

**PROPOSTA DE PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE
ORA-PRO-NOBIS(*PERESKIA ACULEATA MILLER*), SCOPY E RESÍDUOS DO
CEASA.**

ANIKA GODOY KENNEDY

**FOZ DO IGUAÇU
2025**

**PROPOSTA DE PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE
ORA-PRO-NOBIS(*PERESKIA ACULEATA MILLER*), SCOPY E RESÍDUOS DO
CEASA.**

ANIKA GODOY KENNEDY

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Marlei Roling Scariot

ANIKA GODOY KENNEDY

**PROPOSTA DE PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE
ORA-PRO-NOBIS(*PERESKIA ACULEATA MILLER*), SCOBY E RESÍDUOS DO
CEASA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marlei Roling Scariot

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Marlei Roling Scariot
UNILA

Profa. Dra. Ivana Helena Da Cruz
UNILA

Profa. Dra. Andreia Cristina Furtado
UNILA

Foz do Iguaçu, 08 de agosto de 2025.

TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a): _____

Curso: _____

Tipo de Documento

- | | |
|------------------------|----------------------------------------|
| (.....) graduação | (.....) artigo |
| (.....) especialização | (.....) trabalho de conclusão de curso |
| (.....) mestrado | (.....) monografia |
| (.....) doutorado | (.....) dissertação |
| | (.....) tese |
| | (.....) CD/DVD – obras audiovisuais |
| | (.....) _____ |

Título do trabalho acadêmico: _____

Nome do orientador(a): _____

Data da Defesa: ____/____/____

Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons Licença 3.0 Unported*.

Foz do Iguaçu, ____ de _____ de ____.

Assinatura do Responsável

“Quem trabalha com as plantas não convencionais são como ilhas no meio de um oceano das empresas que dominam o mercado e a venda de alimentos, ou seja, o agronegócio. Mas são ilhas cada vez maiores, mais numerosas (MADEIRA, 2017).

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante o curso. Agradeço infinitamente a São Judas Tadeu, que sempre escutou minhas orações e me ajudou ao longo desse tempo.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha mãe Aida e meu pai José pelo apoio constante em todos os momentos difíceis ao longo desse caminho acadêmico. Mãe, obrigada por ser sempre minha motivação, ela nos criou com grande força e seu incentivo foi essencial para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Pai, obrigada pelo apoio de sempre, e pelos conselhos, sua presença foi a motivação que me impulsionou em momentos difíceis.

Ao meu irmão, Ronaldo, devo um agradecimento especial. Sua presença ao longo da minha vida foi uma fonte constante de apoio e inspiração. Desde os primeiros passos da minha educação até este momento, você esteve ao meu lado, compartilhando alegrias, desafios e conquistas. Obrigado por sempre acreditar em mim.

Ao meu namorado, pelo apoio de sempre, por estar ao meu lado em todos os momentos dessa jornada. Sua paciência, compreensão e apoio incondicional foram fundamentais para que eu pudesse alcançar esse objetivo. Obrigada por acreditar em mim, mesmo nos momentos em que duvidei de mim mesma, e por ser meu porto seguro durante os desafios dessa caminhada. Sou imensamente grata por ter você ao meu lado, compartilhando cada conquista e cada sonho.

Em memória dos meus avós, Eduardo e Veneranda, que infelizmente nos deixaram, um casal batalhador desde sempre, seus conselhos moldaram profundamente quem sou hoje. Mesmo não estando fisicamente ao meu lado, lembro todos os dias das suas palavras de sabedoria que continuam na minha mente, inspirando-me a superar obstáculos e perseguir meus objetivos com dedicação.

Gostaria de expressar minha imensa gratidão à Dra. Marlei Roling Scariot, não só por aceitar participar deste projeto, mas também pelo vasto conhecimento compartilhado ao longo do curso. Sou profundamente grato pela orientação recebida durante todo o desenvolvimento deste trabalho e pelo acompanhamento contínuo.

Aos professores da banca, Dra. Ivana Helena da Cruz e Dra. Andreia Cristina Furtado, gostaria de agradecer de forma sincera por aceitar o convite para integrar a banca avaliadora deste trabalho. Tenho grande admiração pelo trabalho de ambos e reconheço o valor fundamental de sua presença, que certamente enriquecerá e aperfeiçoará minha pesquisa com suas valiosas contribuições.

Meu mais sincero reconhecimento ao Professor Dr. Christian Rojas, pelos ensinamentos e incentivo diário. Foi através do seu entusiasmo e dedicação que descobri minha paixão por esta área. Sua orientação transformou meu olhar, moldando não só este trabalho, mas também meu futuro profissional.

Não poderia deixar de expressar minha profunda gratidão aos meus amigos e colegas de curso Maria Zabala, Belen Valdez, Marcelo Lopez, Dahiana Lopez, Mirtha Avila e Adriana Franco. Vocês são pessoas incríveis que se tornaram essenciais nesta caminhada. A dedicação, o apoio e a amizade de cada um foram fundamentais ao longo de todo o percurso acadêmico. Obrigado por cada momento, cada conversa e cada ajuda ao longo desta jornada. Além disso, sou imensamente grata às minhas queridas colegas de casa, Sara Franco e Lissandra Lomaquis que compartilharam comigo não apenas o espaço, mas também cada desafio e conquista. Vocês fizeram dessa trajetória algo muito mais leve e especial. A todos, minha gratidão eterna!

Aos meus amigos da vida, Gabriela Martinez, Jazmin Gonzalez, Melania Guerrero, Jose Enciso, Liz Mabel Duarte, Carla Diaz, Clarissa Duarte, Daiana Dilschneider, Alma Garcia, Lucero Ruiz Diaz, Fiorella Godoy por serem uma constante fonte de apoio, alegria e inspiração ao longo dessa caminhada. Pelas conversas, risadas e pela força nas horas de dificuldade. Vocês estiveram presentes em momentos importantes, oferecendo palavras de incentivo e companheirismo que fizeram toda a diferença.

Sou igualmente grata à UNILA, que me proporcionou a oportunidade de estudar em uma Universidade Federal de alta qualidade e de diversas culturas. O suporte e os recursos oferecidos pela instituição foram fundamentais para o meu crescimento, tanto acadêmico quanto pessoal, e sou profundamente agradecido por essa experiência única.

Agradeço sinceramente a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista.

RESUMO

Este trabalho propõe o aproveitamento sustentável da biomassa de Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller), em associação com resíduos provenientes da CEASA (RC) e a cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY), para a produção de biofertilizantes líquidos. Foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática para analisar a composição química dos insumos, identificar operações unitárias adequadas ao processo e avaliar os impactos agrônômicos, ambientais e econômicos do biofertilizante desenvolvido. Os resultados indicam que a Ora-pro-nóbis apresenta elevada concentração de proteínas, minerais essenciais e compostos fenólicos, o que favorece sua utilização como matéria-prima rica em nutrientes. O RC, por sua vez, é composto majoritariamente por resíduos hortifrutigranjeiros ricos em açúcares solúveis, fibras e micronutrientes, promovendo sinergia com a biomassa vegetal. O SCOBY, com sua microbiota naturalmente ativa e complexa, potencializa o processo fermentativo e contribui para a estabilização microbiológica do biofertilizante, além de introduzir microrganismos benéficos ao solo. O processo produtivo foi estruturado com base nos princípios da engenharia química, incluindo as etapas de lavagem, trituração, desidratação, maceração, fermentação aeróbia/anaeróbia e filtração, visando preservar os compostos bioativos e garantir estabilidade e eficiência do produto final. A formulação resultante, composta por ora-pro-nóbis, RC e SCOBY, demonstrou teoricamente um alto potencial para melhorar a fertilidade do solo, estimular a microbiota benéfica e aumentar a resistência das plantas a estresses abióticos, como déficit hídrico e ataques patogênicos. A análise de viabilidade econômica indicou custos operacionais reduzidos, visto que os três insumos utilizados são de baixo custo ou obtidos sem custo direto (por meio de reaproveitamento de resíduos), e o processo requer tecnologias acessíveis e adaptáveis a diferentes escalas produtivas. O aproveitamento de resíduos da CEASA e de excedentes do SCOBY, normalmente descartados na produção de kombucha, reforça o caráter ambientalmente sustentável da proposta. O projeto demonstra elevado potencial de rentabilidade, impulsionado pela crescente demanda por insumos agrícolas ecológicos e pela valorização de práticas de economia circular. Assim a produção de biofertilizantes a partir da combinação de Ora-pro-nóbis, resíduos vegetais e SCOBY representa uma solução inovadora, regenerativa e economicamente viável, contribuindo para o avanço da agricultura sustentável e para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente nos eixos de segurança alimentar, manejo responsável de recursos naturais e mitigação das mudanças climáticas.

Palavras-chave: biofertilizante; Ora-pro-nóbis; operações unitárias; agricultura sustentável; RC.

RESUMEN

Este trabajo propone el aprovechamiento sostenible de la biomasa de Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller), en asociación con residuos procedentes de la CEASA (RC) y con la cultura simbiótica de bacterias y levaduras (SCOBY), para la producción de biofertilizantes líquidos. Se realizó una revisión bibliográfica sistemática para analizar la composición química de las materias primas, identificar operaciones unitarias adecuadas para el proceso y evaluar los impactos agronómicos, ambientales y económicos del biofertilizante desarrollado. Se identificó que la Ora-pro-nóbis presenta una alta concentración de proteínas, minerales esenciales y compuestos fenólicos, lo que favorece su utilización como materia prima rica en nutrientes. El residuo complementario (RC), compuesto principalmente por residuos hortofrutícolas, es rico en azúcares solubles, fibras y micronutrientes, lo que genera sinergia con la biomasa vegetal. El SCOBY, con su microbiota naturalmente activa y compleja, potencia el proceso fermentativo y contribuye a la estabilidad microbiológica del biofertilizante, además de introducir microorganismos benéficos al suelo. El proceso productivo fue estructurado con base en los principios de la ingeniería química, incluyendo las etapas de lavado, trituración, deshidratación, maceración, fermentación aerobia/anaerobia y filtración, con el objetivo de preservar los compuestos bioactivos y garantizar la estabilidad y eficacia del producto final. La formulación obtenida, compuesta por Ora-pro-nóbis, RC y SCOBY, demostró teóricamente un alto potencial para mejorar la fertilidad del suelo, estimular la microbiota benéfica y aumentar la resistencia de las plantas frente a estreses abióticos, como el déficit hídrico y los ataques patogénicos. El análisis de viabilidad económica indicó bajos costos operativos, ya que las tres materias primas son de bajo costo o se obtienen sin costo directo (mediante el reaprovechamiento de residuos), y el proceso requiere tecnologías accesibles y adaptables a distintas escalas de producción. El aprovechamiento de residuos de la CEASA y del excedente de SCOBY normalmente descartado en la producción de kombucha refuerza el carácter ambientalmente sostenible de la propuesta. También se verificó un alto potencial de rentabilidad, impulsado por la creciente demanda de insumos agrícolas ecológicos y la valorización de prácticas basadas en la economía circular. Se concluye que la producción de biofertilizantes a partir de la combinación de Ora-pro-nóbis, residuos vegetales y SCOBY representa una solución innovadora, regenerativa y económicamente viable, que contribuye al avance de la agricultura sostenible y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente en lo que respecta a la seguridad alimentaria, la gestión responsable de los recursos naturales y la mitigación del cambio climático.

Palabras clave: biofertilizante; Ora-pro-nobis; operaciones unitarias; agricultura sustentable; *Pereskia aculeata*.

ABSTRACT

This study proposes the sustainable utilization of Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) biomass, in association with residues from CEASA (RC) and the symbiotic culture of bacteria and yeast (SCOBY), for the production of liquid biofertilizers. A systematic literature review was conducted to analyze the chemical composition of the raw materials, identify appropriate unit operations for the process, and evaluate the agronomic, environmental, and economic impacts of the developed biofertilizer. Ora-pro-nóbis was found to have a high concentration of proteins, essential minerals, and phenolic compounds, making it a nutrient-rich feedstock. The residue (RC), composed mainly of fruit and vegetable waste, is rich in soluble sugars, fibers, and micronutrients, enhancing synergy with the plant biomass. SCOBY, with its naturally active and complex microbiota, enhances the fermentation process and contributes to the microbiological stability of the biofertilizer, while also introducing beneficial microorganisms to the soil. The production process was designed based on chemical engineering principles, including the stages of washing, grinding, dehydration, maceration, aerobic/anaerobic fermentation, and filtration, aiming to preserve bioactive compounds and ensure the stability and effectiveness of the final product. The resulting formulation, composed of ora-pro-nóbis, RC, and SCOBY, theoretically demonstrated high potential to improve soil fertility, stimulate beneficial soil microbiota, and increase plant resistance to abiotic stresses, such as water deficit and pathogenic attacks. The economic feasibility analysis indicated low operating costs, since all three raw materials are either low-cost or obtained at no direct cost (by reusing residues), and the process requires accessible technologies adaptable to various production scales. The reuse of CEASA waste and surplus SCOBY, usually discarded during kombucha production, reinforces the environmentally sustainable nature of the proposal. A high profitability potential was also observed, driven by the growing demand for eco-friendly agricultural inputs and the increasing value placed on circular economy practices. We conclude that the production of biofertilizers from the combination of Ora-pro-nóbis, plant residues, and SCOBY represents an innovative, regenerative, and economically viable solution, contributing to the advancement of sustainable agriculture and to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly regarding food security, sustainable resource management, and climate change mitigation.

Keywords: biofertilizer, Ora-pro-nobis, unit operations, sustainable agriculture, *Pereskia aculeata*; RC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- A relação entre os bioinsumos e os objetivos do desenvolvimento sustentável.....	25
Figura 2- Ciclo de Vida Ora-Pro-Nobis.....	35
Figura 3- Tanque de lavagem.....	43
Figura 4- Moinhos.....	44
Figura 5- Processo de filtração.....	48
Figura 6- Fluxograma do método PRISMA.....	55
Figura 7- Fluxograma do processo produtivo de biofertilizantes.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Vantagens e desvantagens da utilização do Biofertilizante.....	29
Quadro 2- Comparação da Ora-pro-nobis com outros vegetais.....	38
Quadro 3- Microbiota do Scoby.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição Físico-Químico em 100g de folhas de OPN.....	35
Tabela 2- Biofertilizante vs Sintético.....	51
Tabela 3- Estimativa de investimento inicial.....	56
Tabela 4- Estimativa de produção e custos para biofertilizante líquido.....	57
Tabela 5- Critérios de cálculo utilizados para estimativas de investimento.....	58
Tabela 6- Comparação nutricional entre matérias primas para fertilizantes.....	61
Tabela 7- Composição típica dos resíduos do CEASA.....	62
Tabela 8- Estimativa de custos para produção de 1000 de biofertilizante.....	68
Tabela 9- Comparativo de custos.....	69
Tabela 10- Estimativa de investimento inicial.....	71
Tabela 11- Estimativa de produção e receitas para biofertilizante líquido.....	72
Tabela 12- Critérios de cálculo utilizados para estimativas de investimento.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEASA	Centrais de Abastecimento
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
EAA	Espectrometria de Absorção Atômica
MPV	Matéria Prima Vegetal
MRSA	Staphylococcus aureus resistente à metilina
PANCs	Plantas não Convencionais
RNFs	Recycled Nutrient Fertilizers
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UFV	Universidade Federal de Viçosa
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OPN	Ora Pro Nobis
ONU	Organização das Nações Unidas
RC	Resíduos do CEASA
SCOBY	Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 JUSTIFICATIVA	19
3 OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
4.1 BIOINSUMOS COMO UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL	23
4.2 BIOFERTILIZANTE	25
4.2.1 Tipos de biofertilizantes.	27
4.2.2 Vantagens e desvantagens do uso de biofertilizantes na agricultura.	27
4.2.3 Materiais vegetais na produção de biofertilizantes.	28
4.2.4 SCOBY na produção de biofertilizante.	30
4.2.5 Mecanismos de Ação e Benefícios Potenciais do Biofertilizante Fermentado com SCOBY e Ora-pro-nóbis.	30
4.3 ORA PRO NOBIS	33
4.3.1 Propriedades relevantes da OPN para a produção de biofertilizantes.	34
4.3.2 Comparação da composição química da Ora-Pro-Nobis.	37
4.4 CULTURA SIMBIÓTICA DE BACTÉRIAS E LEVEDURAS (SCOBY).	38
4.4.1 Microbiota da SCOBY	38
4.4.2 Potencial do SCOBY como biofertilizante.	39
4.5 RESÍDUOS DO CEASA (RC) COMO SUBSTRATO ENERGÉTICO.	40
4.5.1 Potencial de Digestão Anaeróbia de Resíduos Vegetais da CEASA para Produção de Biofertilizantes.	40
4.6 OPERAÇÕES UNITÁRIAS NA PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES.	41
4.6.1 Lavagem.	42
4.6.2 Trituração ou moagem.	43
4.6.3 Maceração.	43
4.6.4 Agitação e mistura.	45
4.6.5 Fermentação.	45
4.6.6 Filtração.	46
4.7 CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE BIOFERTILIZANTES.	47
4.7.1 Impactos no solo e no desenvolvimento das plantas.	48
4.7.2 Métodos para testes e avaliação da eficácia de biofertilizantes.	49
4.8 ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS.	49
5 METODOLOGIA	52
5.1 TIPO DE PESQUISA:	52
5.1.1 Pesquisa bibliográfica:	52
5.1.2 Pesquisa descritiva:	52
5.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS:	53

5.2.1 Identificação.	53
5.2.2 Triagem.	53
5.2.3 Elegibilidade.	53
5.2.4 Inclusão.	54
5.3 FLUXOGRAMA MÉTODO PRISMA	54
5.4 FONTES DE DADOS:	55
5.5 PROPOSTA DE PROCESSO PRODUTIVO.	55
5.6 CUSTOS E INVESTIMENTOS.	56
5.6.1 Investimento inicial e receita estimada.	56
5.6.2 Margem de Lucro e Payback.	58
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
6.1 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA ORA PRO NOBIS E SUA ADEQUAÇÃO COMO MATÉRIA PRIMA PARA BIOFERTILIZANTES.	60
6.2 ANÁLISE DO SCOPY	61
6.3 ANÁLISE DO RC	62
6.4 ANÁLISE DA COMBINAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS.	63
6.5 PROCESSO PRODUTIVO: OPERAÇÕES UNITÁRIAS E FLUXOGRAMA	63
6.6 VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL	66
6.6.1 Estimativa de custos de produção.	66
6.6.2 Comparativo de custos.	69
6.6.3 Investimento inicial e receita estimada.	71
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
APÊNDICE I	83

1 INTRODUÇÃO

A busca por práticas agrícolas sustentáveis tem impulsionado o crescimento do mercado de biofertilizantes, que apresenta um potencial promissor tanto em termos econômicos quanto ambientais. De acordo com a Precedence Research (2024), a expectativa é que esse mercado global atinja um valor aproximado de US\$ 4,71 bilhões até 2034, partindo de uma estimativa de US\$ 1,59 bilhão em 2025, o que representa uma taxa média de crescimento anual de 12,8%. Esse avanço reflete o aumento da demanda por alternativas que promovam uma agricultura de menor impacto ambiental e mais alinhada com princípios ecológicos.

Sob essa perspectiva, o uso de fertilizantes baseados em nutrientes reciclados, também conhecidos como RNFs (do inglês Recycled Nutrient Fertilizers), vem ganhando destaque por integrar práticas da economia circular. Conforme análise de Cordeiro e Sindhøj (2024), esses fertilizantes, que incluem os biofertilizantes, favorecem a reutilização de recursos, a redução da geração de resíduos e o uso mais eficiente dos insumos agrícolas. Os autores também ressaltam que o fortalecimento de políticas públicas, incentivos regulatórios e a inovação tecnológica são elementos essenciais para a adoção mais ampla desses insumos nas cadeias produtivas sustentáveis.

A substituição gradual de fertilizantes químicos por soluções naturais tem sido impulsionada não apenas pelas exigências ambientais, mas também pelas preocupações crescentes com os impactos negativos dos agroquímicos sobre os solos, os ecossistemas e a saúde humana. Nesse contexto, os biofertilizantes vegetais surgem como alternativas viáveis e acessíveis, capazes de enriquecer o solo com compostos orgânicos e microrganismos benéficos, promovendo práticas agrícolas mais equilibradas e de baixo impacto ambiental.

Um dos ingredientes inovadores propostos neste trabalho é o SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast), uma colônia simbiótica composta por bactérias ácido-láticas e leveduras. Originalmente utilizado na fermentação de bebidas como o kombucha, o SCOBY tem ganhado destaque por seu potencial em processos fermentativos agrícolas. Estudos apontam que os microrganismos presentes no SCOBY promovem a decomposição eficiente de matéria orgânica, aumentam a disponibilidade de nutrientes e estimulam o crescimento de microrganismos benéficos no solo, além de favorecer a regeneração da microbiota edáfica e a fixação biológica de nitrogênio (KOMBUCHA WORDS, 2025; RUELLA, 2022).

Outro diferencial relevante deste trabalho é a inclusão de resíduos orgânicos provenientes da CEASA (Centrais de Abastecimento), que diariamente descartam grandes volumes de frutas, verduras e legumes impróprios para o consumo. Esses resíduos vegetais, quando adequadamente tratados, representam uma fonte rica de matéria-prima para biofertilizantes, contendo nutrientes essenciais como potássio, cálcio, fósforo, além de compostos orgânicos com potencial bioestimulante. A valorização desses resíduos contribui significativamente para a redução do desperdício de alimentos e emissão de metano, estando em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

Nesse cenário, a *Pereskia aculeata*, popularmente conhecida como Ora-pro-nóbis, apresenta-se como uma planta estratégica para a formulação de biofertilizantes. Nativa da América do Sul e pertencente à família Cactaceae, a espécie é comumente encontrada em biomas como a Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga. A planta é caracterizada por sua resistência, fácil propagação e tolerância à seca (ALMEIDA et al., 2014; MADEIRA et al., 2022). Suas folhas apresentam elevados teores de proteínas, fibras, minerais e compostos fenólicos, conferindo-lhe potencial tanto terapêutico quanto agrônômico.

A Ora-pro-nóbis é um arbusto suculento, lenhoso e perene, encontrado em áreas tropicais e subtropicais. Seus frutos têm a forma de pequenas esferas douradas, carnudas e semelhantes a cactos, com um sabor agradável. Eles são envoltos em cascas finas que protegem contra insetos, aves, doenças e condições climáticas desfavoráveis (PEREZ et al., 2015). Embora a ora-pro-nóbis seja amplamente reconhecida por seus benefícios nutricionais e medicinais, com destaque para seus compostos bioativos como flavonoides, carotenoides e polifenóis, é importante destacar como essas propriedades podem ser utilizadas para o desenvolvimento de biofertilizantes (AGOSTINI et al., 2012; SILVA et al., 2018; SILVA et al., 2019; CARNEVALLI et al., 2022). A biomassa da planta, especialmente suas folhas, possui características que podem ser fundamentais para promover o crescimento e a resistência das plantas quando utilizadas como fonte de nutrientes e estimuladores biológicos. Compostos fenólicos presentes nas folhas de ora-pro-nóbis, conhecidos por suas atividades antioxidantes e anti-inflamatórias, podem melhorar a capacidade das plantas de resistirem a estresses abióticos, como seca e salinidade, ao modular suas respostas fisiológicas (SILVA JÚNIOR et al., 2010; AGOSTINI-COSTA et al., 2012; BARBALHO et al., 2016; SILVA et al., 2018; AGOSTINI-COSTA, 2020; GARCIA et al., 2019).

Além disso, a presença de mucilagens e açúcares complexos nas folhas de *P. aculeata* (MARTIN et al., 2017) pode facilitar a formação de uma estrutura mais eficiente para a entrega gradual de nutrientes no solo, promovendo a atividade microbiológica e favorecendo a cicatrização das raízes. Com isso, o uso de Ora-pro-nóbis como matéria-prima para a produção de biofertilizantes visa não apenas fornecer nutrientes essenciais, como também melhorar a estrutura do solo, aumentar a biodiversidade microbiológica e fortalecer a resistência das plantas, em sintonia com os princípios de uma agricultura sustentável.

Diante do aumento dos custos associados à adubação mineral e da crescente demanda por soluções sustentáveis na agricultura, os biofertilizantes se destacam como uma alternativa tecnicamente viável e ambientalmente responsável. Segundo Tahir et al. (2022), esses insumos contribuem para a redução da dependência de fertilizantes sintéticos e promovem uma agricultura mais eficiente, segura e ecologicamente equilibrada. Este estudo propõe uma formulação teórica de biofertilizante vegetal a partir do reaproveitamento de resíduos hortifrutigranjeiros provenientes de centrais de abastecimento (como os CEASAs), utilizados como fonte de biomassa e carboidratos fermentáveis, em combinação com o SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts) um subproduto comumente descartado na produção de kombucha, mas com elevado potencial biotecnológico. A presença do SCOBY no processo atua como agente microbiano e bioativador natural da fermentação, promovendo a conversão da biomassa vegetal em insumo agrícola.

Diante do aumento dos custos associados à adubação mineral e da crescente demanda por soluções sustentáveis na agricultura, os biofertilizantes produzidos a partir da *Pereskia aculeata* (Ora-pro-nóbis) surgem como uma alternativa tecnicamente viável e ambientalmente responsável. Esses insumos não apenas contribuem para a redução da dependência de fertilizantes sintéticos, como também promovem uma agricultura mais eficiente, segura e ecologicamente equilibrada (TAHIR et al., 2022). Nesse contexto, este trabalho apresenta uma análise teórica com base em revisão integrativa da literatura, com o objetivo de investigar o potencial da ora-pro-nóbis na formulação de biofertilizantes. A proposta inclui ainda a sugestão de um processo produtivo fundamentado nos princípios da Engenharia Química, com foco na aplicação de operações unitárias sustentáveis.

2 JUSTIFICATIVA

A crescente crise ambiental e os impactos negativos à saúde provocados pelos fertilizantes químicos têm impulsionado a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis. O uso excessivo desses fertilizantes resulta em diversos problemas ambientais, como a degradação do solo, contaminação de corpos d'água e perda da biodiversidade (MIRLEAN et al., 2022). Estima-se que a aplicação inadequada de fertilizantes no Brasil tenha contribuído para a acidificação do solo e o aumento da eutrofização de rios e lagos, afetando ecossistemas aquáticos e comprometendo a qualidade da água (FAROOQI et al., 2025; WITHERS et al., 2016).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2020, o Brasil foi responsável por aproximadamente 11% da utilização mundial de fertilizantes, com uma média de 38 kg/ha de fertilizantes aplicados nas culturas agrícolas, refletindo uma dependência crescente desses insumos químicos.

Neste cenário, os biofertilizantes surgem como uma solução promissora para mitigar os impactos ambientais e melhorar a saúde do solo. Esses produtos naturais ou orgânicos, que utilizam microrganismos benéficos como bactérias e fungos, têm se mostrado eficazes na promoção do crescimento saudável das plantas e na melhoria da qualidade do solo, sem os efeitos adversos frequentemente associados ao uso excessivo de fertilizantes químicos. Além disso, seu uso reduz a dependência de fertilizantes sintéticos, cujos impactos incluem a contaminação de águas subterrâneas e a perda de nutrientes essenciais do solo.

Estudos recentes demonstram um crescente interesse no desenvolvimento de biofertilizantes à base de plantas com alto potencial nutricional e bioativo, especialmente no contexto da agricultura sustentável (AGOSTINI-COSTA, 2020; SILVA et al., 2018; MADEIRA et al., 2022). No entanto, ainda há lacunas no conhecimento sobre o uso de espécies nativas brasileiras, como a Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*), que se destaca por sua alta concentração de proteínas, minerais e mucilagens, características com potencial relevante para aplicação em solos degradados e cultivos submetidos a estresses hídricos. Essas características são promissoras, especialmente no contexto de solos degradados e cultivos submetidos a estresses hídricos. Estudo realizado pela Markets and Markets (2023) aponta que, atualmente, cerca de 36% dos produtores brasileiros adotam biofertilizantes, o maior índice do mundo, comparado a 25% na Europa, 22% na

China, 12% nos EUA e 6% na Argentina.

Os biofertilizantes são especialmente eficazes na redução dos custos de produção agrícola e na promoção de uma agricultura mais sustentável (TIMES OF INDIA, 2025). Em comparação aos fertilizantes químicos, que frequentemente resultam em custos elevados e impactos ambientais significativos, os biofertilizantes oferecem benefícios econômicos a longo prazo ao melhorar a estrutura do solo, aumentar sua capacidade de retenção de água e nutrientes e reduzir a necessidade de insumos externos. Além disso, eles contribuem para a regeneração do solo, estimulando sua atividade biológica e promovendo o equilíbrio ecológico (ENVIRONMENTAL REPORTS, 2023).

No entanto, apesar dos benefícios comprovados dos biofertilizantes, ainda existem lacunas no estudo de algumas matérias-primas que poderiam oferecer vantagens adicionais. A *Pereskia aculeata* (Ora-pro-nóbis) apresenta um alto teor de proteínas e mucilagem, substâncias que podem melhorar a retenção de umidade e a fixação de nutrientes no solo, características que a diferenciam de outras plantas já estudadas para a produção de biofertilizantes. A mucilagem, em particular, é capaz de formar uma estrutura que potencializa a eficiência dos biofertilizantes, aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas e promovendo a formação de um solo mais saudável e produtivo. No entanto, até o momento, não há estudos suficientes que comprovem a viabilidade da ora-pro-nóbis como matéria-prima para biofertilizantes, o que justifica a presente pesquisa.

Outro ponto inovador desta pesquisa é a introdução do SCOBY como consórcio microbiano na etapa de fermentação. O reaproveitamento deste resíduo orgânico não apenas reduz o impacto ambiental do descarte, como também fortalece a proposta de economia circular no agronegócio. A complexa microbiota presente no SCOBY pode acelerar a decomposição da biomassa vegetal, aumentando a eficiência da fermentação e potencializando os efeitos benéficos do biofertilizante no solo.

Adicionalmente, o uso do resíduo da CEASA (RC), composto por frutas, hortaliças e folhas descartadas, contribui significativamente para o fornecimento de carboidratos e matéria orgânica facilmente fermentável, essenciais para a atividade microbiana. Essa integração do RC não apenas reduz custos, por se tratar de um insumo sem valor comercial direto, como também promove uma solução

ambientalmente adequada para o reaproveitamento de resíduos agroindustriais.

Assim, este trabalho justifica-se pela necessidade de reunir, analisar e interpretar criticamente os estudos existentes sobre o uso da OPN + SCOBY + RC na produção de biofertilizantes, utilizando para isso a metodologia de revisão integrativa. A expectativa é que esta proposta conceitual possa subsidiar futuras pesquisas experimentais e contribuir para o desenvolvimento de alternativas sustentáveis e economicamente viáveis para a agricultura, com potencial de aplicação em contextos de maior vulnerabilidade climática, como as regiões semiáridas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como finalidade analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura científica, o potencial de formulação de um biofertilizante sustentável a partir de resíduos hortifrutigranjeiros e do consórcio microbiano SCOBY, propondo um processo teórico baseado em operações unitárias da Engenharia Química e na adição funcional da Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efetuar um levantamento teórico sobre biofertilizantes de origem vegetal, suas características e métodos de produção;
- Investigar as propriedades químicas, bioativas e estruturais da OPN, avaliando sua viabilidade como matéria-prima para biofertilizantes quando combinada ao SCOBY e ao RC;
- Avaliar o potencial do SCOBY como consórcio microbiano para fermentação da biomassa de ora-pro-nóbis e seus benefícios no processo;
- Sugerir um processo produtivo teórico para biofertilizantes líquidos e/ou sólidos à base de OPN, com a inclusão de SCOBY e RC, fundamentado nas operações unitárias da Engenharia Química;
- Propor um fluxograma teórico de processo produtivo com base nas operações unitárias da Engenharia Química aplicáveis à biomassa da OPN, integrando o uso do SCOBY como consórcio microbiano fermentativo e a inclusão do RC como complemento na formulação do biofertilizante.
- Promover a valorização de resíduos agroindustriais por meio da utilização do RC e do reaproveitamento do SCOBY, contribuindo para práticas de economia circular e redução de impactos ambientais

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordadas as principais motivações para o aproveitamento sustentável do SCOPY, dos resíduos do Ceasa (RC) e da Ora-pro-nóbis na formulação de biofertilizantes, destacando as respectivas relevâncias para a agricultura sustentável e para a mitigação de impactos ambientais. O texto também explora os fundamentos teóricos e técnicos associados aos processos de operações unitárias aplicados na extração e processamento da planta. Além disso, são discutidos os fatores que influenciam a eficiência do biofertilizante no solo, bem como a importância de análises agronômicas para avaliar o desempenho e a viabilidade de sua aplicação.

4.1 BIOINSUMOS COMO UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL

Na atualidade, observa-se uma crescente tendência de adoção de processos biológicos, impulsionada pela demanda dos consumidores e do mercado por alimentos mais saudáveis, isentos de resíduos químicos e produzidos por métodos que se aproximem de processos naturais (RUIU, 2018). Nesse contexto, o emprego do controle biológico, por meio da utilização de microrganismos, destaca-se como uma abordagem eficaz para assegurar a sanidade e a nutrição das culturas de maneira ambientalmente sustentável.

O controle biológico é definido como a aplicação de organismos vivos para suprimir pragas agrícolas, incluindo insetos e microrganismos fitopatogênicos, utilizando seus inimigos naturais. Essa estratégia tem como objetivo reduzir a densidade populacional, do inóculo inicial ou das atividades responsáveis pelo desenvolvimento de doenças causadas por patógenos (COOK e BAKER, 1983). Assim, sua implementação pode envolver diversos agentes biológicos, como bactérias, fungos e vírus, atuando de forma integrada no manejo sustentável das culturas.

Os bioinsumos são amplamente reconhecidos como a próxima fronteira para a expansão agrícola. Isso se deve principalmente ao fato de que os bioinsumos utilizam a matriz biológica presente na natureza, aproveitando substâncias bioativas e a vasta diversidade de organismos vegetais, animais e microbianos, tanto na superfície quanto no interior do solo. Em outras palavras, pode-se afirmar que as

possibilidades de combinações dessas substâncias e organismos são praticamente ilimitadas.

O debate sobre bioinsumos tem evoluído para além de sua função agrônômica imediata, incorporando dimensões socioambientais associadas à agroecologia, como o aproveitamento de saberes e recursos locais, o fortalecimento da autonomia dos territórios e a redução da dependência de insumos externos. Essa abordagem tem sido reconhecida como estratégica para a sustentabilidade de sistemas produtivos diversos, tanto em escala local quanto global (EMBRAPA, 2022).

Os bioinsumos estão perfeitamente alinhados às demandas de desenvolvimento sustentável do país e aos compromissos globais, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela ONU (2015). Sua utilização está diretamente associada a diversos ODS, contribuindo para maximizar os impactos positivos e mitigar os negativos (EMBRAPA, 2022), reforçando sua relevância no contexto de uma agricultura sustentável e integrada (Figura 1).

Figura 1- A relação entre os bioinsumos e os objetivos do desenvolvimento sustentável.



Fonte: VIDAL e DIAS, 2023.

Na agricultura, os bioinsumos são definidos como bens ou serviços derivados de organismos vivos ou de seus processos de transformação, aplicados na produção de outros bens e serviços em sistemas de produção animal e vegetal.

Esses produtos abrangem desde a etapa de produção primária até as fases de pós-colheita, processamento e armazenamento. Assim, ao tratar de bioinsumos, é fundamental destacar a relevância do conhecimento técnico, dos manejos e das práticas implementadas nos sistemas produtivos. Nesse sentido, torna-se essencial incorporar os conceitos de desenvolvimento rural sustentável, com ênfase na integralidade, na autonomia de gestão e controle, bem como na valorização do conhecimento local associado aos sistemas tradicionais de manejo dos recursos naturais (GUZMÁN, 2001).

Os insumos biológicos, também conhecidos como bioinsumos, podem ser obtidos em locais especializados, como biofábricas e estabelecimentos agropecuários preparados para sua comercialização. No entanto, sempre que viável, recomenda-se que os próprios produtores os desenvolvam utilizando recursos disponíveis localmente, fortalecendo sua autonomia. A aplicação desses insumos segue uma abordagem integrada, alinhada aos princípios agroecológicos, com foco na preservação da biodiversidade e no manejo adequado da matéria orgânica do solo, que é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas de produção (VIDAL e DIAZ, 2023).

A base tecnológica, é um conceito ao mesmo tempo simples e complexo, que envolve o uso de inimigos naturais para controlar a população de plantas e animais. Esse processo, que já ocorre de forma natural, é apenas replicado em ambiente controlado no laboratório. De acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2022), existem três formas naturais de controle biológico: os parasitóides, a predação e os patógenos (como fungos e bactérias). A natureza, com sua sabedoria e força, serve de inspiração para essa tecnologia, a qual busca solucionar problemas que nos afetam, tendo um impacto significativo no mercado.

Dessa forma, os bioinsumos representam soluções tecnológicas eficazes, seguras e inovadoras, promovendo sustentabilidade para produtores de pequeno, médio e grande porte em diversos sistemas produtivos.

4.2 BIOFERTILIZANTE

O biofertilizante é um fertilizante orgânico originado de materiais biológicos disponíveis, como esterco de animais, resíduos agrícolas, restos de

plantas e alimentos, entre outros. Sua produção ocorre através de processos de decomposição biológica, compostagem ou fermentação em condições aeróbicas.

Os biofertilizantes têm demonstrado eficácia no controle de diversos problemas que afetam culturas agrícolas, especialmente no combate a fungos e bactérias patogênicas. Essa ação é atribuída à indução de resistência nas plantas e à atividade antibiótica promovida por microrganismos benéficos presentes na formulação (MEDEIROS, 2006; CAVALCANTE, 2009; SILVA et al., 2019).

Os biofertilizantes não possuem fórmulas padronizadas, pois podem ser desenvolvidos a partir de diversas combinações de microrganismos. O processo de fermentação, entretanto, apresenta um alto grau de complexidade, já que os microrganismos envolvidos atravessam quatro fases distintas de crescimento celular: a fase de latência, o crescimento exponencial, a fase estacionária e a fase de declínio. Durante esse processo, os microrganismos interagem de forma sequencial, onde um grupo degrada compostos que servem de substrato para outros. Esse encadeamento promove um processo contínuo de fermentação, que pode ser mantido indefinidamente, desde que o sistema seja adequadamente alimentado com um meio nutritivo (MEDEIROS, 2006).

A aplicação desses produtos geralmente é feita por meio de fertirrigação ou pulverizações foliares, de acordo com a finalidade. A concentração de aplicação é um detalhe importante, que deve ter um cuidado especial, pois dela depende evitar estresse fisiológico nas plantas que é uma das causas do crescimento, floração e frutificação lentos, provavelmente devido ao desvio metabólico para a produção de substâncias de defesa (MEDEIROS, 2006).

Determinados grupos de microrganismos presentes nos biofertilizantes possuem elevada capacidade de mobilizar fósforo e potássio, além de fixar nitrogênio atmosférico. Essa característica torna os biofertilizantes uma alternativa renovável e econômica para fornecer nutrientes minerais na agricultura. Além de disponibilizarem elementos essenciais, esses microrganismos promovem interações no solo e na rizosfera que facilitam o acesso a nutrientes frequentemente abundantes no solo, mas usualmente indisponíveis para as plantas cultivadas (GOMES et al., 2016).

Segundo Cavalcante et al., (2009) foi evidenciado que nas pesquisas feitas de tratamentos com maiores concentrações do biofertilizante líquido

fermentado no maracujazeiro amarelo, houve maior estímulo no crescimento das plantas em altura, diâmetro do caule, área foliar, comprimento da raiz, fitomassa e área radicular das mudas. Dessa forma, é possível observar os resultados eficientes proporcionados pelo uso de biofertilizantes.

4.2.1 Tipos de biofertilizantes.

De acordo com Alves et al., (2018), há diversos tipos de biofertilizantes, que variam principalmente de acordo com os materiais utilizados em sua formulação e os métodos de produção empregados:

- Biofertilizantes microbianos: compostos por micro-organismos benéficos, como bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos, que promovem a fertilidade do solo e o crescimento das plantas.
- Biofertilizantes orgânicos: obtidos a partir da decomposição de materiais orgânicos, como esterco animal, restos de plantas e resíduos agrícolas, fornecendo nutrientes e melhorando a estrutura do solo.
- Biofertilizantes Líquidos: produzidos por fermentação e geralmente aplicados diretamente nas plantas ou no solo, garantindo absorção rápida e eficiência.
- Biofertilizantes Combinados: Misturam diferentes micro-organismos ou fontes orgânicas para potencializar os efeitos no solo e nas plantas.
- Biofertilizantes de Compostagem: Produzidos a partir da compostagem de resíduos orgânicos, resultando em um material rico em nutrientes e microrganismos benéficos.
- Biofertilizantes de Algas: Produzidos a partir de algas marinhas, que são fontes de nutrientes e bioestimulantes para o crescimento vegetal.

4.2.2 Vantagens e desvantagens do uso de biofertilizantes na agricultura.

No Quadro 1, podem ser observadas algumas vantagens e desvantagens da utilização dos biofertilizantes que poderia substituir os fertilizantes químicos:

Quadro 1- Vantagens e desvantagens da utilização do Biofertilizante.

Vantagens	Desvantagens
Aumento na atividade microbiana do solo.	Vida útil limitada.
Alternativa ecológica sem impacto ambiental.	Necessidade de grandes quantidades para serem eficazes.
Corrigem o pH e enriquecem o solo com nutrientes essenciais.	Sensibilidade a altas temperaturas.
Promovem o crescimento saudável e sustentável das plantas.	Dificuldades de armazenamento e transporte.
Redução de custos.	Dificuldade no uso.
Aumento da resistência a estresses ambientais.	Produção complexa.
Melhoria na relação planta-água, gerando proteção contra a seca.	Dependência da matéria prima.
Diminuição da incidência de pragas.	

Fonte: O autor, 2024.

Cabe ressaltar que as desvantagens apresentadas no Quadro 1 são significativamente reduzidas quando o biofertilizante é comparado aos fertilizantes químicos convencionais. Além de minimizar impactos ambientais, os biofertilizantes promovem práticas agrícolas mais sustentáveis e contribuem para a melhoria da saúde do solo e das plantas, compensando limitações como a necessidade de maior volume ou manejo mais complexo.

4.2.3 Materiais vegetais na produção de biofertilizantes.

A utilização de biomassa vegetal na criação de biofertilizantes tem sido explorada como uma alternativa sustentável aos fertilizantes químicos, que muitas vezes apresentam impactos negativos no meio ambiente. Diversas plantas têm sido estudadas e aplicadas devido à sua composição rica em nutrientes e propriedades bioativas que podem beneficiar tanto o solo quanto às culturas cultivadas. Em particular, o uso de plantas como Panaceia (*Panaceia angustifolia*) e Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) têm atraído atenção devido aos seus potenciais em práticas

agrícolas sustentáveis.

As duas biomassas vegetais obtidas das plantas panacéia (*Solanum cernuum* Vell.) e Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller), foram utilizadas como biofertilizantes, numa pesquisa realizada em área experimental da Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Setor Palotina e os experimentos foram mantidos em vasos em local coberto com sombrite na cidade de Palotina no Oeste do Paraná.

A aplicação de extratos foliares de panaceia demonstrou um aumento significativo no número de raízes (145%) e na massa fresca das raízes (43%), além de promover um aumento de 71% na massa fresca dos brotos. Por outro lado, o substrato contendo extratos foliares de panaceia e ora-pro-nóbis combinados apresentou a maior taxa de enraizamento das estacas vivas, alcançando 80%. No entanto, não houve incremento no número ou na massa fresca das raízes. Esse substrato, entretanto, contribuiu para um aumento de 110% na massa fresca dos brotos. Em geral, esses resultados sugerem que a biomassa de panaceia e ora-pro-nóbis pode ser eficazmente utilizada como biofertilizantes, favorecendo tanto o enraizamento quanto o crescimento das estacas de erva-baleira.

Outros estudos realizados com a estaquia de erva-baleeira relataram baixos índices de enraizamento, ou até mesmo a ausência desse processo, ao utilizarem diferentes métodos. Por exemplo, Parada (2016) avaliou o efeito de extratos de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) em várias concentrações sobre o enraizamento de estacas de erva-baleeira e constatou que não ocorreu enraizamento das estacas semilenhosas, mesmo após 45 dias do plantio.

Outro exemplo, o biofertilizante enriquecido com mamona, é feito à base de esterco curtido diluído em água ao qual se acrescentam triturados, partes vegetais de mamona como folhas, talos, bagas e hastes tenras, na mesma proporção do esterco, e cinza vegetal. Em seguida, foi submetida a mistura à decomposição anaeróbica de fermentação por aproximadamente dez dias. Os resultados demonstraram que, além de ser fonte de nutrientes às plantas, ajuda no combate às pragas e doenças (Santos et al., 2019).

Comparando biofertilizantes feitos à base de proteína animal farinha de sangue, pó de casco e chifre, farinha de ossos e farinha de sangue com um à base de torta de mamona, Almeida et al. (2014) encontraram que os de origem animal foram mais promissores em fornecer nitrogênio às plantas, entretanto, o

biofertilizante à base de mamona teve maior concentração de fósforo e potássio disponível.

O biofertilizante enriquecido com mamona também apresenta grande potencial como defensivo natural. Rossi et al. (2011) afirmam que os extratos das folhas da mamoneira possuem um fator não proteico que inibe a tripsina do bicho-mineiro do cafeeiro, podendo ser uma estratégia promissora de combate a diversas pragas que atacam essa cultura.

4.2.4 SCOBY na produção de biofertilizante.

Estudos de campo apresentados por Ruella e Portilho (2022) demonstram os efeitos benéficos da aplicação do consórcio microbiano SCOBY, diluído em água e aplicado diretamente ao solo, sobre o crescimento de culturas folhosas como *Petroselinum crispum* (salsa), *Allium schoenoprasum* (cebolinha) e *Cichorium intybus* (chicória). Segundo os autores, os agricultores relataram melhorias na fitossanidade, no vigor e no desenvolvimento geral das plantas em poucos dias após a aplicação. Resultados semelhantes já foram observados por Marsh et al. (2014) e Villarreal-Soto et al. (2018), que destacam a capacidade do SCOBY de modular a microbiota do solo por meio da liberação de ácidos orgânicos, enzimas e compostos bioativos produzidos pelas leveduras e bactérias ácido-acéticas presentes no consórcio.

Além disso, Ruella e Portilho (2022) relatam que o uso do SCOBY para bioativação do bokashi contribuiu para a melhoria do aroma e da textura do adubo, além de promover aumento expressivo no número e no tamanho dos frutos em cultivos perenes como *Theobroma cacao* (cacau), *Citrus reticulata* (tangerina) e *Citrus limon* (limão). Esses efeitos podem ser associados à ação conjunta dos micro-organismos simbióticos na degradação de compostos orgânicos complexos e na produção de substâncias promotoras de crescimento vegetal (VILLARREAL-SOTO et al., 2018).

4.2.5 Mecanismos de Ação e Benefícios Potenciais do Biofertilizante Fermentado com SCOBY e Ora-pro-nóbis.

Uma das inovações propostas neste trabalho foi a incorporação do

SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast) no processo fermentativo da biomassa vegetal. Essa adição visa potencializar a ação dos microrganismos sobre a matéria-prima Ora-pro-nóbis (OPN) e do resíduo do Ceasa (RC), resultando em um biofertilizante com maior atividade biológica. O uso do SCOBY não apenas demonstra grande potencial microbiológico para melhorar o produto final, como também reforça os princípios da sustentabilidade por meio do reaproveitamento de resíduos agroindustriais com alto potencial biotecnológico (MORAIS et al., 2022; KOMBUCHA WORKS, 2025).

4.2.5.1 Fertilidade do solo.

Estudos indicam que biofertilizantes à base de ora-pro-nóbis contribuem para o aumento dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no solo. A fermentação com SCOBY potencializa esse efeito, promovendo a liberação gradual de nutrientes, especialmente do nitrogênio, o que evita perdas por lixiviação e prolonga a disponibilidade para as plantas (Oliveira et al., 2022).

4.2.5.2 Atividade microbiana.

A presença de açúcares, mucilagens e compostos fenólicos da ora-pro-nóbis, combinada à diversidade microbiológica do SCOBY, estimula a microbiota do solo, favorecendo o crescimento de populações benéficas, como bactérias fixadoras de nitrogênio e decompositoras de matéria orgânica (Ferreira et al., 2021).

4.2.5.3 Estrutura do solo.

A ação conjunta das mucilagens vegetais e dos polissacarídeos microbianos produzidos durante a fermentação contribui para a melhoria da estrutura do solo. Isso se reflete em maior agregação de partículas e aumento da capacidade de retenção hídrica, um aspecto relevante para a agricultura em regiões sujeitas a déficit hídrico (Birkhofer et al., 2017).

4.2.5.4 Crescimento vegetal.

Testes de aplicação foliar com formulações vegetais semelhantes

demonstraram incrementos de 20% a 30% na biomassa seca de culturas como o tomate, o que reforça o potencial do biofertilizante de ora-pro-nóbis fermentado com SCOBY como bioestimulante natural (Tahir et al., 2022).

4.2.5.5 Tolerância a estresses abióticos.

Os compostos antioxidantes presentes na ora-pro-nóbis, como flavonoides e saponinas, associados aos ácidos orgânicos gerados pelo SCOBY, atuam na proteção das plantas contra estresses como a seca, reduzindo danos oxidativos e promovendo maior resistência fisiológica (Garcia et al., 2019).

Os autores também reforçam a importância da utilização de água sem cloro no preparo e na aplicação do SCOBY, uma vez que o cloro é um agente antimicrobiano que compromete a viabilidade da microbiota simbiótica (RUELLA et al., 2022). Esse cuidado é essencial para manter a integridade funcional do consórcio, especialmente em sistemas fermentativos onde a ação microbiana é o principal mecanismo de transformação da matéria orgânica.

Outro dado relevante apresentado por Ruella e Portilho (2022) foi o aumento de aproximadamente 20% na biomassa do SCOBY em apenas sete dias, o que demonstra sua alta taxa de multiplicação. Isso indica que agricultores podem manter cultivos contínuos do SCOBY em suas propriedades, o que favorece a autossuficiência na produção de biofertilizantes e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis com baixo custo e alta replicabilidade, que são princípios fundamentais da agroecologia (ALTIERI, 1996).

4.3 ORA PRO NOBIS

A *Pereskia aculeata* Miller, conhecida como Ora-pro-nóbis (OPN), é uma planta arbustiva pertencente à família das cactáceas. Caracteriza-se por seus caules finos, folhas simples de coloração verde-escura, formato elíptico e largura significativa, além de apresentar espinhos na base. Em determinadas épocas, essa planta também desenvolve flores (MAZIA e SARTOR, 2012).

Destaca-se por seu alto teor de proteínas e minerais, incluindo cálcio, ferro, fósforo e magnésio (TAKEITI et al., 2009). Além do uso alimentício, suas folhas possuem aplicações medicinais populares, sendo associadas a propriedades anti-inflamatórias, cicatrizantes, antitumorais e tripanocidas, com eficácia comprovada por estudos científicos (ROYO et al., 2005; SARTOR et al., 2010).

A Ora Pro nóbis (figura 2) possui ampla versatilidade de usos, sendo frequentemente cultivada de forma indiscriminada pelos produtores rurais, independentemente do local ou das condições de cultivo. A OPN é uma hortaliça de fácil cultivo, com baixa exigência para propagação, o que a torna altamente adequada para o plantio doméstico. Sua relevância ecológica e econômica é destacada pelo fato de ser cultivada em diferentes ambientes, incluindo áreas anteriormente consideradas improdutivas. Além disso, é amplamente consumida devido ao seu baixo custo e elevado valor nutricional, configurando-se como uma excelente alternativa para promover a diversificação alimentar. O cultivo dessa planta também contribui para a preservação florestal, caracterizando-se como uma prática sustentável que favorece a conservação ambiental (Hissatomi et al., 2020; Rocha et al., 2008; Takeiti et al., 2009).

Uma de suas características mais notáveis é o elevado teor proteico de suas folhas, que pode atingir aproximadamente 25% na matéria seca (MS). Segundo Mercê et al. (2001), as folhas dessa planta possuem 25,5 g de proteínas por 100 g de matéria seca (MS). Outros trabalhos relatam concentrações semelhantes, como 22,9 g 100 g⁻¹ MS (Rocha et al., 2008), 24,7 g 100 g⁻¹ MS (Silva et al., 2005), 28,4 g 100 g⁻¹ MS (Takeiti, 2009; Almeida et al., 2012) e 28,6 g 100 g⁻¹ MS (Albuquerque et al., 1991).

Pimenta et al. (2020) identificaram também que o extrato da planta *Pereskia aculeata* apresenta atividade antimicrobiana significativa. Os testes

demonstraram eficácia contra bactérias, incluindo *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*, além de fungos como *Aspergillus niger*, *Aspergillus versicolor*, *Penicillium expansum* e *Penicillium citrinum*. De forma complementar, pesquisas também evidenciaram a ação antimicrobiana dos extratos de ora-pro-nóbis, destacando sua efetividade contra bactérias Gram-positivas, como *Enterococcus faecalis*, *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA), bem como contra Gram-negativas, como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Morganella morganii*, *Proteus mirabilis* e *Pseudomonas aeruginosa*, indicando um amplo espectro de atuação.

Figura 2- Ciclo de Vida Ora-Pro-Nobis.



Legenda: A: planta em etapa de crescimento, B: Galho novo em desenvolvimento; C: planta em floração plena; D: frutos de ora-pro-nobis.

Fonte: (A,B) PUMA VEGA, 2019. (C) [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro: Flor OraPronobis foto2.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Flor_OraPronobis_foto2.jpg). (D) http://thegreensshop.com/tienda/index.php?id_product=332&controller=product&id_lang

4.3.1 Propriedades relevantes da OPN para a produção de biofertilizantes.

De acordo com Cruz et al. (2020), considerando os benefícios oferecidos pela *Pereskia aculeata* e sua composição rica em nutrientes, como apresentado na Tabela 1, essa planta se destaca como uma alternativa promissora para a formulação de biofertilizantes sustentáveis. A principal parte utilizada nesse contexto é a folha, devido à sua alta concentração de nutrientes, como proteínas, fibras, minerais (cálcio, magnésio, ferro e fósforo) e compostos bioativos, que podem favorecer o enriquecimento do solo e o crescimento das plantas.

Tabela 1- Composição Físico-Químico em 100g de folhas de OPN.

VARIÁVEIS	QUANTIDADES
Valor energético	26 kcal
Proteína	2000 mg
Lipídios	400 mg
Carboidratos	5000 mg sem linhas no lado
Fibras	900 mg
Cálcio	79 mg
Fósforo	32 mg
Ferro	3,6 mg
Retinol	25 mg
Vitamina B1	0,02 mg
Vitamina B2	0,1 mg
Niacina	0,5 mg
Vitamina C	23 mg

Fonte: adaptada de: HISSATOMI, et al. 2020.

A quantidade de nutrientes presentes na matéria-prima utilizada para a produção de biofertilizantes desempenha um papel crucial na eficiência do produto final. Nesse contexto, a Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) destaca-se como uma planta promissora, conforme indicado na tabela 1, dada sua composição rica em nutrientes essenciais.

A Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) destaca-se como uma fonte vegetal rica em nutrientes que, ao serem incorporados na formulação de biofertilizantes, desempenham funções fundamentais no estímulo à atividade microbiana durante o processo fermentativo. Essa biomassa vegetal não apenas representa uma alternativa natural e de baixo custo, mas também favorece significativamente a disponibilidade de elementos nutritivos no solo e sua absorção pelas plantas cultivadas.

Dentre os compostos presentes na Ora-pro-nóbis, destacam-se as proteínas, os lipídios e os carboidratos, que fornecem substratos essenciais como carbono e nitrogênio, além de energia metabólica necessária para o crescimento de bactérias e fungos benéficos. Esses microrganismos exercem papéis relevantes na decomposição da matéria orgânica, no processamento de nutrientes e na fixação biológica do nitrogênio. As proteínas, por exemplo, liberam compostos nitrogenados importantes para a manutenção da microbiota, enquanto os carboidratos atuam como fonte energética de rápida assimilação (HISSATOMI et al., 2020).

Além desses nutrientes, as fibras presentes na planta servem de suporte alimentar para organismos decompositores que participam da formação de ácidos húmicos e fúlvicos, os quais contribuem diretamente para a melhoria da estrutura e fertilidade do solo, bem como para o aumento da sua capacidade de retenção de umidade (BIRKHOFER et al., 2017).

Elementos minerais como cálcio e ferro também são encontrados na composição da ora-pro-nóbis e têm importância vital para a funcionalidade celular dos microrganismos do solo. O cálcio fortalece as paredes celulares bacterianas, enquanto o ferro está diretamente envolvido em processos enzimáticos essenciais (SILVA et al., 2019). Adicionalmente, vitaminas como a C, as do complexo B e a niacina atuam como coenzimas, otimizando o metabolismo e promovendo o crescimento da microbiota edáfica (HISSATOMI et al., 2020).

Outro diferencial da *Pereskia aculeata* é a presença de mucilagens, hidrocolóides naturais com elevada capacidade de retenção hídrica. Esses compostos formam géis no solo que auxiliam na manutenção da umidade, reduzem a evaporação e promovem a formação de agregados estruturais estáveis, o que é especialmente benéfico em solos arenosos ou degradados (MARTIN et al., 2017; KUMAR et al., 2021). Pesquisas recentes indicam que a associação de biofertilizantes com hidrocolóides vegetais pode aumentar a tolerância das plantas ao déficit hídrico, funcionando como um sistema de liberação lenta de água e nutrientes.

Essa propriedade é particularmente valiosa em cenários de mudanças climáticas e maior frequência de eventos extremos, sendo aplicável em sistemas agrícolas de sequeiro ou em regiões semiáridas. Nesse sentido, o biofertilizante à base de ora-pro-nóbis atua não apenas como um agente nutritivo e microbiológico, mas também como um condicionador do solo, capaz de promover resiliência hídrica e reduzir os impactos do estresse ambiental.

Portanto, o uso da ora-pro-nóbis na formulação de biofertilizantes representa uma solução completa e sustentável, reunindo benefícios nutricionais, microbiológicos e físico-químicos. Sua aplicação contribui para o equilíbrio ecológico do solo, favorece o desenvolvimento vegetal e estimula um ciclo de nutrientes mais eficiente e ambientalmente responsável.

4.3.2 Comparação da composição química da Ora-Pro-Nobis.

A escolha de matérias-primas para a produção de biofertilizantes é um fator crucial para garantir eficiência nutricional e benefícios adicionais ao solo e às plantas. A Ora-Pro-Nobis (*Pereskia aculeata*) tem se destacado por seu alto teor de proteínas e minerais, além de seu potencial para melhorar a microbiota do solo. No entanto, outras plantas também apresentam características vantajosas, como a Panaceia, conhecida por estimular o enraizamento, e a Mamona, que fornece macronutrientes essenciais, como fósforo (P) e potássio (K), além de possuir propriedades inseticidas.

O Quadro 2 apresenta uma comparação entre essas espécies, destacando suas vantagens e desvantagens para a produção de biofertilizantes, auxiliando na escolha da melhor opção de acordo com os objetivos agrônômicos e ambientais.

Quadro 2- Comparação da Ora-pro-nobis com outros vegetais.

Origem Vegetal	Vantagens	Desvantagens
Ora Pro Nobis	Rico em proteína e minerais; efeito benéfico na microbiota do solo	Menor concentração de macronutrientes como P e K
Panaceia	Estimula o enraizamento e crescimento vegetativo	Necessidade de mais estudos sobre efeitos a longo prazo
Mamona	Alto teor de P e K; ação inseticida natural	O processo de fermentação requer tempo e controle adequado.

Fonte: O autor, 2025.

4.4 CULTURA SIMBIÓTICA DE BACTÉRIAS E LEVEDURAS (SCOBY).

Os microrganismos presentes na kombucha estão distribuídos tanto no líquido quanto no SCOBY, a película gelatinosa que se forma na superfície. A cada processo de fermentação, novas camadas dessa película se desenvolvem na parte superior, onde há contato com o ar, sendo essa a camada mais recente formada (JARREL et al., 2000).

O SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts) é uma matriz microbiológica constituída por uma comunidade simbiótica de bactérias ácido-acéticas, principalmente do gênero *Komagataeibacter* e leveduras como *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces* e *Pichia*, envolta por uma estrutura tridimensional de celulose bacteriana (GREENWALT et al., 2000; JAYABALAN et al., 2014). Esse biofilme gelatinoso e translúcido se forma naturalmente durante processos fermentativos, principalmente sob condições aeróbias, e apresenta elevado potencial biotecnológico.

Estudos recentes indicam que a biomassa do SCOBY contém consórcios microbianos com capacidade de promover aeração do solo, produção de metabólitos bioativos e supressão de patógenos (TORAN-PEREG et al., 2021). Nesse contexto, a aplicação do SCOBY na agricultura sustentável tem sido explorada como uma estratégia inovadora para a formulação de biofertilizantes funcionais, contribuindo com a regeneração biológica do solo e o crescimento vegetal, em conformidade com estudos que destacam os efeitos positivos de consórcios microbianos na estrutura do solo, na promoção do crescimento vegetal e no controle de patógenos (MACIK et al., 2020; O'CALLAGHAN et al., 2022).

4.4.1 Microbiota da SCOBY

A microbiota do SCOBY é composta por uma associação simbiótica entre bactérias e leveduras, responsáveis pelos processos fermentativos. No Quadro 3 estão listados os principais gêneros microbianos identificados em sua composição, segundo a literatura científica:

Quadro 3- Microbiota do Scoby.

MICROORGANISMO	GÊNEROS IDENTIFICADOS	REFERÊNCIA
Bactérias Ácido Acéticas	Acetobacter, Gluconobacter, Komagataeibacter.	(Marsh et al, 2014)
Leveduras	Saccharomyces, Zygosaccharomyces, Brettanomyces, Pichia, Candida, Dekkera	(Villarreal-Soto et al, 2018)

Fonte: O autor, 2025.

4.4.2 Potencial do SCOBY como biofertilizante.

O potencial do SCOBY como biofertilizante está diretamente relacionado à diversidade funcional de sua microbiota. As bactérias ácido-acéticas presentes, como Komagataeibacter e Acetobacter, são capazes de produzir ácido acético e substâncias antimicrobianas, que auxiliam no controle de patógenos do solo e promovem um ambiente mais equilibrado para o desenvolvimento das plantas. Além disso, essas bactérias participam da solubilização de nutrientes, tornando compostos como fósforo e ferro mais biodisponíveis para as raízes (Marsh et al., 2014).

As leveduras, por sua vez, como Saccharomyces, Pichia e Zygosaccharomyces, atuam na produção de enzimas e metabólitos secundários, como vitaminas do complexo B e hormônios vegetais, incluindo auxinas e giberelinas, que podem estimular o crescimento vegetal. A atividade conjunta desses microrganismos resulta na formação de compostos orgânicos bioativos, capazes de estimular o desenvolvimento radicular, melhorar a absorção de nutrientes e contribuir para a resiliência das plantas frente a estresses abióticos (Villarreal-Soto et al., 2018).

Essa combinação simbiótica torna o SCOBY um consórcio microbiano promissor para formulações de biofertilizantes naturais, especialmente quando reaproveitado de resíduos da produção de kombucha, promovendo uma alternativa sustentável e circular dentro dos sistemas agrícolas.

4.5 RESÍDUOS DO CEASA (RC) COMO SUBSTRATO ENERGÉTICO.

Estudos como os de Farias et al. (2016) e Marques et al. (2019) demonstram que os resíduos vegetais gerados em centrais de abastecimento (CEASAs) incluindo frutas, legumes e hortaliças descartados possuem alto potencial tanto energético quanto biológico quando direcionados a processos de fermentação ou digestão anaeróbia, resultando na produção de biogás e biofertilizantes ricos em nutrientes.

Sem a presença de um substrato energético simples, como os açúcares encontrados em frutas e hortaliças descartadas, o SCOBY não consegue ativar plenamente seu metabolismo, o que compromete a produção de ácidos orgânicos e compostos bioativos. Como as folhas de OPN possuem baixo teor de açúcares solúveis, a adição de resíduos vegetais oriundos do CEASA é fundamental para garantir a fermentação adequada, fornecendo a energia necessária para o desenvolvimento microbiano e favorecendo a formação de um biofertilizante mais eficiente (FARIAS et al., 2016; MARQUES et al., 2019).

Em Castanhal (PA), foi desenvolvido um biodigestor caseiro utilizando resíduos vegetais oriundos da feira da CEASA. Após 15 dias de processamento, o biofertilizante obtido apresentou resultados positivos quanto à germinação e ao desenvolvimento inicial das plantas, especialmente quando diluído na proporção de 50% biofertilizante para 50% de água (FARIAS et al., 2016).

Na CEASA do Ceará, Marques et al. (2019) utilizaram resíduos orgânicos em um processo de digestão anaeróbia, alcançando 100% de biodegradabilidade em um período de 20 dias. O processo gerou cerca de 0,042 m³ de metano por quilograma de substrato, evidenciando sua alta eficiência energética mesmo sem suplementação externa.

4.5.1 Potencial de Digestão Anaeróbia de Resíduos Vegetais da CEASA para Produção de Biofertilizantes.

Os resíduos orgânicos oriundos das Centrais de Abastecimento (CEASA) apresentam alta biodegradabilidade devido à presença de açúcares solúveis, amido e outras frações facilmente assimiláveis por microrganismos fermentadores. Esses compostos são inicialmente degradados como açúcares simples e, posteriormente, como proteínas e polímeros mais estruturados, como celulose e hemicelulose.

Apesar de parte da fração orgânica ser composta por fibras vegetais mais resistentes, a abundância de substratos solúveis viabiliza o início da fermentação com a formação de ácidos orgânicos e dióxido de carbono, semelhante ao que ocorre com fontes como glicose ou melaço (HIDANI, 2017).

A digestão anaeróbia desses resíduos pode ocorrer de forma isolada (monodigestão), favorecendo a recuperação de nutrientes essenciais no biofertilizante final. Alternativamente, a codigestão com águas residuárias, como aquelas provenientes da bovinocultura, proporciona melhorias no processo ao elevar o pH do meio, reduzir a acidez volátil e aumentar tanto a produção de biogás quanto a qualidade agronômica do biofertilizante (HINTERHOLZ et al., 2024). Além disso, o processo de digestão anaeróbia converte a matéria orgânica não apenas em biogás, mas também em um efluente líquido rico em macro e micronutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, os quais são fundamentais para aplicação agrícola sustentável.

4.6 OPERAÇÕES UNITÁRIAS NA PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES.

A produção de biofertilizantes a partir de biomassa vegetal requer uma sequência organizada de operações unitárias que permitam a extração, preservação e estabilização dos compostos bioativos presentes na matéria-prima. No caso da presente proposta, além da utilização da planta OPN, considera-se também a incorporação do consórcio microbiano SCOBY+RC como agente fermentador. Embora a literatura ainda não descreva de forma consolidada um processo específico para a OPN, é possível propor um modelo teórico com base em fundamentos da engenharia química e em práticas já aplicadas à transformação de outras plantas com finalidades semelhantes. Dessa forma, este trabalho sugere uma rota de produção composta por sete etapas principais: lavagem, trituração, desidratação, maceração, mistura, fermentação e filtração.

Todas essas etapas foram definidas com base em fundamentos da engenharia e observações de processos similares descritos na literatura para outras plantas com propriedades nutricionais e bioativas. A proposta aqui apresentada busca aliar viabilidade técnica e simplicidade operacional, permitindo que o processo seja adaptado a contextos de pequena e média escala produtiva, promovendo o uso sustentável da OPN como insumo agrícola, com a incorporação do consórcio microbiano SCOBY como agente fermentador natural e do RC, que servirá de

substrato energético no processo de fermentação.

As operações unitárias selecionadas neste projeto foram definidas com base em estudos sobre a produção de biofertilizantes líquidos utilizando resíduos vegetais e microrganismos benéficos, como o consórcio SCOBY+RC. Trabalhos como os de Wu (2019) demonstram a importância de etapas como trituração, fermentação e filtração na liberação de nutrientes e no aumento da eficiência microbiana em sistemas biológicos. Além disso, modelos industriais descritos por Fertilizers Granulator (2024) reforçam a aplicabilidade dessas operações em escala, empregando fluxos similares que envolvem preparação da matéria-prima, ativação microbiana e estabilização do produto.

4.6.1 Lavagem.

A lavagem (figura 3) da biomassa vegetal é uma etapa indispensável em processos biotecnológicos, pois elimina impurezas físicas que podem comprometer a atividade microbiana posterior. De acordo com um guia técnico da Embrapa (2022), a limpeza adequada evita contaminações e preserva a viabilidade microbiana. Em estudos sobre biofertilizantes líquidos com resíduos vegetais fermentados, constatou-se que a ausência dessa etapa aumenta a presença de matéria indesejada e reduz a qualidade do produto. Além disso, pesquisas como a de Wu (2019) reforçam que o uso de substratos bem higienizados é essencial para garantir condições ideais de fermentação com consórcios microbianos como o SCOBY, resultando em maior eficiência no processo e no produto final.

Figura 3- Tanque de lavagem.



Fonte: AÇO RIO, 2025.

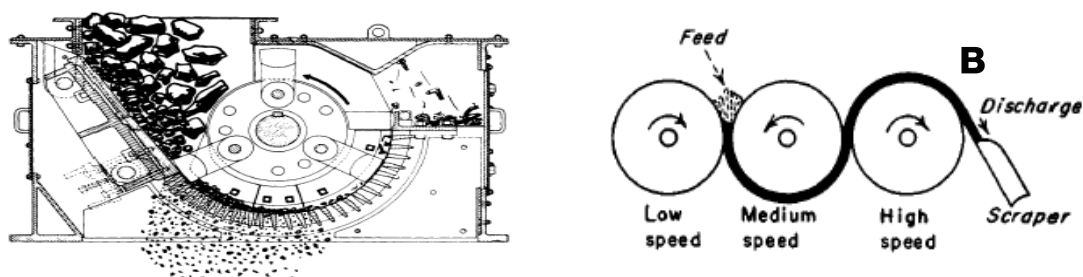
4.6.2 Trituração ou moagem.

A moagem é um processo no qual um material é triturado com o objetivo de reduzir o tamanho de suas partículas. Esse procedimento pode ser realizado em moinhos com peneiras internas, como o moinho de martelos (figura 4A), ou em equipamentos sem peneiras internas, como o moinho de rolos (figura 4B). Após a moagem, os produtos podem passar por um sistema de peneiragem para uniformizar a granulometria, embora isso não seja obrigatório (TELES et al., 2004).

A escolha do moinho mais adequado depende principalmente das características do material a ser processado, como composição, tamanho, textura e granulometria desejada para o produto final. Geralmente, materiais com alto teor de fibras, óleos ou umidade apresentam maior dificuldade para moagem, enquanto produtos secos e ricos em amido são mais fáceis de triturar (TELES et al, 2004).

Segundo CREMASCO et al. (2012), a moagem favorece a extração de compostos bioativos em materiais vegetais, aumentando sua superfície de contato. No contexto do presente trabalho, essa etapa também contribui para a melhor atuação do consórcio microbiano SCOPY na fermentação subsequente, uma vez que a redução de partícula favorece a liberação de açúcares e compostos que podem ser aproveitados pelos micro-organismos fermentadores.

Figura 4- Moinhos.



Legenda: (A)Moinho de martelo, (B) Moinho de rolos.

Fonte: <https://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/optransf/moagem.html>.

4.6.3 Maceração.

ALVES et al. (2018) destacam que a maceração permite a liberação de substâncias como mucilagens, proteínas e minerais presentes na planta, tornando

esses compostos mais acessíveis para a formulação de biofertilizantes. Quando associada ao uso do consórcio microbiano SCOBY bem como a um substrato energético, essa etapa ainda contribui para a criação de um meio nutritivo favorável à fermentação subsequente.

A maceração é um processo de extração de natureza não exaustiva, no qual a matéria-prima vegetal (MPV) é mantida em um sistema fechado, em contato direto com o solvente extrator. Durante a operação, o sistema é submetido a agitações intermitentes e variações controladas de temperatura, geralmente entre 15 °C e 20 °C, ao longo de um período prolongado que pode durar horas ou dias. Esse método não prevê a substituição do solvente extrator durante o processamento. A extração ocorre por meio do gradiente de concentração estabelecido entre o meio intracelular da MPV e o solvente, resultando em um equilíbrio difusional que limita a eficiência do processo (SONAGLIO et al., 2010; SIMÕES et al., 2010).

Os parâmetros fundamentais que influenciam a eficiência da extração por maceração incluem a quantidade de matéria-prima vegetal (MPV) utilizada, seu teor de umidade e suas características físicas, como distribuição granulométrica e tamanho de partículas. Além disso, a seletividade e o volume do solvente extrator desempenham papel crucial no rendimento do processo. As condições operacionais, como o pH do meio, a proporção entre a MPV e o solvente e o tempo de extração, também são variáveis determinantes para a cinética e a eficácia do método (SONAGLIO et al., 2010).

No caso da OPN, planta reconhecida por seu elevado teor de mucilagens, proteínas e compostos fenólicos, a definição do solvente adequado é fundamental para otimizar a extração dos princípios ativos desejados (ALVES et al., 2018). Solventes como água, etanol ou misturas hidroalcoólicas podem ser utilizados conforme o perfil de seletividade necessário, considerando-se as propriedades físico-químicas dos compostos-alvo (SONAGLIO et al., 2010; SIMÕES et al., 2010).

A introdução do SCOBY e seu substrato energético após a etapa de maceração contribui para intensificar a fermentação dos extratos vegetais, promovendo a liberação de metabólitos microbianos como ácidos orgânicos, enzimas e vitaminas do complexo B, além de aumentar a biodisponibilidade dos compostos extraídos (VILLARREAL-SOTO et al., 2018; TORAN-PEREG et al., 2021). Essa estratégia confere maior eficiência ao processo, além de reforçar sua sustentabilidade e valorizar o aproveitamento integral da biomassa vegetal no

contexto agrícola (RUELLA et al., 2022)

4.6.4 Agitação e mistura.

A etapa de agitação e mistura é fundamental para a homogeneização de sistemas com múltiplas fases, promovendo a dispersão eficiente de sólidos, líquidos e microrganismos em meios líquidos. Esse processo contribui para a redução de gradientes de concentração, temperatura e densidade, criando um ambiente mais uniforme para as reações e interações físico-químicas (SIMÕES et al., 2010).

No contexto da formulação de biofertilizantes líquidos à base de OPN, SCOBY e seu substrato energético, a mistura adequada favorece a distribuição equilibrada dos compostos bioativos e dos microrganismos simbióticos presentes na matriz fermentadora. Esse equilíbrio é essencial para garantir a estabilidade microbiológica do meio, além de aumentar a eficiência da fermentação e da liberação de metabólitos funcionais no produto final (VILLARREAL-SOTO et al., 2018; TORAN-PEREG et al., 2021). Uma mistura homogênea também contribui para a uniformidade na aplicação agrícola, promovendo resultados mais consistentes no campo.

Estudos como os de TORAN-PEREG et al. (2021) apontam que, em processos fermentativos, a uniformidade da mistura influencia diretamente na produção de metabólitos microbianos. A literatura industrial (Fertilizers Granulator, 2024) também confirma o uso de tanques com agitação mecânica na etapa de mistura de componentes antes da fermentação ou granulação.

4.6.5 Fermentação.

Segundo SOUZA et al. (2017), a fermentação de biofertilizantes aumenta a concentração de compostos nitrogenados e fito-hormônios. O objetivo é processar a matéria-prima com microrganismos benéficos, promovendo a degradação da matéria orgânica e a formação de substâncias bioativas. Esse processo pode ser realizado de duas formas principais: aeróbica e anaeróbica, cada uma com características e benefícios específicos.

Fermentação Aeróbica:

➤ Na fermentação aeróbica, os microrganismos responsáveis pelo

processo necessitam de oxigênio para suas reações metabólicas (CUNHA et al., 2015).

➤ Durante esse processo, bactérias, fungos e leveduras aeróbicas são utilizados para degradar a matéria orgânica e transformar os nutrientes de forma mais eficiente.

➤ Além disso, essa fermentação promove a liberação de compostos bioativos, como fito-hormônios (auxinas, citocininas e giberelinas), que podem estimular o crescimento das plantas, melhorar a resistência a estresses abióticos e promover uma maior eficiência no uso de nutrientes (RODRIGUES et al., 2018).

➤ A produção de compostos nitrogenados também é intensificada, o que contribui para a disponibilidade de nitrogênio de forma mais acessível para as plantas, especialmente em solos com baixa concentração de nitrogênio disponível (CUNHA et al., 2015).

Fermentação Anaeróbica:

➤ A fermentação anaeróbica ocorre em um ambiente sem oxigênio, no qual microrganismos anaeróbios, como determinadas espécies de bactérias, desempenham um papel essencial na degradação da matéria orgânica (SOUZA et al., 2017).

➤ Esse tipo de fermentação é menos exigente em termos de controle ambiental, já que o processo não depende de aeração constante.

➤ Os produtos finais dessa fermentação podem incluir ácidos orgânicos, gases e outros compostos bioativos, como ácidos húmicos, que têm efeito positivo no desenvolvimento das raízes das plantas, no aumento da sua absorção de nutrientes e na melhoria da estrutura do solo (RODRIGUES et al., 2018).

➤ Em alguns casos, também pode haver produção de compostos nitrogenados, como amônia, que se transformam em formas mais acessíveis de nitrogênio para as plantas (CUNHA et al., 2015).

4.6.6 Filtração.

A filtração é uma operação unitária utilizada para separar partículas sólidas de um fluido, fazendo com que o sólido fique retido em um meio poroso, enquanto o fluido o atravessa. Nesse processo, vários elementos desempenham papéis específicos (PROPEQ, 2022).

O filtrado é o fluido que consegue passar pelo meio poroso, também conhecido como meio filtrante ou filtro. Esse meio é responsável por reter as partículas sólidas, permitindo apenas o escoamento do fluido clarificado. Durante a filtração, ocorre a formação de uma camada de material sólido acumulado sobre o meio filtrante, conhecida como torta, composta pelas partículas que não conseguem atravessá-lo. O sistema é alimentado por uma suspensão, que consiste no líquido contendo o material sólido a ser separado. A quantidade de torta formada está diretamente relacionada a fatores como a concentração de sólidos na suspensão, a viscosidade do fluido, e a eficiência do processo de filtração (figura 5) (PROPEQ, 2022).

O processo (figura 5) é amplamente utilizado em sistemas industriais, para garantir que o produto final tenha qualidade física adequada à aplicação agrícola. A retirada de partículas sólidas também contribui para reduzir riscos de entupimento em equipamentos de aplicação.

Figura 5- Processo de filtração.



Fonte: PROPEQ, 2022.

4.7 CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE BIOFERTILIZANTES.

A avaliação da eficiência dos biofertilizantes é fundamental para compreender seus efeitos sobre a fertilidade do solo e o desempenho das culturas. Pesquisas indicam que parâmetros de ordem química, biológica e agrônômica são eficazes na verificação dos impactos gerados por esses insumos (INIAV, 2020).

Dessa forma, para a análise do biofertilizante formulado a partir da biomassa de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) associada ao consórcio microbiano do SCOPY e substrato energético, serão considerados os seguintes critérios:

4.7.1 Impactos no solo e no desenvolvimento das plantas.

A qualidade do solo é um fator determinante para a produtividade agrícola, sendo fundamental analisar as alterações promovidas pelo biofertilizante em suas propriedades físico-químicas e biológicas.

- **Análise Química do Solo:** Conforme estudo de Oliveira et al. (2022), a aplicação de biofertilizantes pode aumentar os teores de macronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), melhorando a fertilidade do solo. As amostras devem ser analisadas antes e depois da aplicação para mensurar possíveis incrementos.

- **pH e Condutividade Elétrica:** Segundo Santos et al. (2021), o pH do solo pode ser influenciado pelo biofertilizante, favorecendo a disponibilidade de nutrientes. A condutividade elétrica também será avaliada para evitar riscos de salinização.

- **Matéria Orgânica e Capacidade de Troca Catiônica (CTC):** Estudos indicam que biofertilizantes orgânicos contribuem para o aumento da matéria orgânica e da CTC, melhorando a retenção de nutrientes (INIÁV, 2020).

- **Atividade Microbiana:** A presença de microrganismos benéficos no solo é um indicativo da qualidade biológica do ambiente. Pesquisas como a de Ferreira et al. (2021) sugerem que biofertilizantes podem estimular a microbiota do solo, favorecendo a fixação biológica de nitrogênio e o controle de patógenos.

A eficácia do biofertilizante também será avaliada por meio de parâmetros que refletem o crescimento e a produtividade das plantas tratadas.

- **Crescimento Vegetativo:** Conforme Oliveira et al. (2022), o biofertilizante pode influenciar a altura das plantas, o número de folhas e a área foliar.

- **Biomassa:** Estudos como o de Silva et al. (2023) demonstram que a biomassa fresca e seca da parte aérea e das raízes pode ser utilizada como um indicador de absorção de nutrientes e eficiência do biofertilizante.

- **Índice de Clorofila:** Medido por meio do analisador SPAD, esse parâmetro permite inferir sobre a eficiência fotossintética e o estado nutricional das plantas (Ferreira et al., 2021).

- Produtividade: A produção total de biomassa, frutos ou sementes será analisada, conforme metodologia descrita por Santos et al. (2021), para determinar o impacto do biofertilizante na produtividade agrícola.
- Resistência a Estresses: Alguns estudos sugerem que biofertilizantes podem aumentar a tolerância das plantas a estresses ambientais como seca e salinidade (INIAV, 2020).

4.7.2 Métodos para testes e avaliação da eficácia de biofertilizantes.

Para a validação de biofertilizantes, devem ser considerados métodos que avaliem tanto a atividade microbiológica quanto o impacto agrônomo. Um dos primeiros passos consiste na caracterização microbiológica do produto, utilizando técnicas como contagem de unidades formadoras de colônia (UFC), análise da diversidade microbiana por sequenciamento de DNA e testes de viabilidade de microrganismos (MORAIS et al., 2022).

Além disso, testes agrônomo podem ser realizados em escala laboratorial ou de campo, com acompanhamento de parâmetros como germinação de sementes, desenvolvimento radicular, acúmulo de biomassa, teores de clorofila e produtividade final das plantas (BALDI et al., 2021).

Para biofertilizantes é importante também avaliar a estabilidade do consórcio microbiano ao longo do tempo, especialmente em condições ambientais variadas. Estudos demonstram que a inclusão de culturas simbióticas como o SCOBY pode melhorar a liberação de compostos bioativos e a disponibilidade de nutrientes no solo (MORAIS et al., 2022).

Por fim, testes de impacto ambiental devem ser conduzidos, verificando possíveis efeitos sobre a microbiota nativa do solo, bem como a biodegradabilidade do biofertilizante e seu potencial de lixiviação.

4.8 ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS.

A avaliação dos aspectos econômicos e ambientais é essencial para validar a viabilidade prática da produção de biofertilizantes à base de ora-pro-nóbis, especialmente quando se incorpora o uso de consórcios microbianos como o SCOBY e seu substrato energético. Essa estratégia contribui para a redução da dependência de insumos sintéticos e promove o reaproveitamento de resíduos do CEASA e microbiológicos oriundos da produção de kombucha, reforçando o caráter

sustentável do processo.

Uma das inovações propostas neste trabalho foi a incorporação do SCOBY no processo fermentativo da biomassa vegetal. Essa adição visa potencializar a ação dos microrganismos sobre a matéria-prima ora-pro-nóbis, resultando em um biofertilizante com maior atividade biológica. O uso do SCOBY não apenas melhora o perfil microbiológico do produto final, como também reforça os princípios da sustentabilidade por meio do reaproveitamento de resíduos agroindustriais com alto potencial biotecnológico (MORAIS et al., 2022; KOMBUCHA WORKS, 2025).

A literatura científica aponta que biofertilizantes apresentam custos de produção entre 30% e 50% inferiores aos fertilizantes sintéticos, principalmente devido ao uso de matérias-primas vegetais locais, como a ora-pro-nóbis, e de subprodutos microbianos como o SCOBY (BHARDWAJ et al., 2014). Além de serem economicamente vantajosos, esses produtos oferecem benefícios ambientais expressivos, como a redução nas emissões de gases de efeito estufa, o estímulo à biodiversidade microbiana do solo e a recuperação de áreas degradadas (SEUFERT et al., 2012).

A inclusão do SCOBY nesse contexto potencializa ainda mais o desempenho dos biofertilizantes, ao introduzir cepas funcionais de bactérias ácido-acéticas e leveduras, capazes de intensificar a atividade microbiana do solo e melhorar a disponibilidade de nutrientes, sobretudo em solos com baixos níveis de matéria orgânica. Esse enfoque biotecnológico está alinhado à crescente demanda por bioinsumos naturais, estimulada tanto por políticas públicas quanto pelo comportamento de consumo mais consciente (FAO, 2021).

A utilização de resíduos vegetais oriundos das centrais de abastecimento (CEASAs) como parte da formulação do biofertilizante também representa uma estratégia ambientalmente relevante. Esses resíduos, frequentemente descartados de forma inadequada, contribuem significativamente para a geração de lixo orgânico urbano, emissão de gases do efeito estufa e contaminação de solos e corpos hídricos. Ao serem redirecionados para processos biotecnológicos como a fermentação, passam de passivos ambientais a insumos agrícolas de alto valor, promovendo a economia circular e a redução de impactos ambientais urbanos. Estudos demonstram que a destinação correta desses resíduos pode reduzir em até 60% a carga orgânica de aterros sanitários e emissões associadas ao metano (FARIAS et al., 2016). Além disso, seu uso em biofertilizantes líquidos favorece a

reintegração de nutrientes ao solo de forma segura e sustentável, contribuindo para o fechamento de ciclos biogeoquímicos essenciais à agricultura regenerativa.

Embora a proposta deste trabalho seja baseada em revisão teórica e dados estimativos, os resultados indicam viabilidade técnica e potencial competitividade econômica, desde que o processo seja adaptado às condições locais. A produção em pequena escala e de forma descentralizada pode reduzir custos logísticos e garantir maior autonomia para agricultores familiares e produtores orgânicos.

Como evidenciado na Tabela 2, os biofertilizantes despontam como alternativa promissora frente aos fertilizantes sintéticos, especialmente sob as perspectivas econômica e ambiental. Além de apresentarem menor custo por hectare (PRETTY, 2005), estudos indicam uma redução de até 75% nas emissões de CO₂ equivalentes (BHARDWAJ et al., 2014). No entanto, essa substituição pode implicar em uma leve redução da produtividade agrícola, com perdas médias estimadas entre 10% e 15% (SEUFERT et al., 2012).

Tabela 2- Biofertilizante vs Sintético.

VARIÁVEL	BIOFERTILIZANTES VS SINTÉTICO
Custo por hectare	30-50% mais barato
Emissões de CO ₂	75% menor
Produtividade (grãos)	10-15% menor

Fonte: Pretty, J., 2005; Bhardwaj, D. 2014; Seufert et al., 2012.

Apesar das vantagens, os desafios ainda limitam a adoção dos biofertilizantes em larga escala. Dentre eles, destacam-se os custos logísticos com transporte e armazenamento de produtos líquidos, que podem aumentar em até 40% em regiões remotas (FAO, 2021), além da eficácia variável em solos degradados, onde a produtividade pode ser até 25% menor (BHARDWAJ et al., 2014).

5 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza qualitativa e caráter exploratório, realizada exclusivamente por meio de levantamento bibliográfico. A elaboração do processo produtivo proposto para o biofertilizante à base de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) fundamenta-se na revisão de publicações científicas, livros técnicos, patentes, legislações e relatórios institucionais. Os dados obtidos subsidiaram a formulação teórica do processo e a escolha das operações unitárias compatíveis com a estrutura da biomassa vegetal utilizada. Também foi integrada a análise do uso de consórcios microbianos, como o SCOBY e substrato energético proveniente de resíduos orgânicos do Ceasa, como componente fermentativo.

5.1 TIPO DE PESQUISA:

A pesquisa é classificada como aplicada, pois visa propor soluções práticas voltadas à produção de biofertilizantes a partir de matéria-prima vegetal. Utilizou-se uma abordagem qualitativa com fins descritivos e exploratórios, uma vez que se buscou compreender o contexto, as possibilidades técnicas e as implicações do uso da ora-pro-nóbis, do SCOBY e do resíduo vegetal da CEASA (RC) no desenvolvimento de fertilizantes orgânicos sustentáveis. Para isso, serão utilizados os seguintes métodos:

5.1.1 Pesquisa bibliográfica:

- Fundamentar teoricamente o uso da ora-pro-nóbis, de consórcios microbianos como o SCOBY e de resíduos agroindustriais, como os provenientes da CEASA, na produção de biofertilizantes;
- Analisar os princípios técnicos das operações unitárias envolvidas, como moagem e fermentação.

5.1.2 Pesquisa descritiva:

- Analisar o cenário atual da gestão de resíduos agroindustriais e as demandas do mercado por biofertilizante, identificando oportunidades e desafios.

5.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS:

A metodologia seguiu os princípios da revisão integrativa da literatura, com base no protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), adaptado para o contexto da engenharia. A etapa de levantamento teórico envolveu as seguintes fases:

5.2.1 Identificação.

Foi realizada uma busca sistemática entre janeiro e junho de 2025, nas bases de dados SciELO, Google Scholar, PubMed e ScienceDirect, além de fontes institucionais como EMBRAPA e IBGE. As palavras-chave utilizadas foram: “ora-pro-nóbis”, “Pereskia aculeata”, “biofertilizante vegetal”, “mucilagem”, “operações unitárias”, “SCOBY”, “fermentação aeróbica”, “resíduos”, “CEASA”, “agricultura sustentável” e “impacto no solo”. Operadores booleanos (AND/OR) foram utilizados para refinar os resultados.

5.2.2 Triagem.

A triagem inicial considerou o título e o resumo dos artigos. Foram incluídas publicações entre 2012 e 2025, nos idiomas português, inglês e espanhol. Foram inicialmente identificados 118 artigos. Após a remoção de 13 duplicatas, restaram 105 registros únicos. Destes, 42 estudos foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão, como temas irrelevantes ou foco fora do escopo da pesquisa, resultando em 63 artigos selecionados para leitura completa.

5.2.3 Elegibilidade.

Os textos completos dos 63 artigos restantes foram analisados criticamente. Os critérios de elegibilidade consideraram estudos com enfoque em processos fermentativos, uso de biomassa vegetal, formulações de biofertilizantes, reaproveitamento de resíduos e aplicações de consórcios microbianos como o SCOBY. Após essa análise, 42 estudos foram excluídos por apresentarem metodologias inadequadas, dados inconsistentes ou falta de foco nos insumos utilizados nesta proposta, totalizando 21 estudos elegíveis.

5.2.4 Inclusão.

Assim, 21 estudos foram incluídos na revisão integrativa final, compondo a base teórica para a análise crítica do uso da OPN, do SCOPY e dos resíduos do CEASA na produção de biofertilizantes. Estes estudos contemplam artigos científicos, dissertações, relatórios técnicos e manuais de boas práticas agrícolas.

5.3 FLUXOGRAMA MÉTODO PRISMA

A seguir, apresenta-se o fluxograma do PRISMA, com a síntese do número de estudos identificados, triados, excluídos e, por fim, incluídos na análise final:

Figura 6- Fluxograma do método PRISMA.



Fonte: O autor, 2025.

Embora o presente trabalho contenha um total de 96 referências bibliográficas consultadas ao longo de toda a pesquisa, apenas 21 estudos foram considerados elegíveis e incluídos diretamente na revisão integrativa da literatura, conforme os critérios do método PRISMA.

As demais referências foram utilizadas para fundamentar a justificativa, os aspectos metodológicos, os conceitos de operações unitárias e os impactos agrônômicos e ambientais do biofertilizante proposto, mas não integraram a análise sistemática da revisão.

5.4 FONTES DE DADOS:

- Artigos científicos e livros especializados em biofertilizantes, ora pro nobis, microbiologia agrícola, resíduos do CEASA e operações unitárias;
- Publicações técnicas sobre o uso de SCOBY como fonte microbiana alternativa;
- Normas ambientais e agrícolas vigentes no Brasil.
- Estudos de casos de projetos semelhantes desenvolvidos em contextos agroindustriais.
- Periódicos e relatórios técnicos sobre sustentabilidade e agricultura.
- Sites oficiais e banco de dados de instituições como EMBRAPA e IBGE.
- Normativas ambientais e estatísticas regionais relacionadas à produção de biofertilizantes.

5.5 PROPOSTA DE PROCESSO PRODUTIVO.

A metodologia apresentada possui caráter exploratório teórico, com a finalidade de demonstrar uma potencial abordagem experimental que poderá ser aplicada em investigações futuras. Este estudo foi desenvolvido com base em revisão bibliográfica aprofundada e simulações conceituais, que consistem em modelos teóricos ou representações abstratas usadas para prever ou demonstrar o comportamento de um sistema sem a realização prática dos procedimentos. Essas simulações permitem explorar e analisar possibilidades de forma preliminar, por meio de cálculos ou softwares, antes de sua aplicação prática efetiva.

A partir das evidências encontradas na literatura, foi estruturada uma proposta teórica de processo produtivo de biofertilizante utilizando a ora-pro-nóbis como insumo principal, o consórcio simbiótico SCOBY como agente microbiano fermentador e o resíduo da CEASA (RC) como substrato coadjuvante. A formulação baseia-se em suas propriedades químicas e funcionais, nas operações unitárias mais adequadas à sua composição e nos princípios de sustentabilidade voltados para processos tecnicamente viáveis e de baixo custo.

5.6 CUSTOS E INVESTIMENTOS.

5.6.1 Investimento inicial e receita estimada.

Para viabilizar a produção em pequena escala de biofertilizantes líquidos à base de ora-pro-nóbis com adição de SCOPY+RC, estima-se a necessidade de um investimento inicial entre R\$ 45.000,00 e R\$ 55.000,00, destinado à aquisição de equipamentos básicos como moinho, tanques de fermentação, filtros e estrutura auxiliar (SEBRAE, 2023). A operação pode ser implantada em uma área mínima de 100 m², suficiente para comportar a produção estimada de até 1.000 litros por mês, o que equivale a 12.000 litros por ano.

Tabela 3- Estimativa de investimento inicial.

ITEM	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	FONTE
Moinho triturador	1	6.000,00	6.000,00	SEBRAE,2023
Tanques de fermentação (100L)	3	1.500,00	4.500,00	EMBRAPA,2021.
Tanque de armazenamento (500L)	1	2.500,00	2.500,00	MERCADO LIVRE,2025.
Bombas de recirculação/drenagem	2	800,00	1.600,00	SEBRAE,2023
Sistema de filtragem	1	3.500,00	3.500,00	EMBRAPA,2021.
Balança digital	1	600,00	600,00	SEBRAE,2023
Kit laboratorial básico	1	3.000,00	3.000,00	Estimativa técnica.
Estrutura física (galpão 100 m ²)	1	20.000,00	20.000,00	SEBRAE,2023
Mão de obra e capacitação	-		6.000,00	CAGED,2023.
Energia elétrica e instalações	-		5.000,00	Estimativa técnica.
Total estimado			52.700,00	

Fonte: O autor,2025.

A composição dos valores considera uma estrutura simplificada, de baixo custo, voltada à agricultura familiar ou a pequenos empreendedores. O uso de equipamentos acessíveis, reaproveitamento de resíduos (OPN, SCOBY e RC) e mão de obra local reforçam a viabilidade técnica e econômica da proposta. O total estimado (R\$ 52.700,00) pode variar conforme fornecedores e adaptações regionais, mas está dentro da faixa de R\$ 45.000,00 a R\$ 55.000,00 prevista por instituições como o SEBRAE (2023).

Segundo informações divulgadas pela Associação Brasileira das Empresas de Bioinsumos (ABCBio, 2024), o valor de mercado dos biofertilizantes líquidos pode variar entre R\$12,00 e R\$25,00 por litro. Para fins de análise econômica preliminar, foi adotado um valor conservador de comercialização de R\$15,00/L. A seguir, apresenta-se a Tabela 4, que relaciona a produção mensal estimada:

Tabela 4- Estimativa de produção e custos para biofertilizante líquido.

Produção estimada (litros/mês).	Custo Mensal (R\$/mês)	Custo Anual (R\$/ano)
1.000,00	15.000,00	180.000,00

Fonte: (ABCBio, 2024).

Abaixo, apresentam-se os critérios utilizados nos cálculos de estimativas, para melhor transparência metodológica:

Tabela 5- Critérios de cálculo utilizados para estimativas de investimento

PARÂMETRO	MÉTODO DE CÁLCULO
Investimento inicial	Soma dos valores unitários dos equipamentos e infraestrutura necessários, com base em cotações de mercado e relatórios técnicos (SEBRAE, EMBRAPA, Mercado Livre).
Receita mensal	Produção mensal (1.000 L) × Preço de venda (R\$15,00/L), adotando valor conservador de mercado segundo ABCBio (2024).
Receita anual	Receita mensal × 12 meses = R\$ 15.000,00 × 12 = R\$180.000,00
Área mínima necessária	Estimada em 100 m ² com base no espaço ocupado pelos equipamentos listados e layout simplificado de produção.
Varição de investimento	Faixa entre R\$45.000,00 e R\$55.000,00 conforme oscilações regionais e diferentes fornecedores.

Fonte: O autor, 2025.

Com base nesses dados, conclui-se que o modelo de produção proposto apresenta alto potencial de retorno para pequenos produtores e cooperativas agrícolas, com estrutura compacta, baixo custo operacional e aproveitamento sustentável de resíduos. A margem bruta estimada, considerando um custo médio de R\$600/t de produção e preço de venda de R\$15/L, também indica viabilidade econômica positiva já no primeiro ano de operação.

5.6.2 Margem de Lucro e Payback.

Com base nas estimativas apresentadas, o modelo de produção de biofertilizante à base de ora-pro-nóbis com adição de SCOBY+RC demonstra elevada rentabilidade. Considerando uma produção mensal de 1.000 L e um preço de comercialização de R\$ 15,00/L, obtém-se uma receita anual de aproximadamente R\$ 180.000,00. Os custos médios de produção, estimados em R\$ 600,00 por batelada de 1.000 L (Tabela 5), resultam em um custo anual de cerca de R\$ 7.200,00.

Assim, o lucro operacional anual estimado é de aproximadamente R\$

172.800,00, o que corresponde a uma margem de lucro em torno de 96%. Mesmo admitindo variações de preços de insumos, custos de energia, mão de obra e eventuais despesas adicionais, a margem permanece elevada, indicando forte potencial econômico para o modelo proposto.

Para um investimento inicial aproximado de R\$ 52.700,00 (Tabela 7), o tempo de retorno do investimento (payback simples) é da ordem de 0,30 ano, o que equivale a cerca de 4 meses de operação contínua. Esse resultado evidencia que o projeto, além de sustentável do ponto de vista ambiental, apresenta atratividade econômica significativa para pequenos produtores, cooperativas e empreendimentos de base agroecológica.

Além da elevada rentabilidade, o projeto se mostra altamente escalável: a ampliação da capacidade produtiva exige basicamente o aumento do número de tanques e da área de cultivo de ora-pro-nóbis, sem necessidade de mudanças estruturais complexas. A utilização de SCOBY e RC como insumos reaproveitados reforça a lógica de economia circular, reduzindo custos e agregando valor ambiental ao processo. Dessa forma, a produção de biofertilizantes à base de ora-pro-nóbis e SCOBY+RC apresenta-se como economicamente viável, tecnicamente robusta e ambientalmente sustentável, contribuindo para o fortalecimento da bioeconomia e da agricultura regenerativa no Brasil e na América Latina.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados obtidos com base na análise teórica e sistematização da literatura científica, em consonância com os objetivos propostos neste estudo. A discussão dos dados foi estruturada com base nas publicações selecionadas por meio da revisão integrativa, organizadas em categorias temáticas previamente definidas. Dessa forma, foram avaliados os aspectos da composição nutricional da OPN, os parâmetros de eficácia do biofertilizante e os impactos econômicos e ambientais associados ao uso de formulações fermentadas com SCOBY + RC.

6.1 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA ORA PRO NOBIS E SUA ADEQUAÇÃO COMO MATÉRIA PRIMA PARA BIOFERTILIZANTES.

A análise da composição química de OPN demonstrou elevada densidade nutricional, indicando potencial como matéria-prima promissora para a produção de biofertilizantes.

Conforme os dados obtidos na revisão bibliográfica (Mercê et al., 2001) , as folhas de OPN apresentam teores significativos de proteínas (22,9-28,6 g/100g de matéria seca), fibras (900 mg/100 g de matéria seca), minerais como cálcio (79 mg/100g de matéria seca), fósforo (32 mg/100g de matéria seca) e ferro (3,6mg/100 g de matéria seca), além de compostos bioativos como flavonoides e polifenóis. Esses nutrientes são essenciais para o desenvolvimento vegetal, atuando como substratos para micro-organismos benéficos no solo e promovendo a ciclagem de nutrientes.

Comparativamente, a OPN supera outras plantas convencionais utilizadas em biofertilizantes, como a mamona, que apresenta alto teor de fósforo e potássio, mas menor diversidade de micronutrientes e compostos bioativos (Silva et al, 2019). Além disso, a presença de mucilagens na ora pro nobis favorece a retenção de umidade no solo, um diferencial importante, em regiões com déficit hídrico (Martin et al, 2017).

A Tabela 6 compara a composição da ora-pro-nóbis com outras plantas utilizadas em biofertilizantes.

Tabela 6- Comparação nutricional entre matérias primas para fertilizantes.

COMPONENTE	ORA PRO NOBIS	MAMONA	PANACEIA
Proteínas (g/100g)	22,9-28,6	18,2	12,4
Cálcio (mg/100g)	79	32	58
Fósforo (mg/100g)	32	210	39
Ferro (mg/100g)	3,6	2,1	1,2
Fibras (g/100g)	0,9	1,2	-
Compostos fenólicos	Alto	Baixo	Baixo

Fonte: Hissatomi et al., 2020.

A diversidade de compostos bioativos da ora-pro-nóbis sugere um favorecimento da fermentação microbiana, sobretudo quando associada ao uso de consórcios simbióticos como o SCOBY, que se beneficiam de substratos vegetais ricos para estimular processos metabólicos desejáveis na produção de bioinsumos.

6.2 ANÁLISE DO SCOBY

O SCOBY, tradicionalmente utilizado na produção de kombucha, representa uma biomassa rica em consórcios simbióticos de bactérias acéticas e leveduras. Essa cultura microbiológica, quando reaproveitada, pode ser empregada como inoculante natural na produção de biofertilizantes, promovendo a fermentação dos substratos orgânicos e contribuindo para a biodisponibilidade de nutrientes ao solo.

Estudos demonstram que os microrganismos presentes no SCOBY, especialmente bactérias acéticas e leveduras, são capazes de solubilizar fósforo, fixar nitrogênio atmosférico e degradar matéria orgânica complexa, propriedades altamente desejáveis em sistemas de biofertilização (TIMOFEEVA et al., 2023; LI et al., 2020). Essas características contribuem diretamente para a promoção do crescimento vegetal e melhoria da fertilidade do solo, atuando de forma sinérgica com a matéria-prima vegetal utilizada.

A introdução do SCOBY em formulações de biofertilizantes melhora a estabilidade microbiológica do produto, prolongando sua vida útil e aumentando sua

eficácia no ambiente agrícola (UGHAMBA et al., 2025). Quando associado a substratos vegetais ricos em nutrientes, como a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*), o SCOBY encontra condições ideais para expressar seu potencial fermentativo e metabólico, favorecendo a liberação gradual de nutrientes no solo e melhorando a disponibilidade de nitrogênio e fósforo (KUMAR et al., 2021).

6.3 ANÁLISE DO RC

Os resíduos vegetais da CEASA, compostos majoritariamente por cascas, polpas e folhas descartadas de frutas e hortaliças, apresentam alta carga orgânica e significativa concentração de carboidratos fermentescíveis, fibras e micronutrientes. Essa composição os torna uma excelente fonte de carbono e energia para os microrganismos durante a produção de biofertilizantes (INÁCIO et al., 2009).

Estudos demonstram que a co-digestão de resíduos hortifrutigranjeiros com biomassa vegetal de elevada carga orgânica, resulta em aumento da produção de compostos húmicos e ácidos orgânicos, que são fundamentais para a nutrição vegetal e melhoria da estrutura do solo (HINTERHOLZ et al., 2024). Além disso, sua elevada umidade natural contribui para o equilíbrio da relação C/N durante a fermentação, facilitando a decomposição microbiana.

A Tabela 7 apresenta a composição típica dos resíduos de centrais de abastecimento, com destaque para a presença de açúcares solúveis, matéria orgânica total e minerais essenciais.

Tabela 7- Composição típica dos resíduos do CEASA.

Componente	Valor médio
Materia Organica (%)	85-90
Açúcares totais (%)	12-18
Umidade (%)	80-92
Cálcio (mg/kg)	70-140
Potássio (mg/kg)	250-400
Relação C/N	20-25

Fonte: Inácio et al., 2019.

A inclusão dos resíduos da CEASA na formulação de biofertilizantes fortalece o aspecto da economia circular, ao transformar passivos ambientais em insumos agrícolas eficientes, especialmente em regiões de agricultura familiar ou com limitação de acesso a fertilizantes industriais.

6.4 ANÁLISE DA COMBINAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS.

A combinação dos insumos propostos nesta formulação apresenta sinergias que podem ser particularmente úteis para regiões de clima semiárido brasileiro. Nessas áreas, predominam solos alcalinos (ARAÚJO FILHO et al., 2022) e de baixa retenção hídrica, onde a agricultura enfrenta desafios associados à escassez de água e à baixa disponibilidade de nutrientes (SANTOS, s.d). O uso do SCOBY como agente microbiano promove a geração de um biofertilizante ácido, rico em ácidos orgânicos capazes de solubilizar fósforo e micronutrientes em solos com pH elevado. Simultaneamente, a presença da OPN, rica em mucilagens com propriedades hidrocoloidais, pode contribuir para a retenção de umidade no solo. Adicionalmente, a inclusão do resíduo da CEASA (RC), rico em açúcares e matéria orgânica facilmente fermentável, fornece uma base nutricional favorável ao crescimento microbiano, além de representar uma estratégia sustentável de reaproveitamento de resíduos (NICOLOSO et al., 2024). Essa potencial combinação torna o biofertilizante conceitualmente adequado para situações típicas do semiárido brasileiro, unindo viabilidade técnica, aproveitamento de resíduos e contribuição agronômica contextualizada.

6.5 PROCESSO PRODUTIVO: OPERAÇÕES UNITÁRIAS E FLUXOGRAMA

Com base na revisão de literatura, foi elaborado um fluxograma (figura 7) para a produção de biofertilizante a partir de *ora pro nobis* e às exigências microbiológicas da fermentação com SCOBY, contemplando as seguintes operações unitárias:

-Lavagem: A lavagem da matéria-prima vegetal é fundamental para garantir a qualidade inicial do processo. Essa etapa tem como finalidade remover impurezas físicas (como terra, insetos e poeira), evitando a contaminação do meio fermentativo e contribuindo para a estabilidade

microbiológica da formulação (Silva et al., 2019). Após a etapa de lavagem, o material segue úmido para o processamento subsequente, sem passar por secagem.

-Trituração/Moagem: A trituração das folhas tem como objetivo aumentar a área de contato da biomassa com a água e os microrganismos do SCOBY. O material vegetal é submetido à moagem até alcançar granulometria média entre 1 e 2 mm, garantindo partículas suficientemente pequenas para favorecer a liberação de compostos bioativos e nutrientes sem comprometer a estrutura celular essencial ao processo fermentativo. Essa redução granulométrica otimiza a extração de mucilagens, flavonoides e polissacarídeos, que atuam como substratos durante a fermentação. Ao reduzir o tamanho das partículas, facilita-se a liberação de nutrientes e compostos bioativos, como mucilagens e flavonoides, que serão utilizados no processo de fermentação.

-Maceração: A maceração tem por finalidade extrair gradualmente os componentes solúveis da biomassa vegetal em meio aquoso. O processo é conduzido sob agitação leve (100–150 rpm) e temperatura ambiente (25 ± 2 °C) por um período de 24 horas, em recipiente fechado para evitar contaminação externa. Essas condições favorecem a solubilização de compostos como açúcares, aminoácidos e mucilagens, que estimulam a atividade metabólica dos microrganismos simbióticos do SCOBY, servindo como fonte energética para o início da fermentação (Alves et al., 2018).

-Mistura: A mistura da biomassa vegetal com o SCOBY é essencial para garantir a dispersão uniforme do inóculo simbiótico no meio. Essa etapa assegura que as bactérias e leveduras do SCOBY entrem em contato eficiente com os compostos vegetais, dando início à fermentação e favorecendo uma colonização microbiana equilibrada. Foram preparadas duas formulações experimentais:

- Mistura 1: composta por 84% de água, 10% de biomassa vegetal (ora-pro-nóbis), 5% de substrato energético (açúcar mascavo ou melado, utilizado como fonte de carbono), e 1% de SCOBY (v/v).
- Mistura 2: composta por 74% de água, 20% de biomassa vegetal, 5% de substrato energético, e 1% de SCOBY (v/v).

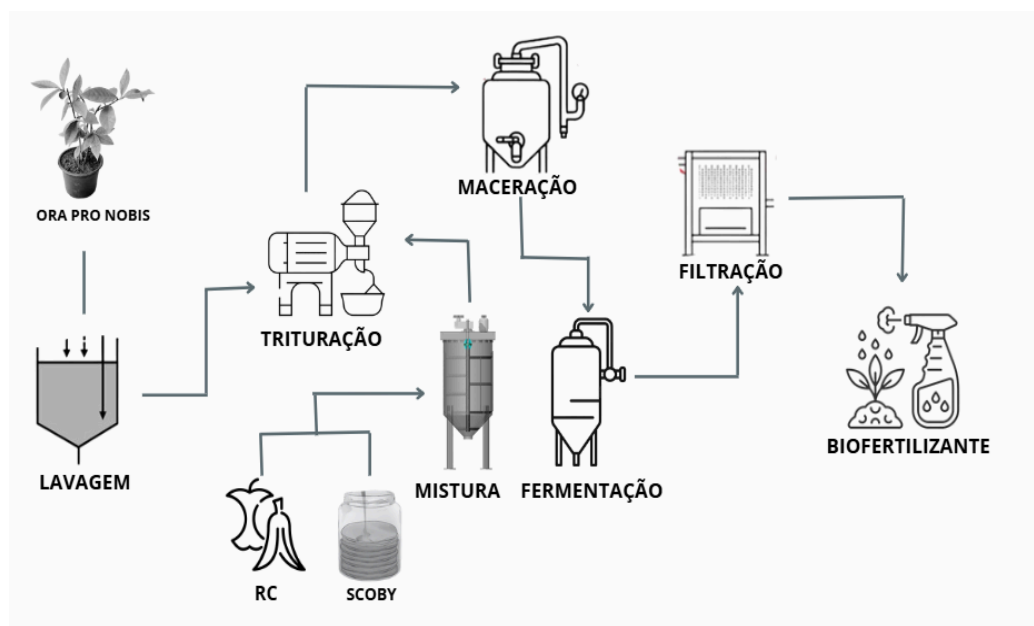
Essas proporções foram definidas com base em ensaios prévios para balancear a carga orgânica e o teor microbiano inicial, assegurando uma fermentação estável e a produção de metabólitos de interesse agrônomo.

-Fermentação: A fermentação aeróbica é conduzida sob temperatura controlada de 28 ± 2 °C, em recipientes abertos parcialmente cobertos por tecido respirável (gaze ou TNT) para permitir a troca gasosa e impedir a entrada de contaminantes. O processo tem duração média de 10 a 15 dias, dependendo da atividade microbiana e da concentração inicial de substratos. Durante esse período, os microrganismos do SCOBY (bactérias do ácido acético e leveduras simbióticas) degradam compostos orgânicos da biomassa, liberando ácidos orgânicos (acético, láctico e glucônico), enzimas hidrolíticas e substâncias bioestimulantes, que enriquecem a qualidade agrônômica do biofertilizante (Souza et al., 2017). A aeração natural é mantida para sustentar o metabolismo oxidativo e prevenir a formação de odores indesejáveis.

-Filtração: A filtração final visa remover resíduos sólidos e fibras remanescentes da biomassa, resultando em um biofertilizante líquido homogêneo e de fácil aplicação. Essa etapa é realizada com peneiras de malha 1 mm, assegurando fluidez adequada e evitando entupimentos em sistemas de irrigação. Além disso, contribui para prolongar a vida útil do produto e estabilizar suas características físico-químicas (Oliveira et al., 2022).

A seguir, o fluxograma:

Figura 7- Fluxograma do processo produtivo de biofertilizantes.



Fonte: O autor, 2025.

O fluxograma (figura 7) proposto demonstra viabilidade técnica, alinhando-se a estudos anteriores que utilizaram processos similares para outras biomassas (Embrapa, 2022). A escolha das operações foi fundamentada em critérios de eficiência, custo e sustentabilidade.

6.6 VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL

A proposta de produção de biofertilizante à base de ora-pro-nóbis combinada ao uso do consórcio microbiano SCOBY, e do resíduo da CEASA (RC) destaca-se por seu potencial econômico e ambiental, apresentando custos menores em relação aos fertilizantes químicos convencionais e alinhando-se aos princípios da economia circular e da sustentabilidade.

Além de empregar uma planta rústica, de fácil manejo, com um produto tolerante à seca e resistente a pragas, o processo incorpora o reaproveitamento do SCOBY um subproduto da produção de kombucha como estratégia alinhada à economia circular, evitando o descarte de materiais com alto valor biotecnológico. A utilização do SCOBY não apenas contribui para a qualidade microbiológica do biofertilizante, como também fortalece os princípios da sustentabilidade, ao reintegrar resíduos agroindustriais com potencial funcional ao ciclo produtivo (MORAIS et al., 2022; KOMBUCHA WORKS, 2025).

Adicionalmente, o resíduo da CEASA (RC) representa um insumo abundante, de baixo custo e elevado valor agronômico, composto por frutas, hortaliças e folhas descartadas ricas em açúcares, fibras e micronutrientes. Sua inclusão no processo fermentativo fornece matéria orgânica facilmente fermentável, essencial para o crescimento microbiano, além de promover o reaproveitamento de resíduos orgânicos urbanos que, de outra forma, teriam destinação inadequada. Dessa forma, a combinação de OPN, SCOBY e RC configura uma alternativa produtiva de alta viabilidade técnica, econômica e ambiental, voltada especialmente a pequenos produtores e sistemas de base agroecológica.

6.6.1 Estimativa de custos de produção.

O custo da matéria-prima (folhas frescas de ora-pro-nóbis) é considerado

baixo, dado que a planta é de fácil cultivo, apresenta alta resistência a pragas e requer poucos insumos agrícolas. De acordo com a Embrapa (2022), o custo médio de produção de plantas não convencionais (PANCs) é estimado em R\$80,00 a R\$120,00 por tonelada de biomassa fresca (folhas). Além disso, os demais insumos utilizados no processo apresentam custo praticamente nulo, uma vez que o SCOBY é proveniente de reaproveitamento de processos fermentativos (como produção de kombucha) e o resíduo complementar (RC) é oriundo da triagem de resíduos orgânicos da CEASA, não havendo custo de aquisição. Conseqüentemente, o gasto total com matérias-primas permanece significativamente reduzido, reforçando a viabilidade econômica do processo.

O custo operacional médio para biofertilizantes líquidos no Brasil é estimado em R\$0,70 a R\$1,00 por litro produzido (MAPA, 2022).

No caso específico da água, foram utilizados aproximadamente 200 litros no preparo do biofertilizante concentrado. Esse volume foi definido considerando a capacidade dos equipamentos disponíveis para fermentação artesanal, a necessidade de garantir uma homogeneização adequada dos componentes e assegurar condições favoráveis ao desenvolvimento microbiano durante o processo. Além disso, esse volume inicial permite a obtenção de um concentrado que poderá ser diluído posteriormente na proporção de 1:4 a 1:5, conforme a recomendação de uso em campo. Essa estratégia, comum em práticas artesanais, permite otimizar o volume inicial de fermentação e garante maior controle microbiológico durante o processo (MAPA, 2022; SOUZA et al., 2017).

Para a produção de 1.000 L do biofertilizante OPN+SCOBY+RC, os custos foram estimados conforme tabela 8 abaixo:

Tabela 8- Estimativa de custos para produção de 1000 de biofertilizante.

Produtos	Custos Estimativos (R\$)	Critério de Cálculo	Referência
Matéria-prima vegetal in natura (~20 kg de folhas OPN).	R\$100,00	Valor médio de 20 kg de folhas de ora-pro-nóbis em feiras agroecológicas e hortas comunitárias.	EMBRAPA,2022.
Água potável.	R\$20,00	Tarifa média de abastecimento rural, R\$0,10/L.	Estimativa própria com base na SANEPAR.
SCOBY (reaproveitado)	R\$0,00	Reaproveitamento de excedente da produção de kombucha.	-
Resíduos do CEASA	R\$0,00	Resíduo vegetal coletado gratuitamente nas centrais de abastecimento.	Estimativa própria com base técnica.
Energia elétrica (moagem, fermentação, iluminação).	R\$100,00	~7 kWh no total a R\$1,00/kWh.	Estimativa própria com base na COPEL.
Mão de obra (10 h).	R\$200,00	Custo estimado de R\$20,00/h para serviços operacionais manuais.	Adaptação de MAPA, 2022.
Materiais de filtração e embalagem.	R\$80,00	Inclui 5 bombonas plásticas de 20 L (~R\$ 12 cada), panos/peneiras reutilizáveis (~R\$ 10) e lacres/etiquetas (~R\$ 10), totalizando por batelada.	Baseado em EMBRAPA, 2021.
Manutenção de equipamentos.	R\$100,00	Estimativa com base em uso de lubrificante (~R\$ 25), troca de peças simples (~R\$ 30) e limpeza técnica/mão de obra (~R\$ 45) por batelada.	Estimativa própria com base em Fertilizers Granulator (2024)

Fonte: Elaboração própria com base em dados da EMBRAPA (2022) e MAPA (2022), ajustados ao processo com SCOBY.

6.6.2 Comparativo de custos.

Com base nas estimativas de custos apresentadas para a produção do biofertilizante formulado com ora-pro-nóbis e SCOBY, além do resíduo do CEASA, é possível realizar uma comparação direta com os fertilizantes químicos convencionais. A tabela 9 a seguir resume as principais diferenças em termos de custos operacionais, eficiência agrônômica e impacto ambiental, evidenciando as vantagens da alternativa proposta tanto sob o ponto de vista econômico quanto sustentável.

Tabela 9- Comparativo de custos.

	FERTILIZANTE QUÍMICO	BIOFERTILIZANTE OPN+RC+SCOBY
Custo de produção (R\$/t)	R\$1200,00	R\$600,00
Aplicação (R\$/h/ano)	R\$300,00	R\$150,00
Perdas por lixiviação(%)	25%	8%
Custo ambiental	R\$450,00	R\$110,00

Fonte: Elaboração própria com base em ANDA, 2023, EMBRAPA, 2022 e MAPA, 2022.

A Tabela 9 apresenta um comparativo estimado entre os custos envolvidos na produção e uso de fertilizantes químicos convencionais e o biofertilizante formulado a partir da OPN e do consórcio microbiano oriundo do SCOBY+RC. O custo de produção do fertilizante químico foi considerado com base em dados da ANDA (2023), que indicam valores médios de R\$1200 por tonelada em produtos nitrogenados, enquanto o custo de produção do biofertilizante foi estimado em R\$ 600 por tonelada, resultado do uso de matérias-primas de baixo custo ou sem custo direto, como as folhas de OPN (EMBRAPA, 2022), o SCOBY (resíduo da produção de kombucha, com reaproveitamento gratuito) e o resíduo vegetal da CEASA, que é descartado em grandes volumes e não possui custo de aquisição.

A incorporação de resíduos provenientes da CEASA contribui significativamente para a redução dos custos de produção, uma vez que se trata de material descartado em grande volume e sem custo direto de aquisição. Esses resíduos, compostos principalmente por frutas, hortaliças e folhagens, possuem elevada umidade, boa fermentabilidade e concentração relevante de macro e micronutrientes, o que favorece a atividade microbiana durante o processo fermentativo e enriquece o valor agronômico do biofertilizante final. O aproveitamento desse resíduo não apenas reduz a dependência de insumos comerciais, como também promove a destinação ambientalmente adequada de um passivo orgânico urbano, alinhando-se aos princípios da economia circular e da agroecologia (HINTERHOLZ et al., 2024).

O custo de aplicação também é inferior no caso do biofertilizante (R\$150), considerando o uso de equipamentos manuais e menor frequência de aplicação, em contraste com a mecanização e repetição exigidas pelo fertilizante químico (custo médio de R\$300 por hectare/ano, conforme MAPA, 2021).

Em relação às perdas por lixiviação, estudos da EMBRAPA (2022) apontam que fertilizantes minerais solúveis podem ter perdas superiores a 25%, ao passo que biofertilizantes líquidos com compostos orgânicos apresentam perdas significativamente menores, em torno de 8%, devido à liberação gradual dos nutrientes.

O custo ambiental é calculado pela Avaliação de Ciclo de Vida, que converte impactos como emissões e uso de recursos em valores monetários. Como biofertilizantes apresentam até 75% menos impactos (Souza et al., 2017), o custo ambiental estimado para o produto OPN fica em torno de R\$110, enquanto para fertilizantes minerais pode chegar a R\$450, comprovando sua vantagem ambiental e econômica. Esses dados reforçam a viabilidade técnica, econômica e ambiental da proposta, especialmente em contextos de agricultura familiar e produção agroecológica.

De modo geral, os resultados obtidos evidenciam que a combinação de ora-pro-nóbis com SCOBY+RC configura uma alternativa promissora para a produção de biofertilizantes sustentáveis. Ainda assim, a literatura científica apresenta lacunas importantes, especialmente no que se refere à padronização de protocolos de produção, avaliação toxicológica do produto final e validação

agronômica em diferentes tipos de solo e culturas. Essas lacunas apontam para a necessidade de aprofundamento em estudos experimentais futuros.

6.6.3 Investimento inicial e receita estimada.

Para viabilizar a produção em pequena escala de biofertilizantes líquidos à base de ora-pro-nóbis com adição de SCOPY+RC, estima-se a necessidade de um investimento inicial entre R\$ 45.000,00 e R\$ 55.000,00, destinado à aquisição de equipamentos básicos como moinho, tanques de fermentação, filtros e estrutura auxiliar (SEBRAE, 2023). A operação pode ser implantada em uma área mínima de 100 m², suficiente para comportar a produção estimada de até 1.000 litros por mês, o que equivale a 12.000 litros por ano.

Tabela 10- Estimativa de investimento inicial.

ITEM	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	FONTE
Moinho triturador	1	6.000,00	6.000,00	SEBRAE,2023.
Tanques de fermentação (100L)	3	1.500,00	4.500,00	EMBRAPA,2021.
Tanque de armazenamento (500L)	1	2.500,00	2.500,00	MERCADO LIVRE,2025.
Bombas de recirculação/drenagem	2	800,00	1.600,00	SEBRAE,2023.
Sistema de filtragem	1	3.500,00	3.500,00	EMBRAPA, 2021.
Balança digital	1	600,00	600,00	SEBRAE,2023.
Kit laboratorial básico	1	3.000,00	3.000,00	Estimativa técnica.
Estrutura física (galpão 100 m ²)	1	20.000,00	20.000,00	SEBRAE,2023.
Mão de obra e capacitação	-		6.000,00	CAGED,2023.
Energia elétrica e instalações	-		5.000,00	Estimativa técnica.
Total estimado			52.700,00	

Fonte: O autor, 2025.

A composição dos valores considera uma estrutura simplificada, de baixo custo, voltada à agricultura familiar ou a pequenos empreendedores. O uso de equipamentos acessíveis, reaproveitamento de resíduos (OPN, SCOBY e RC) e mão de obra local reforçam a viabilidade técnica e econômica da proposta. O total estimado (R\$ 52.700,00) pode variar conforme fornecedores e adaptações regionais, mas está dentro da faixa de R\$ 45.000,00 a R\$ 55.000,00 prevista por instituições como o SEBRAE (2023).

Segundo informações divulgadas pela Associação Brasileira das Empresas de Bioinsumos (ABCBio, 2014), o valor de mercado dos biofertilizantes líquidos pode variar entre R\$12,00 e R\$25,00 por litro. Para fins de análise econômica preliminar, foi adotado um valor conservador de comercialização de R\$15,00/L. A seguir, apresenta-se a Tabela 11, que relaciona a produção mensal estimada com os respectivas rendas operacionais:

Tabela 11- Estimativa de produção e receitas para biofertilizante líquido.

Produção estimada (litros/mês).	Receita Mensal (R\$/mês)	Receita Anual (R\$/ano)
1.000,00	15.000,00	180.000,00

Fonte: ABCBio, 2014.

Com base nesses dados, conclui-se que o modelo de produção proposto apresenta alto potencial de retorno para pequenos produtores e cooperativas agrícolas, com estrutura compacta, baixo custo operacional e aproveitamento sustentável de resíduos. A margem bruta estimada, considerando um custo médio de R\$600/t de produção e preço de venda de R\$15/L, também indica viabilidade econômica positiva já no primeiro ano de operação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura científica, o potencial de formulação de um biofertilizante sustentável a partir da fermentação de resíduos hortifrutigranjeiros com o consórcio microbiano SCOBY, incorporando a ora-pro-nóbis como aditivo funcional. A proposta teórica apresentada demonstra viabilidade técnica e ambiental, integrando princípios da agroecologia, da economia circular e das operações unitárias da Engenharia Química.

A escolha dos insumos baseou-se na valorização de resíduos subutilizados, como aqueles provenientes de centrais de abastecimento (RC), os quais podem fornecer os carboidratos e a matéria orgânica facilmente fermentável necessários ao processo de fermentação. Esse resíduo, composto principalmente por frutas, hortaliças e folhagens descartadas, enriquece o meio com açúcares simples, fibras e micronutrientes, contribuindo tanto para a nutrição microbiana quanto para o valor agrônômico do produto final. A aplicação do SCOBY permite uma bioconversão eficiente, rica em metabólitos bioativos com potencial estimulante ao desenvolvimento vegetal. Já a OPN atua como fonte de micronutrientes, proteínas vegetais e mucilagens com propriedades hidrocoloidais, que favorecem a retenção hídrica no solo e ampliam a eficácia do biofertilizante em condições de estresse climático. A combinação desses três insumos, RC, SCOBY e OPN, configura uma estratégia sustentável, de baixo custo e alto valor agrônômico para a formulação de biofertilizantes líquidos.

O fluxograma proposto, que contempla etapas como lavagem, trituração, maceração, fermentação e filtração, mostrou-se adequado à preservação dos nutrientes e compostos funcionais da biomassa. A inclusão do consórcio microbiano SCOBY+RC na etapa de fermentação representou um diferencial inovador, promovendo o reaproveitamento de resíduos agroindustriais e intensificando o processo microbiológico, com ganhos em eficiência fermentativa e qualidade do produto final. As operações unitárias selecionadas atenderam aos critérios de eficiência de processo, simplicidade operacional e baixo impacto ambiental, configurando um modelo produtivo alinhado aos princípios da bioeconomia circular.

Em termos de viabilidade econômica, o processo demonstrou custos de produção reduzidos, elevada margem de lucro e rápido retorno sobre o investimento

inicial. Estes fatores, associados à crescente demanda por produtos agrícolas sustentáveis, reforçam o potencial comercial do biofertilizante proposto, tanto para pequenos produtores quanto para sistemas agrícolas de médio porte.

Dessa forma, os objetivos estabelecidos neste trabalho foram plenamente alcançados: demonstrou-se a viabilidade técnica da ora-pro-nóbis como insumo, delineou-se um processo produtivo eficiente e sustentável com uso do SCOBY +RC, avaliou-se sua eficácia teórica sobre o solo e o desenvolvimento vegetal, e confirmou-se a viabilidade econômica do modelo proposto.

Por fim, este estudo contribui com alternativas concretas para o avanço da agricultura sustentável e aponta novas possibilidades para o aproveitamento de plantas alimentícias não convencionais e resíduos fermentativos na formulação de bioinsumos de alto valor agregado, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas.

Como desdobramento futuro, recomenda-se a realização de testes experimentais para validar o processo teórico proposto, avaliar a eficiência agrônômica do produto e adequar as condições de fermentação ao uso dos diferentes substratos vegetais. O desenvolvimento de biofertilizantes com essa abordagem pode contribuir para sistemas agrícolas mais autônomos, acessíveis e adaptados às realidades locais, especialmente em regiões semiáridas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira das Empresas de Bioinsumos (ABCBio). Apresentação ABCBio. 2014.

ACORIO. Loja Acorio. Disponível em: <https://loja.acorio.com.br/?srsltid=AfmBOooDtaDtSbv3SoHzd7ppZKVbP7ZvBuexUbGAMCYNlfxJ7o2bRyTD>.

ALBUQUERQUE, M. G. P. T.; SABAA-SRUR, A. U. O.; FREIMAN, L. O. Composição centesimal e escore de aminoácidos em três espécies de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill., *P. bleu* De Candolle e *P. pereskia* (L) Karsten). Boletim SBCTA, Campinas, v. 25, n. 1, p. 7-12, 1991.

ALMEIDA, M. E. F.; JUNQUEIRA, A. M. B.; SIMÃO, A. A.; CORRÊA, A. D. Caracterização química das hortaliças não-convencionais conhecidas como ora-pro-nóbis. Bioscience Journal, v. 30, n. 3, p. 431-439, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/17555>.

ALTIERI, M.A. Agroecology: The science of sustainable agriculture. CRC Press, 1996.

ALVES, E.U. et al. Extração de compostos bioativos de plantas não convencionais. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v.20, 2018.

AGOSTINI-COSTA, T. S.; WONDRACECK, D. C.; ROCHA, W. S.; SILVA, D. B. Carotenoids profile and total polyphenols in fruits of *Pereskia aculeata* Miller. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 34, n. 1, p. 234-238, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000100031>.

AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and health benefits of *Pereskioideae* and *Cactoideae*: A review. Food Chemistry, v. 327, p. 126961, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126961>.

ANDA. Relatório sobre o mercado de fertilizantes, 2023. Disponível em: <https://anda.org.br/wp-content/uploads/2025/03/Comentarios.pdf>.

ARAÚJO FILHO, J. C. de; MARQUES, F. A.; AMARAL, A. J. do; CUNHA, T. J. F.; SOUZA JÚNIOR, V. S. de; GALVÃO, P. V. M. Solos do Semiárido: características e estoque de carbono. In: GIONGO, V.; ANGELOTTI, F. (ed.). Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas: experiência brasileira. Brasília, DF: Embrapa, 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1150137/1/Solos-do-Semi-arido-2022.pdf>.

BALDI, Elena; GIOACCHINI, Paola; MONTECCHIO, Daniela; MOCALI, Stefano; ANTONIELLI, Livio; MASOERO, Giorgio; TOSELLI, Moreno. Effect of Biofertilizers Application on Soil Biodiversity and Litter Degradation in a Commercial Apricot Orchard. Agronomy, Basel, v. 11, n. 6, p. 1116, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11061116

BARBALHO, S. M.; GUIGUER, É. L.; MARINELLI, P. S.; SANTOS BUENO, P. C.; PESPININI-SALZEDAS, L. M.; SANTOS, M. C. B.; OSHIWA, M.; MENDES, C. G.;

MENEZES, M. L.; NICOLAU, C. C. T.; OTOBONI, A. M.; ALVARES GOULART, R. *Pereskia aculeata* Miller flour: metabolic effects and composition. *Journal of Medicinal Food*, v. 19, n. 9, p. 890-894, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1089/jmf.2016.0052>.

BHARDWAJ, D; ANSARI, M.W.; SAHOO, R. K. et al. Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microb Cell Fact*, 2014. DOI:<https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-66>

BIRKHOFFER, K.; SMITH, M.; BARRIOS, E. The Role of Organic Matter in Soil Fertility. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 105, 2017.

CAGED. BRASIL. Ministério do Trabalho. Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). Brasília: Governo Federal, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego>.

CARNEVALLI, D. B.; RAMOS, C. N.; MARDIGAN, L. P.; MEURER, E. C.; CARDOZO FILHO, L.; CORRÊA, R. C. G.; GONÇALVES, J. E. Orapro-nobis - chemical characterization and sourcing of crude extract through different extraction methods: a review. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 6, p. 1-12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.29315>.

CAVALCANTE, L. F.; da SILVA, G. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, T. J.; ALVES, J. D. C.; da COSTA, A. D. P. Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 4, n. 4, p. 414-420, 2009.

COOK, R. J.; BAKER, K. F. The nature and practice of biological control of plant pathogens. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 1983.

CORDEIRO, D. F.; SINDHØJ, E. A. Recycled nutrient fertilizers and circular economy: Perspectives for sustainable agriculture. *Journal of Environmental Management*, v. 348, p. 120–128, 2024. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120128.

CRUZ, A. F. et al. Plantas alimentícias não convencionais: utilização das folhas de “orapro-nobis” (*pereskia aculeata* mill, cactaceae) no consumo humano. *Rev. Visão Acadêmica*, Curitiba, v. 21, n. 3, p. 19-33, setembro, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v21i3.76001>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/academica/article/view/76001/42282>.

CREMASCO, M. A. Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos. São Paulo: Blucher, 2012.

CUNHA, M. A.; LIMA, G. A. Fermentação anaeróbica na produção de biofertilizantes: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 10, p. 1007-1014, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p1007-1014>.

EMBRAPA. Processo de fabricação de biofertilizante. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/804/processo-de-fabricacao-de-biofertilizante>.

ENVIRONMENTAL REPORTS. Microbial Solutions to Soil Health: The Role of Biofertilizers in Sustainable Agriculture. Environmental Reports, 2023.

FAO. The Role of Biofertilizers in sustainable intensification. Food and agriculture organization of the united nachos, 2021.

FARIAS, D. L. et al. Avaliação qualitativa de biofertilizante produzido a partir de resíduos vegetais da feira da CEASA, Castanhal – Pará. Anais do II Congresso Amazônico de Meio Ambiente e Energias Renováveis, Belém, 2016.

FAROOQI, Z. U. R. et al. Soil Acidification: Processes, Effects on Soil and Plants, and Remediation Strategies. In: ILIĆ, P.; PRŽULJ, N. (eds). Environmental Protection and Remediation. Banja Luka: Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, 2025.

FERREIRA, A. L.; SILVA, J. P.; OLIVEIRA, M. R. Efeito de biofertilizantes na microbiota do solo e na fixação biológica de nitrogênio. Revista de Agroecologia, v. 15, n. 3, p. 45-60, 2021.

FERTILIZER GRANULATOR. Production line. BoguShanghai, 2024. Disponível em: <<https://www.bogushanghai.com/ver2.0/fertilizer-granulation-production-line.html>>

FOOD SAFETY BRAZIL. Pasteurização x esterilização: quais as diferenças?. 2023. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/pasteurizacao-x-esterilizacao-quais-as-diferencas>.

GARCIA, J. A. A.; CORRÊA, R. C. G.; BARROS, L.; PEREIRA, C.; ABREU, R. M. V.; ALVES, M. J.; CALHELHA, R. C.; BRACHT, A.; PERALTA, R. M.; FERREIRA, I. C. F. R. Phytochemical profile and biological activities of ‘Ora-pro-nobis’ leaves (*Pereskia aculeata* Miller), an underexploited superfood from the Brazilian Atlantic Forest. Food Chemistry, v. 294, p. 302-308, 2019. DOI: <10.1016/j.foodchem.2019.05.074>.

GOMES, E. A.; SILVA, U. de C.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; LANA, U. G. de P.; MARRIEL, I. E.; SANTOS, V. L. dos. Microrganismos promotores do crescimento de plantas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 51 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1063799>.

GREENWALT, R. J.; LEDFORD, R. A.; STEINKRAUS, K. H. Kombucha, the fermented tea: microbiology, composition, and claimed health effects. Journal of Food Protection, v. 63, n. 7, p. 976–981, 2000.

GUZMÁN, Eduardo S. Uma estratégia de sustentabilidade a partir da Agroecologia. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 2, n. 1, p. 34-45, 2001.

HIDANI, Renan Yudy. Estudo técnico de geração de energia elétrica a partir dos resíduos gerados nas instalações da CEAGESP. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em:

<https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/93518b11-1a3c-4e9e-813b-40a753820901/R/ENAN%20YUDY%20HIDANI%202017.pdf>.

HINTERHOLZ, B. C.; COSTA, M. S. S. de M.; LUCAS JÚNIOR, J.; PEREIRA, E. S. da;

BULIGON, E. L.; LIMA, J. C. de; MAROSTICA, R. Anaerobic mono-and co-digestion of fruit and vegetable residues: Effects on biogas yield and biofertilizer. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 28, n. 11, e280349, 2024. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v28n11e280349.

HISSATOMI, C. M. et al. Utilização da planta alimentícia não convencional ora pro nobis em educação nutricional. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 3, n. 4, p. 3846-3855, 2020.

INÁCIO, Caio Teves de; MILLER, Paul Richard Momsen. *Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

INIAV – Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária. Impactos dos biofertilizantes na qualidade do solo e na produtividade agrícola. *Boletim Técnico de Agricultura Sustentável*, v. 8, n. 2, p. 12-25, 2020.

JARRELL, J; CAL, T and BENNETT, J. W. The kombucha consortia of yeast and bacteria. *Mycologist*, V.14, n.4, nov. 2000.

JAYABALAN, Rasu et al. A review on kombucha tea – microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 13, n. 4, p. 538–550, 2014. DOI: 10.1111/1541-4337.12073.

KOMBUCHA WORKS. Kombucha for plants: natural fertilizer. Disponível em: <https://www.kombuchaworks.com/kombucha-for-plants-natural-fertilizer>. Acesso em: 12 jul. 2025.

KUMAR, V. et al. Will phosphate bio-solubilization stimulate biological nitrogen fixation? *Frontiers in Agronomy*, v. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.637196>.

LI, Y. et al. Phosphate-solubilizing bacteria stimulate biological nitrogen fixation in wheat rhizosphere. *PeerJ*, v. 8, e9062, 2020. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.9062>.

MACIK, M.; GRYTA, A.; FRAC, M. Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms. In: SPARKS, D. L. (Ed.). *Advances in Agronomy*. v. 162, p. 31–87. Academic Press, 2020. ISBN 9780128207673. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211320300274>.

MADEIRA, N. R.; AMARO, G. B.; SILVA, G. O. da; BOTREL, N.; MELO, R. A. de C.; CARVALHO, A. D. F. de. Produtividade de clones elite de ora-pro-nóbis em plantio adensado com podas sucessivas. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2022. 26 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/230007/1/BPD-247-vFinal.pdf>.

MAPA. Anuário dos Bioinsumos no Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária, 2022.

MARKETS AND MARKETS. Biofertilizers market overview. 2023.

MARQUES, R. M. V. et al. Bioprocesso de metanização de resíduos orgânicos agroindustriais: estudo com resíduos da CEASA-CE. Dissertação (Mestrado em

Biotecnologia), UFC, 2019.

MARSH, A. J. et al. Sequencing-based analysis of the bacterial and fungal composition of the kombucha fermentation. *Food Microbiology*, v. 38, p. 171-178, 2014.

MARTIN, A. A.; FREITAS, R. A.; SASSAKI, G. L.; EVANGELISTA, P. H. L.; SIERAKOWSKI, M. R. Chemical structure and physical-chemical properties of mucilage from the leaves of *Pereskia aculeata*. *Food Hydrocolloids*, v. 70, p. 20-28, 2017. DOI: <10.1016/j.foodhyd.2017.03.020>.

MAZIA, R. S.; SARTOR, C. F. P. Influência do tipo de solo usado para o cultivo de *Pereskia aculeata* sobre propriedade protéica. *Revista Saúde e Pesquisa*, v. 5, n. 1, p. 59-65, 2012.

MEDEIROS, Marcos Barros; DA SILVA LOPES, Juliano. Biofertilizantes Líquidos e sustentabilidade agrícola. *Bahia Agrícola*, Salvador, v. 7, 2006.

MERCADO LIVRE. MERCADO LIVRE BRASIL. Tanques e equipamentos industriais. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br>.

MERCÊ, A. L.; LANDALUZE, J. S.; MANGRICH, A. S.; SZPOGANICZ, B.; SIERAKOWSKI, M. R. Complexes of arabinogalactan of *Pereskia aculeata* and Co^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} e Ni^{2+} . *Bioresource Technology*, v. 76, n. 1, p. 29-37, 2001.

MIRLEAN, N.; OSINALDI, G. M. Impacto da indústria de fertilizantes sobre a qualidade da água subterrânea. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 36, n. 104, p. 103–124, jan./abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2022.36104.007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/HxhR3rrRXfc5yMdSjG6RWbn/>.

MORAIS, M. G. C.; MENEZES, M. S. Potencial nutricional e biotecnológico do SCOPY produzido na fermentação de chá verde. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 11, e575111134064, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.134064>.

NICOLOSO, R. da S.; LOURENZI, C. R.; BRUNETTO, G. (eds.). Gestão dos resíduos da produção animal: reciclagem como fertilizante e impacto ambiental. Volume II. Brasília, DF; Concórdia: Embrapa; Sbera, 2024. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1167464/1/Volume-II-Reciclagem-como-fertilizante-e-impacto-ambiental-online-Nicoloso-Lourenzi-Brunetto.pdf>.

O'CALLAGHAN, M.; BALLARD, R. A.; WRIGHT, D. Soil microbial inoculants for sustainable agriculture: Limitations and opportunities. *Soil Use and Management*, v. 38, n. 3, p. 1340–1369, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/sum.12811>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. São Paulo, 2015.

OLIVEIRA, L. S.; COSTA, M. F.; PEREIRA, D. P. Influência dos biofertilizantes no crescimento vegetativo de culturas agrícolas. *Cadernos de Ciência do Solo*, v. 10, n. 1, p. 80-95, 2022.

PÉREZ-MOLPHE-BALCH, E.; SANTOS-DÍAZ, M. S.; RAMÍREZ-MALAGÓN, R.; OCHOA-ALEJO, N. Tissue culture of ornamental cacti. *Scientia Agricola*, v. 72, n. 6,

p. 540-561, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0012>.

PIMENTA, P. C.; BELO, T. C. A.; VANZELE, Pedro A. R.; NASSER, T. F.; SANTOS, H. C. A. S.; BANI, G. M. A. C. Avaliação da capacidade antimicrobiana do óleo essencial de *Pereskia aculeata*: Interação com microrganismos encontrados em jalecos de profissionais de saúde. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 6, 2020

PRECEDENCE RESEARCH. Biofertilizers Market Size, Growth, Trends 2024 to 2034. 2024. Disponível em: <https://www.precedenceresearch.com/biofertilizers-market>.

PRETTY, J.; HINE, R. Sustainable Agriculture. Earthscan, 2005.

PROPEQ. Operações Unitárias. Campinas, SP, 2022. Disponível em: <https://propeq.com/operacoes-unitarias/>.

RESEARCHGATE. Ora-pro-nobis - chemical characterization and sourcing of crude extract through different extraction methods: a review. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360621113_Ora-pro-nobis_-_chemical_characterization_and_sourcing_of_crude_extract_through_different_extraction_methods_a_review. Acesso em: 07 mar. 2025

ROCHA, D.; PEREIRA JUNIOR, G.; VIEIRA, G.; PANTOJA, L.; SANTOS, A.; PINTO, N. Macarrão adicionado de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) desidratado. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 459-465, 2008.

RODRIGUES, M. A. S.; LIMA, A. L. B.; LIMA, R. M. Efeitos de biofertilizantes no desenvolvimento de plantas: uma revisão. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 13, n. 1, p. 13-21, 2018.

ROSSI, D. M.; MAGALHÃES, C. R. P.; KINUPP, V.; FLÔRES, S. H. Triagem preliminar da presença de inulina em plantas alimentícias. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, 2011.

ROYO, V. de A.; MORAES, F. R. C. de; CESTARI, A.; LIMA, T. C.; SILVA, M. L. A. e; MARTINS, C. H. G.; FURTADO, N. A. J. C. Avaliação da atividade antimicrobiana do extrato bruto de ramos de *Pereskia aculeata* Mill. In: Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química, 19., 2005, Ouro Preto, MG. Anais. Ouro Preto: SBQ, 2005.

RUELLA, Priscilla Rodrigues; PORTILHO, Edilene Santos. Alternativa de insumo para agricultura familiar e orgânica: biofertilizante à base de kombucha. In: Anais do Congresso Latino-Americano de Agroecologia. UFRRJ/UERJ, 2022.

RUIU, L. Microbial Biopesticides in Agroecosystems. *Agronomy*, v. 8, p. 235, 2018. DOI: <10.3390/agronomy8110235>.

SANTOS, R. T.; MENDONÇA, F. A.; LIMA, E. R. Parâmetros químicos e biológicos do solo após aplicação de biofertilizantes. *Jornal de Ciência Agrícola*, v. 17, n. 4, p. 30-48, 2021.

SANTOS, Mauro Carneiro dos. Solos do Semiárido do Brasil. *Cadernos do Semiárido*, nº 10. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), 2019. Disponível em:

<http://www.ipa.br/novo/pdf/cadernos-do-semiarido/10---solos-do-semiarido-do-brasil.pdf>.

SARTOR, C. F. P.; AMARAL, V.; GUIMARÃES, H. E. T.; BARROS, K. N.; FELIPE, D. F.; CORTEZ, L. E. R.; VELTRINI, V. C. Estudo da ação cicatrizante das folhas de *Pereskia aculeata*. *Revista Saúde e Pesquisa*, Maringá, PR, v. 3, n. 2, p. 149-154, 2010.

SEBRAE. Manual de Custos de Produção Agroindustrial. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2023.

SEUFERT, V.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J.A. Comparing yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 2012. DOI:<https://doi.org/10.1038/nature11069>

SONAGLIO, Diva et al. Desenvolvimento tecnológico e produção de fitoterápicos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Org.) *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Florianópolis/Porto Alegre: Editora da UFSC/ UFRGS, 2010.

SOUZA, D. M.; SILVA, F. C.; SILVA, A. C. R.; ALVES, J. M. L. Produção de biofertilizantes a partir de resíduos agroindustriais: eficiência do processo fermentativo e potencial agrônômico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 41, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170124>.

SIMÕES, C. M. O. et al. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 6. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

SILVA JÚNIOR, A.A.; NUNES, D. G.; BERTOLDI, F.C.; PALHANO, M.N.; KOMIEKIEWICZ, N.L.K. Pão de ora-pro-nóbis: um novo conceito de alimentação funcional. *Agropecuária Catarinense*, v. 23, n. 1, p. 35-37, 2010.

SILVA, A.P.G.; SPRICIGO, P.C.; FREITAS, T.P.; ACIOLY, T.M.S.; ALENCAR, S.M.; JACOMINO, A.P. Ripe ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) fruits express high contents of bioactive compounds and antioxidant capacity. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 40, n. 3, p. 1-6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452018749>.

SILVA, M. C.; PINTO, N. A. V. D. Teores de nutrientes nas folhas de taioba, ora-pro-nóbis, serralha e mostarda coletadas no município de Diamantina. In: FUNDAÇÃO EDUCACIONAL CIENTÍFICA E TECNOLOGIA DA UFVJA, 8., 2005, Diamantina. *Anais. Diamantina: UFVJA*, 2005. p. 86.

SILVA, S.H.; NEVES, I.C.O.; OLIVEIRA, N.L.; OLIVEIRA, A.C.F.; LAGO, A.M.T.; GIAROLA, T.M.O.; RESENDE, J.V. Extraction processes and characterization of the mucilage obtained from green fruits of *Pereskia aculeata* Miller. *Industrial Crops and Products*, v. 140, p. 111716, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111716>.

SILVA, J. A.; SANTOS, M. B.; OLIVEIRA, R. P. Métodos de secagem de biomassa vegetal: impacto na conservação de compostos bioativos. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 15, n. 3, p. 45-60, 2023.

TAHIR, N. A.-R.; RASUL, K. S.; LATEEF, D. D.; GRUNDLER, F. M. W. Effects of oak

leaf extract, biofertilizer, and soil containing oak leaf powder on tomato growth and biochemical characteristics under water stress conditions. *Agriculture*, v. 12, n. 2082, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12122082>.

TAKEITI, C. Y.; ANTÔNIO, G. C.; MOTTA, E. M. P.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; PARK, K. J. Nutritive evaluation of a non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 60, n. 1, p. 148-160, 2009.

TELES, C.; MELLO, C.; RAUBER, F. Moagem. Acervo UFRGS, 2004. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/optransf/moagem.html>. Acesso em: 07 mar. 2025.

TIMES OF INDIA. What are biofertilizers and how do they help retain soil health in a chemical-first world. *Times of India*, 29 mai. 2025. Disponível em: <https://timesofindia.indiatimes.com/life-style/health-fitness/health-news/what-are-biofertilizers-and-how-do-they-help-retain-soil-health-in-a-chemical-first-world/articleshow/121418781.cms> .

TIMOFEEVA, A. M. et al. Nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing soil bacteria. *Encyclopedia*, 2023. Disponível em: <https://encyclopedia.pub/entry/52919>.

TORAN-PEREG, Paula et al. Microbiological and sensory characterization of kombucha SCOBY for culinary applications. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, v. 23, p. 100314, 2021. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2021.100314.

UGHAMBA, K. T.; NDUKWE, J. K. Trends in the application of phosphate-solubilizing microbes as biofertilizers. *Soil Systems*, v. 9, n. 1, p. 6, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/soilsystems9010006>.

VIDAL, Mariane C.; DIAS, Rogério P. Bioinsumos a partir das contribuições da agroecologia. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 18, n. 1, p. 171-192, 2023. ISSN 1980-9735. DOI: <https://doi.org/10.33240/rba.v18i1.23735>.

VILLARREAL-SOTO, S. A. et al. Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review. *Journal of Food Science*, v. 83, n. 3, p. 580–588, 2018.

WITHERS, P. J. A.; JARVIE, H. P. Managing phosphorus in agriculture and water quality in Brazil. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 73, n. 1, p. 1–8, 2016. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0107.

WU, Qiang-Sheng; SRIVASTAVA, A. K.; SINGH, Rajeev Kumar. Biofertilizers for sustainable agriculture and environment. In: SINGH, D. P.; SINGH, H. B.; PRABHA, Rani (ed.). *Microorganisms for sustainability*. Singapore: Springer, 2019. v. 1, cap. 11, p. 225–246. DOI: 10.1007/978-981-13-5862-3_11. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/339253814>.

APÊNDICE I

MEMORIAL DE CÁLCULO DOS CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA AS ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTO

A seguir, apresentam-se os critérios e premissas adotados nos cálculos das estimativas de investimento, com o intuito de assegurar rigor técnico e transparência metodológica à presente pesquisa.

Tabela 12- Critérios de cálculo utilizados para estimativas de investimento

PARÂMETRO	MÉTODO DE CÁLCULO
Investimento inicial	Soma dos valores unitários dos equipamentos e infraestrutura necessários, com base em cotações de mercado e relatórios técnicos (SEBRAE, EMBRAPA, Mercado Livre).
Receita mensal	Produção mensal (1.000 L) × Preço de venda (R\$15,00/L), adotando valor conservador de mercado segundo ABCBio (2024).
Receita anual	Receita mensal × 12 meses = R\$ 15.000,00 × 12 = R\$180.000,00
Área mínima necessária	Estimada em 100 m ² com base no espaço ocupado pelos equipamentos listados e layout simplificado de produção.
Variação de investimento	Faixa entre R\$45.000,00 e R\$55.000,00 conforme oscilações regionais e diferentes fornecedores.

Fonte: O autor, 2025.