



Uema
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO MARANHÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
QUÍMICA LICENCIATURA

LAURA CRISTINA PRASERES DA SILVA LOIOLA

**VASOS AGRÍCOLAS À BASE DE BIOCOMPÓSITOS DE CAROÇO DE AÇAÍ
(*Euterpe Oleracea* MART.) E LITHOTHAMNIUM: AVALIAÇÃO DO
CRESCIMENTO DE MUDAS**

SÃO LUÍS – MA
2025

LAURA CRISTINA PRASERES DA SILVA LOIOLA

**VASOS AGRÍCOLAS À BASE DE BIOCOMPÓSITOS DE CAROÇO DE AÇAÍ
(*Euterpe Oleracea* MART.) E LITHOTHAMNIUM: AVALIAÇÃO DO
CRESCIMENTO DE MUDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Química da Universidade Estadual do
Maranhão – UEMA para a obtenção do grau de
licenciatura em Química.

Orientador: Prof. Dr. Péricles Mendes Nunes

SÃO LUÍS - MA
2025

Loiola, Laura Cristina Praseres da Silva.

Vasos agrícolas à base de biocompósitos de caroço de açaí (Euterpe Oleracea MART.) e Lithothamnium: avaliação do crescimento de mudas. / Laura Cristina Praseres da Silva Loiola – São Luís, MA, 2025.

30f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Química Licenciatura) – Universidade Estadual do Maranhão, Campus Paulo VI, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Péricles Mendes Nunes.

1. Sustentabilidade. 2. Biocompósitos. 3. Açaí. 4. Lithothamnium. 5. Agricultura.
I. Título.

CDU: 630*233

LAURA CRISTINA PRASERES DA SILVA LOIOLA

**VASOS AGRÍCOLAS À BASE DE BIOCOMPÓSITOS DE CAROÇO DE AÇAÍ
(*Euterpe Oleracea* MART.) E LITHOTHAMNIUM: AVALIAÇÃO DO
CRESCIMENTO DE MUDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Química da Universidade Estadual do
Maranhão – UEMA para a obtenção do grau de
licenciatura em Química.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **PERICLES MENDES NUNES**
Data: 24/07/2025 21:05:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Péricles Mendes Nunes (Orientador)
Departamento de Química – UEMA

Documento assinado digitalmente
 **ILNA GOMES DA SILVA**
Data: 24/07/2025 21:38:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Ma Ina Gomes da Silva
Departamento de Química – UEMA

Documento assinado digitalmente
 **JORGE LUIZ DE OLIVEIRA FORTES**
Data: 25/07/2025 08:16:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr Jorge Luís de Oliveira Fortes
Departamento de Biologia– UEMA

Ao meu pai e avô, Daniel Gonsioroski que sempre lutou minhas batalhas, chorou minhas lágrimas e comemorou minhas vitórias. Hoje não se faz mais presente, mas viverá pra sempre em mim.

E a Deus, pois pode faltar tudo, menos Ele.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder força, sabedoria e resiliência para superar os desafios e chegar até aqui. Sou grata por ter escutado meus choros e me dado motivos para levantar nos meses em que não queria mais continuar.

Dedico este trabalho, em especial, ao meu avô, que foi, é e sempre será uma figura paterna fundamental em minha trajetória. Tudo o que sou e conquistei até aqui carrego com muito orgulho dos seus ensinamentos, amor, dedicação e exemplo. Infelizmente, ele não pôde estar presente fisicamente para testemunhar a realização deste sonho — que também era dele —, de me ver ingressar e concluir a universidade. No entanto, sua presença vive em mim e em cada conquista que levo para a vida.

Aos meus pais, que, mesmo não apoiando 100% o meu sonho, têm orgulho de ter uma filha que conquistou uma universidade estadual e ter virado professora.

Às minhas irmãs e à minha família adotiva: Vanda, Talita, Thaisa, Emilly, Mika, Kamilla, Kelly, Kesia, Tia Paula e Bella — por serem tão presentes na minha vida e por sempre me aplaudirem tão alto que nem percebi quem não estava lá.

Aos meus melhores amigos de sempre: Emanuelle, Lucas e Matheus — que seguraram minha mão e disseram que eu iria conseguir; por tomarem minhas dores e pularem de alegria com cada conquista. Vocês estiveram lá desde do início, passando pelas tristezas até a alegria. Sem vocês, isso não seria possível.

À nossa “panelinha feliz”: Luzângela (que, graças a Deus, colocou Lucas na minha vida), Carol Serra, Carol Lima, Bianca, Larissa, Thaynara, Gabriella e Flor — que oraram por mim e por esse momento, mostrando que o fardo pode ser mais leve quando temos por perto aqueles dispostos a interceder por nós e amenizar nossas dores.

Ao meu quarteto “processemos”, que levo com carinho no coração. A universidade poderia ter me dado apenas colegas, mas me deu vocês, que me acolheram de verdade: Jéssica, que me ensinou a ver o mundo com outros olhos — um mundo lindo, que merece ser vivido; Gustavo, que me mostrou do que somos capazes quando amamos alguém e acreditamos em algo; e Cleilson, que sempre teve o cuidado de lutar pelos seus com coragem.

Aos meus amigos Felipe Sampaio, Marcos Keylon, André Lucas, Pedro Lucas e Alice Natália — obrigada por acreditarem em mim, por serem amigos além do curso e de carona

para universidade, amigos que choram e comemoram comigo. Obrigada por permanecerem e aguentarem minhas crises.

Ao meu namorado, José Gabriel — que me aguentou em tantos momentos de reclamação, mas não me deixou desistir. Esteve ao meu lado nos momentos cruciais e orou a Deus para que eu tivesse forças para continuar.

À Profa. Dra. Raquel Maria Trindade Fernandes, pela primeira oportunidade de desenvolver pesquisa na UEMA e expandir meus horizontes.

Expresso minha profunda gratidão ao meu professor e orientador, Péricles Nunes, não apenas pela orientação, apoio, paciência e dedicação indispensáveis ao desenvolvimento desta pesquisa, mas também por ter acreditado no meu potencial acadêmico. Seu incentivo e confiança foram fundamentais para o meu crescimento como estudante e como pessoa dentro da UEMA, permitindo que eu me reconhecesse enquanto acadêmica de Química, capaz de enfrentar desafios e alcançar meus objetivos.

Agradeço à Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), pela formação de qualidade e pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa. Ao Programa PIBIT, pelo incentivo à iniciação científica, essencial na construção deste trabalho.

Estendo, ainda, minha gratidão ao Laboratório de Pesquisa Animal e Bromatologia da UEMA, que ofereceu estrutura e suporte para a realização dos experimentos, bem como ao grupo de pesquisa, que esteve ao meu lado durante todo o processo, compartilhando conhecimento, apoio e companheirismo.

A cada um que, direta ou indiretamente (sim, até a baratinha), fez parte desta caminhada, minha eterna gratidão.

“Não importa o quanto você tente, a vida nunca será perfeita. Sempre haverá algo para se preocupar, algo para se lamentar. Mas isso não significa que a vida não valha a pena. ”

-A Biblioteca Da Meia Noite

RESUMO

A crescente preocupação com a poluição plástica e a busca por alternativas sustentáveis motivaram o desenvolvimento de vasos biodegradáveis a partir de resíduos agroindustriais. Este estudo teve como objetivo produzir e avaliar o desempenho agrônômico de vasos compostos por caroços de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e *Lithothamnium calcareum*. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tipos de vaso, duas culturas e dois fatores adicionais: com adubação e sem adubação. Primeiramente, realizou-se o processamento das matérias-primas, seguido da formulação dos vasos com diferentes proporções e testes de resistência, finalizando com o plantio das culturas de cebolinha e tomate cereja. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e, em seguida, ao teste t pareado. Observou-se que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tipos de vaso. Os resultados demonstraram que os vasos biodegradáveis favoreceram o crescimento de cebolinha e tomate cereja, especialmente na ausência de adubo, quando comparados aos vasos de cimento e gesso. Diante disso, os vasos biodegradáveis representam uma alternativa sustentável viável, com potencial para promover melhorias no solo e na produtividade agrícola, contribuindo para práticas mais responsáveis ambientalmente.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Biocompósitos, Açaí, Lithothamnium, Agricultura, Resíduos.

ABSTRACT

The growing concern about plastic pollution and the search for sustainable alternatives motivated the development of biodegradable and bioerodible pots made from agro-industrial residues. This study aimed to produce and evaluate the agronomic performance of pots composed of açai seeds (*Euterpe oleracea* Mart.) and *Lithothamnium calcareum*. The experimental design was completely randomized, with three types of pots, two crops, and two additional factors: with and without fertilization. Initially, the raw materials were processed, followed by the formulation of the pots with different proportions and resistance tests, culminating in the cultivation of chives, and cherry tomatoes. The collected data were subjected to analysis of variance, followed by a paired t-test. A significant difference was observed ($p \leq 0.05$) between the types of pots. The results showed that biodegradable pots favored the growth of chives and cherry tomatoes, especially in the absence of fertilizer, when compared to cement and gypsum pots. Therefore, biodegradable pots represent a viable sustainable alternative, with the potential to improve soil quality and agricultural productivity, contributing to more environmentally responsible practices.

Keywords: Sustainability, Biocomposites, Açai, Lithothamnium, Agriculture, Waste.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. METODOLOGIA.....	6
2.1. Formulas e equações.....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
4. CONCLUSÃO.....	15
REFERÊNCIAS.....	17

APRESENTAÇÃO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso é apresentado sob a forma de artigo intitulado **Vasos agrícolas à base de biocompósitos de caroço de açaí (*euterpe oleracea* mart.) e *lithothamnium*: avaliação do crescimento de mudas**, publicado na revista **Observatorio de La Economía Latinoamericana | (OLEL)**.

Este artigo apresenta a análise das matérias-primas utilizadas na produção de vasos biodegradáveis, focando nos compostos presentes em misturas de caroço de açaí, *lithothamnium*, fibra de açaí e gesso. A pesquisa também aborda a caracterização física desses materiais e compara o desempenho agrônômico de vasos biodegradáveis com vasos de cerâmica e cimento, destacando suas propriedades e efeitos sobre o crescimento das plantas.

Vasos agrícolas à base de biocompósitos de caroço de açaí (*Euterpe Oleracea mart.*) E Lithothamnium: avaliação do crescimento de mudas

Agricultural pots based on açaí (*Euterpe Oleracea mart.*) Seed and Lithothamnium biocomposites: seedling growth assessment

Macetas agrícolas a base de biocompuestos de semilla de açaí (*Euterpe Oleracea mart.*) Y Lithothamnium: evaluación del crecimiento de plántulas

DOI: 10.55905/oelv23n7-038

Receipt of originals: 6/6/2025

Acceptance for publication: 6/30/2025

Laura Cristina Praseres da Silva Loiola

Graduanda em Química

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: loiola_cris@hotmail.com

Jéssica Cristine Silva Gonçalves

Graduanda em Química

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

Endereço: São José de Ribamar, Maranhão, Brasil

E-mail: jessicagnx1@gmail.com

Rafisa Emanuelle Chaves Costa

Graduando em Química

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

Endereço: Paço do Lumiar, Maranhão, Brasil

E-mail: rafisaemanuelle@gmail.com

Gabriela Duarte Silva

Doutora em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

Endereço: Paço do Lumiar, Maranhão, Brasil

E-mail: gabrielasilva@professor.uema.br

Valéria Xavier de Oliveira Apolinário

Doutora em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: valeriaapolinario@cca.uema.br

Serlyjane Penha Hermano Nunes

Doutora em Ciências

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: serlyjane.phn@ufma.br

Péricles Mendes Nunes

Doutor em Biotecnologia

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: periclesnunes@professor.uema.br

RESUMO

A crescente preocupação com a poluição plástica e a busca por alternativas sustentáveis motivaram o desenvolvimento de vasos biodegradáveis a partir de resíduos agroindustriais. Este estudo teve como objetivo produzir e avaliar o desempenho agrônomo de vasos compostos por caroços de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e *Lithothamnium calcareum*. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tipos de vaso, duas culturas e dois fatores adicionais: com adubação e sem adubação. Primeiramente, realizou-se o processamento das matérias-primas, seguido da formulação dos vasos com diferentes proporções e testes de resistência, finalizando com o plantio das culturas de cebolinha e tomate cereja. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e, em seguida, ao teste t pareado. Observou-se que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tipos de vaso. Os resultados demonstraram que os vasos biodegradáveis favoreceram o crescimento de cebolinha e tomate cereja, especialmente na ausência de adubo, quando comparados aos vasos de cimento e gesso. Diante disso, os vasos biodegradáveis representam uma alternativa sustentável viável, com potencial para promover melhorias no solo e na produtividade agrícola, contribuindo para práticas mais responsáveis ambientalmente.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Biocompósitos, Açaí, *Lithothamnium*, Agricultura, Resíduos.

ABSTRACT

The growing concern about plastic pollution and the search for sustainable alternatives motivated the development of biodegradable and bioerodible pots made from agro-industrial residues. This study aimed to produce and evaluate the agronomic performance of pots composed of açaí seeds (*Euterpe oleracea* Mart.) and *Lithothamnium calcareum*. The experimental design was completely randomized, with three types of pots, two crops, and two additional factors: with and without fertilization. Initially, the raw materials were processed, followed by the formulation of the pots with different proportions and resistance tests, culminating in the cultivation of chives, and cherry tomatoes. The collected data were subjected to analysis of variance, followed by a paired t-test. A significant difference was observed ($p \leq 0.05$) between the types of pots. The results showed that bio-

degradable pots favored the growth of chives and cherry tomatoes, especially in the absence of fertilizer, when compared to cement and gypsum pots. Therefore, biodegradable pots represent a viable sustainable alternative, with the potential to improve soil quality and agricultural productivity, contributing to more environmentally responsible practices.

Keywords: Sustainability, Biocomposites, Açaí, Lithothamnium, Agriculture, Waste.

RESUMEN

La creciente preocupación por la contaminación plástica y la búsqueda de alternativas sostenibles motivaron el desarrollo de macetas biodegradables y bioerosionables a partir de residuos agroindustriales. Este estudio tuvo como objetivo producir y evaluar el rendimiento agronómico de macetas compuestas por semillas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) y *Lithothamnium calcareum*. El diseño experimental fue completamente al azar, con tres tipos de macetas, dos cultivos y dos factores adicionales: con y sin fertilización. Inicialmente, se realizó el procesamiento de las materias primas, seguido de la formulación de las macetas con diferentes proporciones y pruebas de resistencia, finalizando con el cultivo de cebollín y tomate cherry. Los datos recolectados se sometieron a un análisis de varianza y luego a una prueba t pareada. Se observó una diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre los tipos de macetas. Los resultados demostraron que las macetas biodegradables favorecieron el crecimiento del cebollín y del tomate cherry, especialmente en ausencia de fertilizante, en comparación con las macetas de cemento y yeso. Por lo tanto, las macetas biodegradables representan una alternativa sostenible viable, con potencial para mejorar la calidad del suelo y la productividad agrícola, contribuyendo a prácticas más responsables con el medio ambiente.

Palabras clave: Sostenibilidad, Biocompuestos, Açaí, Lithothamnium, Agricultura, Residuos.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do último século, o plástico consolidou-se como um dos materiais mais utilizados mundialmente devido às suas características como versatilidade, leveza, durabilidade e capacidade de substituir materiais tradicionais (Sousa, 2024). No entanto, o consumo desenfreado desse material, aliado à má gestão de seus resíduos, desencadeou uma crise ambiental de proporções globais, marcada pelo acúmulo de resíduos plásticos nos ambientes terrestre e aquático. Dados da Organização das Nações Unidas (ONU, 2018) e do World Wide Fund for Nature (WWF, 2019) apontam que o Brasil ocupa a quarta posição no ranking mundial de geração de resíduos plásticos, produzindo cerca de

11,3 milhões de toneladas por ano, dos quais apenas 1,28% é efetivamente reciclado.

A preocupação com os resíduos sólidos não se limita apenas aos centros urbanos. Na agricultura, o uso de plásticos convencionais se tornou prática recorrente, aplicado em estufas, embalagens, sistemas de irrigação, lonas e, especialmente, em vasos para mudas.

Apesar de sua eficácia na proteção e no aumento da produtividade, esses materiais apresentam uma grande resistência à biodegradação, o que implica em acúmulo no ambiente, degradação da qualidade do solo e geração de microplásticos (Vox *et al.*, 2016; Maalouf; Mavropoulos, 2023). Os impactos negativos incluem desde a alteração das propriedades físicas e químicas do solo, com redução na infiltração de água, compactação e diminuição da atividade microbiana, até danos à biota local, prejudicando o equilíbrio dos ecossistemas e comprometendo a sustentabilidade dos sistemas produtivos (Sousa, 2024).

Esse panorama evidencia a necessidade urgente de adoção de práticas sustentáveis, que passam pela gestão eficiente dos resíduos sólidos e pela substituição de materiais convencionais por alternativas ecologicamente corretas. A busca por soluções que conciliem viabilidade econômica, desempenho técnico e responsabilidade ambiental tem impulsionado pesquisas no desenvolvimento de materiais biodegradáveis, como os biocompósitos, que surgem como uma alternativa promissora para diversos setores, incluindo a agricultura (Bitencourt *et al.*, 2017; Soares; Mazieri, 2023).

Os biocompósitos são materiais formados pela combinação de uma matriz, geralmente um polímero biodegradável, e reforços naturais como fibras vegetais, minerais ou resíduos agroindustriais. Essa estruturação permite não apenas reduzir a dependência de recursos fósseis, como também agregar valor a resíduos que seriam descartados, alinhando-se aos princípios da economia circular (Ribeiro, 2019). Além disso, a decomposição natural desses materiais no ambiente resulta em produtos não tóxicos, contribuindo para os ciclos biogeoquímicos, como os ciclos do carbono e do nitrogênio (Gaylarde; Bellinaso, 2005; Martins, 2003).

Dentro desse contexto, destaca-se o caroço de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), um subproduto abundante do processamento desse fruto, amplamente consumido na região Amazônica e em outras partes do Brasil. O caroço representa entre 80% e 85% do peso

total do fruto, gerando um volume significativo de resíduos (Nogueira; Figueiredo; Müller, 2005; IBGE, 2020). Apesar de seu grande potencial de reaproveitamento, o descarte inadequado dos caroços ainda é uma realidade que contribui para a poluição de solos, corpos d'água e emissões de gases. Estudos demonstram que o caroço apresenta alto teor de fibras (80,9% de fibra em detergente neutro) e uma composição que favorece sua utilização na formulação de compostos orgânicos, adubos, substratos agrícolas e, mais recentemente, na produção de biocompósitos (Lima, 2017).

Além das fibras oriundas do caroço de açaí, materiais de origem marinha também têm se mostrado promissores para aplicações sustentáveis. É o caso da alga calcária *Lithothamnium calcareum*, pertencente ao grupo das *rodofíceas*, que possui paredes celulares ricas em carbonato de cálcio e magnésio, além de mais de 20 oligoelementos essenciais, como ferro, manganês, boro, níquel, cobre, zinco, molibdênio e selênio (Carlos *et al.*, 2011; Ramos *et al.*, 2023). Essa composição faz com que o *Lithothamnium* seja amplamente utilizado como corretivo agrícola, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, neutralizando a acidez e fornecendo nutrientes essenciais para o desenvolvimento saudável das plantas (Hafle *et al.*, 2009; Calcário Marinho, 2023).

A associação desses dois resíduos – caroço de açaí e *Lithothamnium calcareum* – na formulação de vasos biodegradáveis representa uma estratégia eficiente e alinhada aos princípios da sustentabilidade. O caroço, com sua alta concentração de fibras, oferece uma estrutura resistente e porosa, favorecendo a aeração e retenção hídrica, aspectos fundamentais para o crescimento vegetal. Por sua vez, o *Lithothamnium* contribui para a resistência mecânica do material, além de atuar como fonte lenta de nutrientes para o solo, liberados à medida que o vaso se degrada naturalmente (Ramos *et al.*, 2023).

Ademais, o desenvolvimento de vasos biodegradáveis se mostra como uma solução eficiente não apenas para a gestão de resíduos, mas também para a redução do uso de plásticos derivados do petróleo na agricultura. Esses vasos, além de serem ambientalmente corretos, apresentam a vantagem de serem diretamente plantados no solo, onde se decompõem gradativamente, liberando nutrientes que favorecem o desenvolvimento das mudas e eliminando a necessidade de remoção, o que reduz custos e impactos ambientais.

Portanto, a utilização de resíduos agroindustriais e marinhos na produção de biocompósitos agrícolas como vasos biodegradáveis não só contribui para a mitigação dos impactos ambientais causados pelo acúmulo de resíduos sólidos, como também fortalece práticas agrícolas mais sustentáveis, promovendo a conservação dos recursos naturais e estimulando a adoção de modelos produtivos baseados na bioeconomia.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver vasos biodegradáveis a partir de resíduos de caroço de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e pó de *Lithothamnium calcareum*, buscando avaliar suas propriedades físico-químicas, sua resistência estrutural e sua viabilidade como alternativa sustentável aos vasos convencionais utilizados na agricultura.

Dessa forma, pretende-se propor uma solução viável, de baixo custo e ambientalmente responsável, capaz de contribuir para a redução dos impactos causados pelo descarte inadequado de resíduos sólidos e pela utilização de materiais plásticos na atividade agrícola.

2 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia (LANAB) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), onde foram executadas as etapas de processamento das matérias-primas, formulação dos vasos biodegradáveis e condução do experimento vegetal.

a) Obtenção e Processamento das Matérias-Primas:

Os caroços de açaí foram coletados na feira do Maiobão, em São José de Ribamar do Maranhão, logo após foi realizado uma limpeza com enxágue repetitivo em água, usando o método de separação sólido-sólido para remoção de impurezas, e o resíduo da sua fibra foi retirada manualmente, descascando-os. Em seguida, foram colocados na estufa a 105°C por 24 horas para a secagem, eliminando qualquer tipo umidade antes da moagem. O processamento foi realizado em moinho de facas, resultando em um pó fino com granulometria adequada para a formulação dos vasos. Já o *Lithothamnium* foi fornecido pela empresa BMO (Brasil Mineração Oceânica), com apoio formal à pesquisa mediante doação de amostras e suporte técnico e foi adquirido na forma de grão e utilizado

em duas granulometrias distintas: uma versão pura e outra mais fina (70 mesh). Foram realizados testes utilizando diferentes proporções e aglomerantes naturais, como amido, argila e gesso, seguidos pela moldagem dos vasos em formas de silicone, etapa que foi concluída com a secagem e a avaliação inicial das estruturas produzidas.

b) Desenvolvimento do Experimento Vegetal:

Para avaliar o desempenho agrônômico dos vasos produzidos, foi realizado um experimento com três espécies de interesse social e econômico: cebolinha (*Allium fistulosum*) e tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com arranjo fatorial $3 \times 2 \times 3$, com duas repetições por tratamento, totalizando 27 amostras. Os fatores experimentais foram:

- Tipos de vaso: biodegradável (VB), gesso (VG) e cimento (VC);
- Sistemas de adubação: com adubo (CA) e sem adubo (AS);
- Culturas plantadas: Cebolinha (CEB) e tomate cereja (TC).

c) Procedimentos Experimentais:

A preparação dos vasos foi realizada de forma padronizada, garantindo que todos os recipientes apresentassem o mesmo volume e dimensões, diferenciando-se apenas pelo tipo de material utilizado. O plantio consistiu na semeadura inicial das sementes em miniestufas e, após a germinação, as plantas foram mantidas em ambiente controlado, com condições padronizadas de irrigação, luminosidade e temperatura.

As primeiras formulações foram realizadas com pó de caroço de açaí, *Lithothamnium*, água e amido de milho, porém os vasos resultantes não apresentaram resistência suficiente, desintegrando-se após a secagem. Em uma segunda tentativa, a argila foi adicionada à mistura, buscando melhorar a aderência entre as partículas. No entanto, a argila também não conferiu a coesão necessária, e os vasos continuaram estruturalmente instáveis. A formulação que obteve melhores resultados incluiu gesso natural, garantindo maior resistência e estabilidade. As proporções finais foram compostas por:

Tabela 1: Proporções dos materiais

PROPORÇÕES	
PESAGEM	MATERIAL
280 g	Lithothamnium puro
110 g	Pó de caroço de açaí
5 g	Fibra de açaí
60 g	Lithothamnium (70 mesh)
345 g	Gesso natural
270 mL	Água

Fonte: Autor, 2025

Com essas medidas, foram moldados cinco vasos, que após a secagem apresentaram rigidez adequada e mantiveram a integridade estrutural. Além dos vasos biodegradáveis formulados, foram confeccionados vasos de cerâmica e cimento como modelos de controle. Os vasos de cerâmica foram moldados em gesso industrial, enquanto os vasos de cimento foram moldados com cimento e areia e deixados para secar na estufa de 105°.

d) Avaliação e Coleta de dados

Após a produção dos vasos biodegradáveis e dos modelos de controle (gesso e cimento), foi conduzido um experimento de plantio com o objetivo de avaliar o desempenho agrônomo das diferentes formulações. O experimento contou com o desenvolvimento inicial de espécies hortícolas cultivadas em condições controladas, comparando aspectos como germinação, taxa de crescimento e vigor das plantas.

O plantio foi realizado manualmente, respeitando a profundidade ideal de cada semente, previamente umedecendo o substrato. Cada vaso recebeu aproximadamente a mesma quantidade de substrato (em volume), e as regas foram feitas de forma padronizada, duas vezes ao dia, com volume fixo de água, para garantir uniformidade nas condições de crescimento. Os vasos foram mantidos em local ventilado e com boa incidência de luz natural indireta.

A germinação foi monitorada diariamente e as primeiras medições de crescimento foram feitas a partir do terceiro dia após o plantio, utilizando uma régua milimetrada para registrar a altura média das plântulas em cada grupo. As medições seguiram um cronograma fixo: dia 3, dia 5, dia 10, dia 12 e dia 21 (três semanas).

e) Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância, para verificar a significância estatística entre os grupos, seguida aplicamos o Teste t de Student para amostras pareadas, comparando o crescimento das plantas em vasos biodegradáveis em relação aos de cimento e gesso, nas condições sem adubação.

A análise foi conduzida com auxílio da biblioteca `scipy.stats` do Python, adotando nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os valores de t e p foram interpretados para verificar se as diferenças entre os tratamentos foram estatisticamente significativas.

2.1 FORMULAS E EQUAÇÃO

Para avaliar se houve diferenças estatisticamente considerável no crescimento das plantas entre os diferentes tipos de vasos, foi aplicado o Teste t de Student para amostras pareadas. Esse teste estatístico é utilizado para comparar dois grupos relacionados, ou seja, que compartilham características semelhantes, como ocorreu no presente experimento em que as mesmas espécies foram cultivadas sob condições semelhantes, variando apenas o tipo de vaso utilizado. No caso, o valor t representa a razão entre a média das diferenças dos pares e o erro padrão dessas diferenças, indicando a magnitude da diferença entre os grupos. Já o valor p corresponde à probabilidade de que essa diferença tenha ocorrido ao acaso. Quando $p \leq 0,05$, considera-se que a diferença é estatisticamente significativa.

A aplicação do teste teve como objetivo verificar se o tipo de vaso (biodegradável, cimento ou gesso) influenciou de forma notável o crescimento final das plantas no 21º dia de cultivo. Para isso, foram comparados os pares de valores correspondentes ao crescimento das mesmas espécies plantadas em diferentes vasos, mas sob condições controladas de adubação (com e sem adubo).

Fórmula do Teste t pareado:

$$T = \frac{d}{sd/\sqrt{n}} \quad (1)$$

d : média das diferenças entre os pares (ex: crescimento em vaso biodegradável x vaso de cimento);

Sd : desvio padrão das diferenças;

$\sqrt{n}$: número de pares (número de comparações realizadas).

A hipótese nula (H_0) assume que não há diferença média entre os grupos, enquanto a hipótese alternativa (H_1) considera que existe uma diferença significativa.

O teste foi aplicado separadamente para:

- Tomate cereja sem adubo: Biodegradável vs Cimento; biodegradável vs Gesso.
- Cebolinha sem adubo: Biodegradável vs Cimento; biodegradável vs Gesso.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

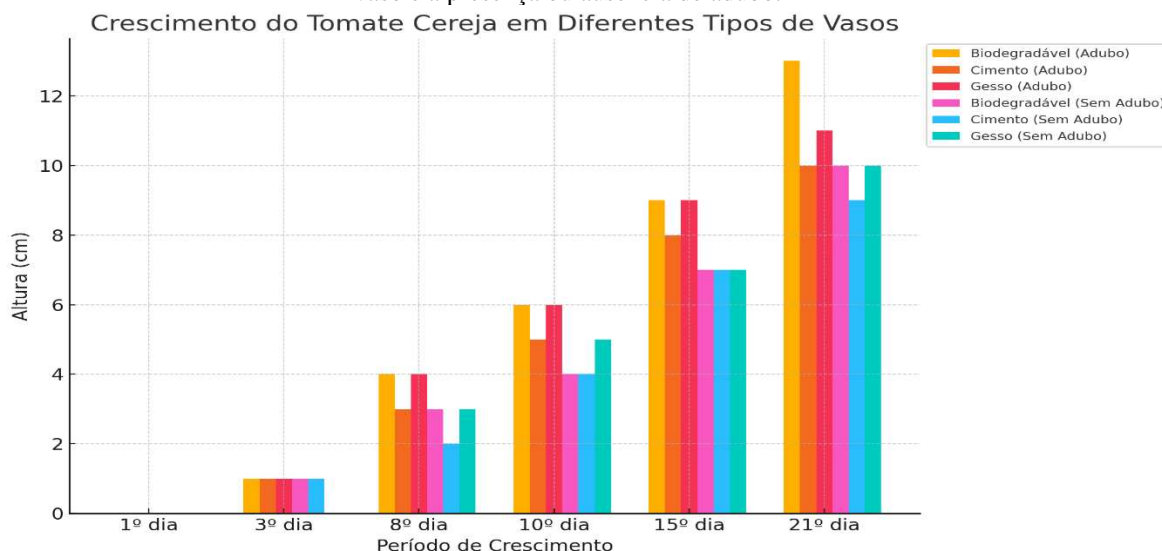
Durante o período de observação, as plantas cultivadas nos vasos biodegradáveis apresentaram um desenvolvimento superior, tanto em termos de velocidade quanto de crescimento total. As Tabelas abaixo apresentam os dados médios de crescimento observados para cada grupo de tratamento.

Tabela 2: Crescimento (cm) do tomate cereja em diferentes vasos ao longo de 21 dias.

TIPO DE VASO	ADUBO	DIA 1	DIA 3	DIA 8	DIA 10	DIA 15	DIA 21
Biodegradável	Sim	0 cm	1 cm	4 cm	6 cm	9 cm	13 cm
Biodegradável	Não	0 cm	1 cm	3 cm	4 cm	7 cm	10 cm
Cimento	Sim	0 cm	1 cm	3 cm	5 cm	8 cm	10 cm
Cimento	Não	0 cm	0 cm	2 cm	4 cm	7 cm	9 cm
Gesso	Sim	0 cm	1 cm	4 cm	6 cm	9 cm	11 cm
Gesso	Não	0 cm	0 cm	3 cm	5 cm	7 cm	10 cm

Fonte: Autor, 2025

Gráfico 1: Crescimento absoluto (em cm) do tomate cereja ao longo dos dias, de acordo com o tipo de vaso e a presença ou ausência de adubo.



Fonte: Autor, 2025

Ao analisar cada modo de plantio, nota-se que, os vasos biodegradáveis proporcionaram melhor desenvolvimento das plantas, especialmente quando associados ao uso de adubo, atingindo 13 cm ao final dos 21 dias. Mesmo sem adubo, o desempenho ainda foi satisfatório, chegando a 10 cm, o que indica que esse material favorece boas condições para o crescimento vegetal.

Os vasos de gesso também apresentaram resultados positivos, com crescimento de até 11 cm na condição adubada e 10 cm sem adubo, evidenciando que o material consegue manter características adequadas ao desenvolvimento das plantas, embora com desempenho inferior ao vaso biodegradável quando adubado.

Por outro lado, os vasos de cimento foram os que apresentaram os menores índices de crescimento, chegando a 10 cm na condição com adubo e 9 cm sem adubação. Isso indica que esse material oferece menor eficiência para o desenvolvimento das mudas, possivelmente devido à baixa porosidade e características que dificultam a retenção de umidade e a troca gasosa.

De maneira geral, observa-se que a adubação potencializa o desenvolvimento em todos os tipos de vasos, mas o material utilizado exerce influência significativa, sendo os

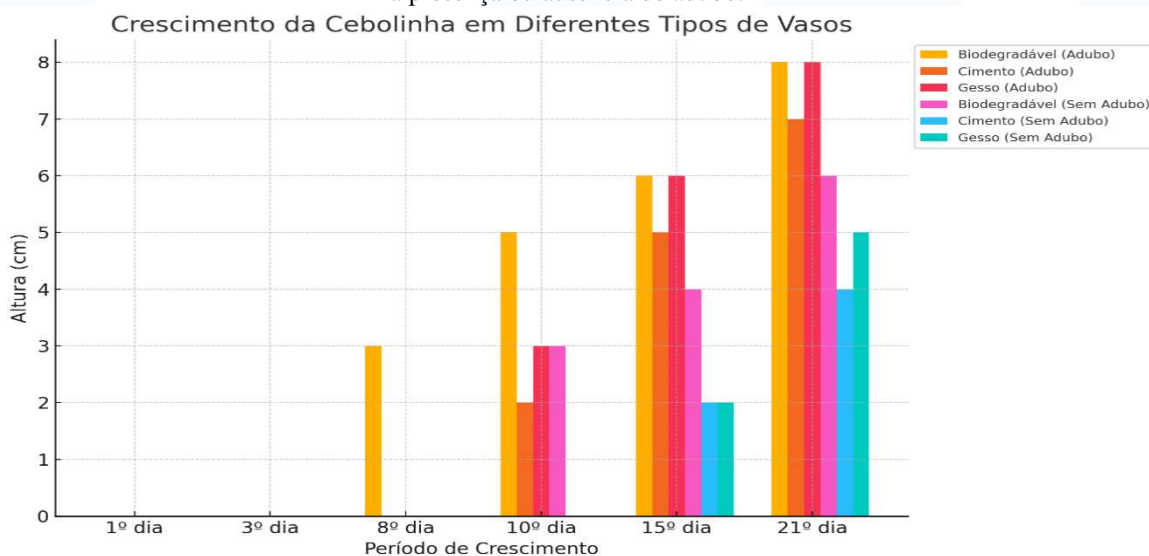
biodegradáveis mais eficientes, seguidos pelos vasos de gesso e, por último, os de cimento.

Tabela 3 Crescimento (cm) da cebolinha em diferentes vasos ao longo de 21 dias.

TIPO DE VASO	ADUBO	DIA 1	DIA 3	DIA 8	DIA 10	DIA 15	DIA 21
Biodegradável	Sim	0 cm	0 cm	3 cm	5 cm	6 cm	8 cm
Biodegradável	Não	0 cm	0 cm	0 cm	3 cm	4 cm	6 cm
Cimento	Sim	0 cm	0 cm	0 cm	2 cm	5 cm	7 cm
Cimento	Não	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	2 cm	4 cm
Gesso	Sim	0 cm	0 cm	0 cm	3 cm	6 cm	8 cm
Gesso	Não	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	2 cm	5 cm

Fonte: Autor, 2025

Gráfico 2: Crescimento absoluto (em cm) da cebolinha ao longo dos dias, de acordo com o tipo de vaso e a presença ou ausência de adubo.



Fonte: Autor, 2025

As plantas cultivadas em vasos biodegradáveis e de gesso apresentaram os melhores resultados na condição adubada, alcançando 8 cm ao final dos 21 dias.

Na ausência de adubo, o crescimento foi visivelmente menor em todos os vasos. No vaso biodegradável, o desenvolvimento chegou a 6 cm, enquanto no de gesso foi de

5 cm. O vaso de cimento apresentou o menor desempenho, tanto com adubo (7 cm) quanto sem (4 cm), reforçando que esse material oferece condições menos favoráveis para o desenvolvimento da planta.

É notório que durante a observação do experimento nos primeiros dias, o crescimento foi lento em todos os tratamentos, com evolução mais significativa a partir do décimo dia, principalmente nas condições com adubo. Esse comportamento sugere que a cebolinha possui um desenvolvimento inicial mais lento, sendo mais sensível às condições do meio e à disponibilidade de nutrientes.

Tabela 4 Resultados do Teste t – Tomate cereja sem adubo

Interação	Média Biodegradável	Média Comparado	Desvio Biodegradável	Desvio Comparado	T	P	Significativo?
Biodegradável vs Cimento	10,33	8,66	0,58	0,58	2,50	0,1296	Não ($p > 0,05$)
Biodegradável vs Gesso	10,33	9,66	0,58	0,58	1,00	0,4226	Não ($p > 0,05$)

Fonte: Autor, 2025

Tabela 5 Resultados do Teste t – Cebolinha sem adubo

Interação	Média Biodegradável	Média Comparado	Desvio Biodegradável	Desvio Comparado	t	p	Significativo?
Biodegradável vs Cimento	6,00	3,33	0,00	0,57	8,00	0,0152	Sim ($p < 0,05$)
Biodegradável vs Gesso	6,00	4,00	0,00	1,00	3,46	0,0741	Não ($p > 0,05$)

Fonte: Autor, 2025

Na análise do desenvolvimento do tomate cereja, observou-se que o vaso biodegradável apresentou uma média de crescimento de 10,33 cm, enquanto os vasos de cimento e gesso apresentaram médias de 8,66 cm e 9,66 cm, respectivamente. Embora a média do vaso biodegradável tenha sido numericamente superior ao vaso de cimento, a análise estatística indicou que essa diferença não foi estatisticamente significativa ($p = 0,1296$). O mesmo ocorreu na comparação entre os vasos biodegradável e gesso, que apresentou $p = 0,4226$, também não sendo significativo. Esses resultados indicam que, para o tomate cereja, o tipo de vaso não exerceu influência estatisticamente relevante no desenvolvimento das plantas sob condição sem adubação, embora se observe uma tendência de crescimento superior no vaso biodegradável, possivelmente associada às suas propriedades físico-químicas, como maior porosidade, capacidade de retenção de umidade e melhor troca gasosa (Ribeiro, 2019; Bitencourt et al., 2017; Hafle et al., 2009).

Para a cultura da cebolinha, os resultados foram mais expressivos. As plantas cultivadas nos vasos biodegradáveis atingiram uma média de 6,00 cm, enquanto aquelas nos vasos de cimento apresentaram média de 3,33 cm. Neste caso, a diferença foi estatisticamente significativa ($p = 0,0152$), indicando que o vaso biodegradável proporcionou condições mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas, resultado que pode ser atribuído às características do biocompósito, que favorece maior retenção de umidade e estabilidade física do substrato (Maalouf; Mavropoulos, 2023; Bessa, 2024).

Na comparação entre os vasos biodegradável e gesso, observou-se crescimento médio de 6,00 cm e 4,00 cm, respectivamente. Contudo, essa diferença não foi estatisticamente significativa ($p = 0,0741$), embora o vaso biodegradável tenha apresentado desempenho numericamente superior. Esse comportamento pode estar relacionado às características do gesso, que, embora apresente menor desempenho que o biocompósito, possui capacidade de retenção de umidade e neutralidade química, contribuindo parcialmente para o desenvolvimento da cultura (Soares; Mazieri, 2023).

Diante dos resultados, observa-se que, além da disponibilidade de nutrientes, as propriedades físico-químicas dos materiais utilizados nos vasos exercem influência direta sobre o desenvolvimento vegetal. O uso de materiais biodegradáveis, compostos por resíduos de caroço de açaí e *Lithothamnium*, demonstra ser uma alternativa tecnicamente

viável e ambientalmente sustentável, alinhada às práticas agrícolas contemporâneas, que priorizam a redução dos impactos ambientais provenientes do uso de materiais convencionais (Soares; Mazieri, 2023; Maalouf; Mavropoulos, 2023).

4 CONCLUSÃO

Por fim, este estudo buscou desenvolver e avaliar vasos biodegradáveis produzidos a partir de resíduos de caroço de açaí e *Lithothamnium*, como alternativa sustentável para o cultivo de plantas. A iniciativa está alinhada aos princípios da economia circular, ao propor o reaproveitamento de resíduos agroindustriais e a redução da utilização de materiais convencionais, como plásticos e cimento, que possuem elevado impacto ambiental.

Os resultados obtidos demonstram que os vasos produzidos possuem potencial para substituir materiais tradicionais, contribuindo não apenas para a redução de resíduos, mas também para a melhoria das condições físicas do solo e para práticas agrícolas mais sustentáveis. A utilização desses biocompósitos reforça a viabilidade de soluções que aliam desempenho agrônômico à responsabilidade ambiental.

Apesar este trabalho não ter realizado a análise específica do comportamento bioerodível dos vasos, é importante destacar que, pela natureza dos materiais utilizados, eles são concebidos não apenas para serem biodegradáveis, mas também bioerodíveis. Ou seja, são projetados para se desintegrarem gradualmente no ambiente, por meio da ação de agentes físicos, como umidade e atrito com o solo, sem gerar resíduos prejudiciais.

Em suma, recomenda-se que futuras pesquisas considerem a avaliação do comportamento bioerodível desses materiais em condições de campo, além de estudos que explorem a durabilidade, a resistência mecânica e os impactos diretos na qualidade do solo. A continuidade desses estudos poderá consolidar o uso de biocompósitos como alternativa viável, funcional e ambientalmente correta na agricultura.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST. **Reciclagem de Plásticos no Brasil: Estudo Aponta Índice de 24,3% para as Embalagens em 2023**. Disponível em: Acesso em: 7 fev. 2025

DE LIMA, Rafael Machado Felix; DE SOUZA, Valdomiro Vagner. **Polímeros Biodegradáveis: Aplicação na agricultura e sua utilização como alternativa para a proteção ambiental**. Revista Agrogeoambiental, 2011.

GAYLARDE, Christine Claire; BELLINASSO, Maria de Lourdes; MANFIO, Gilson Paulo. **Biorremediação. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 34, p. 36-43, 2005.

HAFLE, Oscar Mariano et al. **Produção de mudas de mamoeiro utilizando Bokashi e Lithothamnium**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 31, p. 245-251, 2009.

LIMA, Elizanne de Moura. **Caroço de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) na alimentação de búfalas lactantes em pastejo**. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/785/1/Caro%C3%A7o%20de%20a%C3%A7a%C3%93%20Euterpe%20oleracea%20Mart.%20-%20na%20alimenta%C3%A7%C3%A3o.....pdf>. Acesso em: 2 jan. 2025.

MAALOUF, A.; MAVROPOULOS, A. **Re-assessing global municipal solid waste generation**. *Waste Management & Research*, v. 41, n. 4, p. 936-947, 2023.

MACHADO, ANDERSON WOLF. **“Lithothamnium - Fertilizantes com algas marinhas.”** *Agrolink*, 23 Outubro 2024, https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/outros-insumos/fertilizantes-com-algas--lithothamnium-_457493.html. Acesso 2 Janeiro 2025.

MOREIRA, J. P. **Desenvolvimento de tubetes biodegradáveis a partir de resíduos agroindustriais para produção de mudas**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.

NASCIMENTO, Carlos Eduardo. **Síntese de superabsorventes poliméricos biodegradáveis por meio da extrusão reativa do Poli (álcool vinílico) e amido, em presença de aldeído e ácido glicoxílico, para uso agrícola**. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-24102016-145231/?gathStatIcon=true>. Acesso em: 30 dezembro 2024.

OCEANA MINERALS, 2024, <https://www.oceanaminerals.com/sobre>. Acesso 2 Janeiro 2025.

RECICLA SAMPA. **Uso de plástico bateu recorde global em 2021**. Disponível em: <https://www.reciclasampa.com.br/artigo/uso-de-plastico-bateu-recorde-global-em-2021>. Acesso em: 7 fev. 2025.

SOUSA, FELIPA. **“Utilização de plásticos na agricultura.”** *Jovens Repórteres para o Ambiente*, 12 junho 2024, <https://jra.abaae.pt/plataforma/artigo/utilizacao-de-plasticos->

na-agricultura/. Acesso 31 dezembro 2024.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE. (s.d.). **Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico.** Acesso em 31 dezembro 2024, disponível em WWF BRASIL: Disponível em: <https://www.wwf.org.br/participe/horadoplaneta/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>