.

Dessa maneira, podemos concluir que a compostagem é uma tecnologia promissora frente aos desafios do acúmulo de resíduos na agroindústria amazônica podendo ser uma alternativa dentro dos espaços de uso dos produtos florestais, como as agroindústrias, para o reaproveitamento desses resíduos e assim, através dela, podemos transformá-los em bioinsumos com uma relevância maior sobre seus potenciais para o uso agrícola, sobretudo, na agricultura de base ecológica. No entanto, mais pesquisas são necessárias, pois cada um dos resíduos testados apresentou características específicas no processo de compostagem e nos substratos, que precisam ser mais bem compreendidas.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, Luciana Maciel; SAMPAIO, Carlos Alberto Batista. Os novos princípios e conceitos inovadores da economia circular. **Entorno Geográfico**, n. 18, p. 158-177, 2018.

Disponível em:

entornogeografico.univalle.edu.co/index.php/entornogeografico/article/view/6712/9054.

Acesso em: 30 ago. 2025.

ALBUQUERQUE, Kleberon Almeida de; DIAS, Thaiane Soeiro da Silva; PIRES, Saimo do Rosário; RABELO, Danilo Cezar. Oficina de compostagem como prática de educação ambiental. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, São Paulo, v. 1, p. 74-86, ago. 2020. DOI: 10.32749. Disponível em:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/oficina-de-compostagem>. Acesso em:

30 ago. 2025.

ALFARO, Adriane Theodoro Santos; TROJAN, Daiane Garabeli (org.). **Agronomia: elo da cadeia produtiva**: vol. 2. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2018. 352 p.

ALMEIDA, Thainara Cristina de; SOARES, Edvan de Jesus; TARANTO, Olga Paula; OLIVEIRA, Afonso de; LIMA, Rosângela de Magalhães; SILVA, José Renato de Souza; PEREIRA, Luís Henrique Mendes. Caracterização da manteiga de murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart) para aplicação na produção de nanocarreadores lipídicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 57., 2017, Gramado. **Anais [...]**. Gramado: Associação Brasileira de Química, 2017. Disponível em: www.abq.org.br/cbq/2017/trabalhos/3/11140-22904.html?form=MG0AV3. Acesso em: 30 ago. 2025.

AMAZONOIL. Produtos da floresta. [S. l.], [20--]. Disponível em:

<https://amazonoil.com.br/produtos-da-floresta/>. Acesso em: 30 ago. 2025.

ARAÚJO, Maira da Silva; SILVA, Lucileia Lima da; FRARE, Letícia Azal; LEITE, Hugo Mota Ferreira; MOTA, Lydia Helena da Silva de Oliveira. Processo de compostagem a base de murumuru (*Astrocaryum* spp.) e seu uso como substrato. **Agrotrópica**, Ilhéus, v. 30, n. 2, p. 109-118, 2018. DOI: 10.21757/0103-3816.2018v30n2p109-118. Disponível em: DOC-20250901-WA0075. Acesso em: 5 set. 2025.

ARAÚJO, Maira da Silva; SILVA, Lucileia Lima da; FRARE, Letícia Azal; LEITE, Hugo Mota Ferreira; MOTA, Lydia Helena da Silva de Oliveira. Processo de compostagem a base de murumuru (*Astrocaryum* spp.) e seu uso como substrato. **Agrotrópica**, Ilhéus, v. 30, n. 2, p. 109-118, 2018.

ARAÚJO, Ricardo Charles Carvalho. **Parâmetros físico-químicos da compostagem de resíduos agroindustriais na região de Carajás-PA**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas, 2019. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1308>. Acesso em: 30 ago. 2025.

BARBOSA, Kaio Campos; OLIVEIRA, Carlos Douglas de Sousa; MOURA, Raimunda Rosimere de Oliveira. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos na Colônia Reunida, Paragominas, Pará. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, Paragominas, v. 4, n. 9, e 3810, 2023. DOI: 10.47820/recima21.v4i9.3810. Disponível em:

<https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/3810>. Acesso em: 30 ago. 2025.

BEZERRA, Valdenira Silva. **Considerações sobre a palmeira murumuruzeiro (*Astrocaryum murumuru* Mart.)**. Macapá: Embrapa Amapá, 2012. (Comunicado Técnico, 97). Disponível em: http://www.ppmac.org/sites/default/files/murumuru_embrapa.pdf. Acesso em: 30 ago. 2025.

BORGES, Ana Lúcia; SOUZA, Luciano da Silva. **Análise Química do Solo, Interpretação e Recomendações de Calagem e Adubação numa Perspectiva Agroecológica**. [s. l.], 2025. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/902748/1/ANALISEQUIMICASOLOANALUCIABORGES.pdf>. Acesso em: 05 set. 2025.

BRASIL. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 jan. 2004. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/decreto-4954-2004-com-alteracoes-do-dec-8384-2014-planalto.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 30 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009. Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos substratos para plantas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 jul. 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-25-de-23-7-2009-fertilizantes-organicos.pdf/view>. Acesso em: 30 ago. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo. Serviço Social do Comércio. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos**: manual de orientação. Brasília, DF: MMA, 2017. 68 p.

BRITO, Luis Miguel; AMARO, Ana Luisa; MOURÃO, Isabel; COUTINHO, João. Transformação da matéria orgânica e do nitrogênio durante a compostagem da fração sólida do chorume bovino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4

CAMPOS, Adriana Benedita; CAMPOS, Débora Cristina de Oliveira. **A prática da compostagem no manejo sustentável de solos**. Porto Alegre: Biblioteca AGPTEA, 2015. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/adubacao/A%20PRATICA%20DA%20COMPOSTAGEM%20NO%20MANEJO%20SUSTENTAVEL%20DE%20SOLOS.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2025.

COSTA, Aline da Silva; FERREIRA, Cláudio José; SANTOS, José Elias dos; SILVA, Marcos Vinícius. Atributos físicos do solo em sistemas agroflorestais. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 24, n. 9, p. 601-608, 2020. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v24n9p601-608. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/HFsdx85KB5YVhyGDgRnhsVF/?lang=pt>. Acesso em: 30 ago. 2025.

COSTA, Cláudio Silva; FURTINI NETO, Antônio Eduardo; RESENDE, Áureo Viana; SANTOS, Guilherme Augusto dos. Avaliação do teor de alumínio trocável e saturação por alumínio em diferentes usos e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 42, e0170460, 2018. DOI: 10.1590/1806-9657rbcs20170460. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326546126_AVALIACAO_DO_TEOR_DE_ALUMINIO_TROCAVEL_E_SATURACAO_POR_ALUMINIO_EM_DIFERENTES_USOS_E_COBERTURA_DO_SOLO. Acesso em: 30 ago. 2025.

CRAVO, Márcio da Silva; VIÉGAS, Inocêncio de Souza. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. 3. ed. rev. ampl. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2020. p. 63-66. (Documentos, 309). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1127238/1/LV-Recomendacao-Solo-2020-63-66.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2025.

CUNHA, Jorge Soares; SILVA, Maria Aparecida; OLIVEIRA, Thiago Martins de; BARBOSA, Paulo Henrique; PEREIRA, Roberta Andrade. Compostagem: fundamentos e aplicação prática. **Química Nova**, São Paulo, v. 43, n. 8, p. 1095-1103, 2020. DOI: 10.21577/0100-4042.20170573. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/8NDC3SbS8jzYqwSpLBDNzDQ/?lang=pt>. Acesso em: 30 ago. 2025.

DIAS, Luzia Corrêa. **Produção de composto orgânico a base de casca do fruto de cupuaçuzeiro e sua utilização na formação de mudas de tucumazeiro**. 2012. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2012.

DINIZ FILHO, Edimar Teixeira; MESQUITA, Luciene Xavier de; OLIVEIRA, Alan Martins de; NUNES, Carlos Georg Fernandes; LIRA, José Flavinao Barbosa de. A prática da compostagem no manejo sustentável de solos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 2, n. 2, p. 27-36, jul./dez. 2007.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agroflorestral da Amazônia Oriental. **Efeito da aplicação de resíduos orgânicos na qualidade do solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. (Documentos, 97). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/68879/1/Doc97.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2025.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agroflorestral da Amazônia Oriental. **Produção de adubo orgânico a partir de resíduos de agroindústrias**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. (Comunicado Técnico, 105). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/409669/1/com.tec.105.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2025.

EPSTEIN, Eliot. **The Science of Composting**. Boca Raton: CRC Press, 1997.

FERREIRA, Antonio Carlos; OLIVEIRA, Diego Henrique; LIMA, Carla Souza. **Matéria orgânica do solo: importância e manejo sustentável**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2023. (Comunicado Técnico, 309). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1161302/1/Andrade-Materia-organica-2023.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2025.

INÁCIO, Caio de Teves; MILLER, Paul Richard Momsen. **Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. p.154 .

LIMA, Rosiane L. S.; SEVERINO, Liv S.; SOFIATTI, Valdinei; GHEYI, Hans R.; ARRIEL, Nair H. C. Atributos químicos de substrato de composto de lixo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, n. 2, p. 185-192, 2011.

LOPES, Alfredo Scheid. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1998. p. 177.

MARTINS, Maria Maquiane de Sousa; SILVA, John Enzo Vera Cruz da; FUJIYAMA, Bruna Sayuri; MENDONÇA, Moisés de Souza. **Resíduo do açaí como inovação, economia e tecnologia sustentável**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 5., 2020, Recife. Anais [...]. Recife: Instituto Internacional Despertando Vocações, 2020. DOI: 10.31692/2526-7701.COINTER_PDV_Agro.0316.

MASSUKADO, Luciana Miyoko. **Compostagem: nada se cria, nada se perde; tudo se transforma**. 1. ed. Brasília: Editora IFB, 2016. 86 p.

MELO, George Wellington de; BRUNETTO, Gustavo; SCANAGATTA, Volmir; BASSO, Alex. **Modos de distribuição de composto orgânico em viníferas**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2011. (Comunicado Técnico, 104).

MELO, Walber de; BARBOSA, Jaqueline Souza; ANDRADE, Vinícius Ramos; SOUZA, Marília Fernanda; CAMPOS, Luan Rodrigues. **Compostagem e sustentabilidade do solo: revisão de literatura**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 44, e0190122, 2020. DOI: 10.36783/1806-9657rbcs20190122. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/BZrSDt3SwXcvrknlRyhLPmq/?lang=pt>. Acesso em: 30 ago. 2025.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Cartilha de compostagem. São Paulo: CODEAGRO/SENAR, 2021. Disponível em: <https://codeagro.agricultura.sp.gov.br/uploads/capacitacao/cartilha-compostagem-SENAR.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2025.

SCHALLENBERGER, Euclides; REBELO, José Angelo; CANTÚ, Rafael Ricardo. **Avaliação da concentração e da relação de nutrientes na compostagem de diferentes matérias-primas**. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 78-82, mar./jul. 2015.

SILVA, Ana Lucia Farias da. **Atributos químicos e biológicos no solo do uso da compostagem da casca de mandioca**. Rio Branco, 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2010.

SILVA, Juliana Lima da; SILVA, Robson José. **Estudo da compostagem doméstica como instrumento de sustentabilidade ambiental e melhoria da qualidade de vida: uma revisão bibliográfica**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

SOARES, Alessandra Cristina de Lima. **Compostagem de resíduos de polpas de frutas: compostagem, uso na produção de mudas e disseminação de conhecimentos**. 2022. 85 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) - Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro, 2022.

SOBRAL, Lafayette Franco; BARRETTO, Marcos Cabral de Vasconcellos; SILVA, Airon José da; ANJOS, Joézio Luiz dos. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solo**. Aracaju: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros Costeiros, ISSN o 1678-1953; 206). Disponível em: <www.bdpa.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 8 set. 2025.

TEIXEIRA, Leopoldo Brito; GERMANO, Vera Lúcia C.; OLIVEIRA, Raimundo F. de; JÚNIOR, José Furlan. **Processos de compostagem usando resíduos das agroindústrias de açaí e de palmito do açazeiro**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. (Circular Técnica, 41).

TEIXEIRA, Leopoldo Brito; OLIVEIRA, Raimundo Freire de; JUNIOR, José Furlan; GERMANO, Vera Lúcia Campos. **Características Químicas de Composto Orgânico Produzido com Lixo Orgânico, Carço de Açaí, Capim e Serragem**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 4 p. (Comunicado Técnico, 105).

TEIXEIRA, Leopoldo Brito; OLIVEIRA, Raimundo Freire de; JÚNIOR, José Furlan; JÚNIOR, Lucivaldo Serrão Costeira; GERMANO, Vera Lúcia Campos. **Avaliação da maturação de composto orgânico produzido com lixo orgânico urbano nos municípios de Barcarena e Moju, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. (Comunicado Técnico, 104).

TEÓFILO, C. R.; SANTOS, N. A. V.; GANDARA, A. P. A.; FERNANDES, D. S. M.; OLIVEIRA, T. J. P. de; MAGRIOTIS, Z. M. Comparação dos rendimentos dos produtos de pirólise de oleaginosas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 22.; ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE O ENSINO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 17., 2018, São Paulo. Anais eletrônicos. [S. l.]: [s. n.], 2018.

WADT, Paulo Guilherme dos Santos; CRAVO, Manoel da Silva. Interpretação de resultados de análises de solos. In: WADT, Paulo Guilherme dos Santos (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p. 245-252.