



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

DANIELA RAYANE DA SILVA MORAIS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E QUANTIFICAÇÃO DE MICRORGANISMOS
EM BIOFERTILIZANTES ARTESANAIS PRODUZIDOS POR PRODUTORES
AGROECOLÓGICOS**

MOSSORÓ

2024

DANIELA RAYANE DA SILVA MORAIS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E QUANTIFICAÇÃO DE MICRORGANISMOS
EM BIOFERTILIZANTES ARTESANAIS PRODUZIDOS POR PRODUTORES
AGROECOLÓGICOS**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. André Moreira de Oliveira

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M(828 Morais, Daniela Rayane da Silva .
)c Caracterização química e quantificação de
 microrganismos em biofertilizantes artesanais
 produzidos por produtores agroecológicos. /
 Daniela Rayane da Silva Morais. - 2024.
 50 f. : il.

 Orientador: André Moreira De Oliveira .
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2024.

 1. Agroecologia. 2. Análise química. 3.
Nutrientes essenciais. 4. Microrganismos
benéficos. I. De Oliveira , André Moreira ,
orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

DANIELA RAYANE DA SILVA MORAIS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E QUANTIFICAÇÃO DE
MICRORGANISMOS EM BIOFERTILIZANTES ARTESANAIS PRODUZIDOS
POR PRODUTORES AGROECOLÓGICOS**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Defendida em: 28 / 03 / 2024.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

ANDRE MOREIRA DE OLIVEIRA

Data: 12/04/2024 13:18:38-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. André Moreira de Oliveira (UFERSA - Mossoró)
Presidente



Documento assinado digitalmente

TATIANNE RAIANNE COSTA ALVES

Data: 12/04/2024 13:51:36-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Agr. Me. Tatianne Raianne Costa Alves (UFERSA - Mossoró)
Membro Examinador



Documento assinado digitalmente

GTHIELLY MAIRA FERNANDES

Data: 12/04/2024 14:45:04-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Agr. Gthielly Maira Fernandes (UFERSA - Mossoró)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por me permitir vivenciar este momento tão sonhado. Mesmo diante de todas as dificuldades e provações, Ele foi meu sustento, descanso e fortaleza.

Expresso minha profunda gratidão aos meus pais, Dinivan Moraes e Alcilene Fernandes, pelo apoio financeiro e emocional, assim como pela confiança que depositaram em mim. Mesmo quando eu já não acreditava mais, eles estiveram ao meu lado.

À minha irmã Denise, agradeço pelo apoio emocional e incentivo, e aos meus outros irmãos, Lucas, Rodrigo, Allana, Vitória e Wagner, agradeço pelo amor e compreensão diante da minha ausência. Cada um de vocês teve um papel crucial nesta jornada acadêmica, amo todos vocês!

Quero expressar minha gratidão ao meu companheiro, Shielton Aquino, por todo o apoio durante o curso, especialmente pela paciência e compreensão diante das minhas ausências. Ao meu filho, Davi, dedico este trabalho. Ele é a pessoa que me dá um propósito todos os dias, que me fez enxergar a vida de uma maneira diferente e me motivou ainda mais a buscar este sonho.

Agradeço a todos os professores pelos ensinamentos que me permitiram crescer como profissional e como pessoa ao longo do curso.

Meu sincero agradecimento ao meu Orientador, Dr. André Moreira, por estar sempre disponível para me ajudar desde a concepção deste trabalho, até a sua correção final. Agradeço também pela amizade e paciência diante de todas as dificuldades que enfrentei.

À Banca Examinadora, expresso minha gratidão pelas correções e sugestões que possibilitaram o aprimoramento deste trabalho.

Quero agradecer também às minhas amigas e colegas de curso, Gthielly Fernandes e Tatianne Alves, pelo apoio e ajuda em todas as dificuldades enfrentadas ao longo do curso, e durante a elaboração deste trabalho. Agradeço também pela atenção e apoio emocional nas horas em que o medo parecia maior. Muito obrigada!

“Quem tenta agradar a terra, agrada às plantas. E quem quer confortar as plantas, conforta a si mesmo, porque elas agradecem com uma produção farta, nutritiva e barata.”

Ana Maria Primavesi

RESUMO

Os biofertilizantes são compostos naturais resultantes da fermentação de materiais orgânicos, podendo ocorrer em ambientes aeróbicos ou anaeróbicos. Sua composição é diversificada e complexa, dependendo dos materiais utilizados, e tipicamente contém uma ampla gama de macro e micronutrientes vitais para o desenvolvimento das plantas. Na transição para a agricultura agroecológica, os agricultores enfrentam desafios como a redução da dependência de insumos e a necessidade de fornecer nutrientes às culturas. Os biofertilizantes surgem como uma solução promissora, fornecendo nutrientes e microrganismos para promover interações benéficas entre plantas e solo. O presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização química de biofertilizantes fabricados por produtores agroecológicos, e quantificar os microrganismos presentes nas amostras. Foram analisadas cinco amostras de biofertilizantes, sendo a amostra 1 (A1), amostra 2 (A2), amostra 3 (A3) e a amostra 4 (A4) coletadas em Mossoró/RN e a amostra 5 (A5) coletada em Ipanguaçu/RN. As amostras de biofertilizantes avaliadas apresentaram em geral o pH elevado, sendo a A4 a única na faixa ácida, já as demais variaram com valores acima de 7. A condutividade elétrica (CE), também apresentou valores elevados, no entanto, as amostras A1 e A2 apresentaram menores concentrações de sais em comparação as demais amostras. O teor de fósforo variou entre as amostras, no entanto apresentou menor concentração sendo a A1 e a A4 as que apresentaram maiores concentrações dentre as cinco avaliadas. Dentre os macronutrientes, o potássio foi o elemento que apresentou maior quantidade, com destaque para a amostra A5. Em relação ao sódio, também foi observado altas concentrações na maioria das amostras avaliadas, sendo as amostras A1 e A4 as que apresentaram as menores concentrações de sódio, em relação a amostra A3, que apresentou maior quantidade desse elemento. Para o Ca foi observado maiores quantidades na amostra A5, seguido da A4. Em relação ao magnésio, a A3 apresentou maiores quantidades desse elemento, seguido da A4 e A5. Os teores de nutrientes encontrados nas amostras variaram entre si, no entanto ainda se apresentaram como fonte importante de nutrientes. Na avaliação do crescimento bacteriano, os biofertilizantes avaliados apresentaram crescimento bacteriano satisfatório de bactérias totais e esporulantes, apesar do desempenho ser menor do que o encontrado na literatura, possivelmente pelos ingredientes utilizados na formulação e o tempo de avaliação pós fermentação.

Palavras-chave: Agroecologia. Análise química. Nutrientes essenciais. Microrganismos benéficos.

ABSTRACT

Biofertilizers are natural compounds resulting from the fermentation of organic materials, which can occur in aerobic or anaerobic environments. Its composition is diverse and complex, depending on the materials used, and typically contains a wide range of macro and micronutrients vital for plant development. In the transition to agroecological agriculture, farmers face challenges such as reducing dependence on inputs and the need to provide nutrients to crops. Biofertilizers emerge as a promising solution, providing nutrients and microorganisms to promote beneficial interactions between plants and soil. The present work aims to carry out the chemical characterization of biofertilizers manufactured by agroecological producers, and quantify the microorganisms present in the samples. Five samples of biofertilizers were analyzed, with sample 1 (A1), sample 2 (A2), sample 3 (A3) and sample 4 (A4) collected in Mossoró/RN and sample 5 (A5) collected in Ipanguaçu/RN. The biofertilizer samples evaluated generally presented high pH, with A4 being the only one in the acidic range, while the others varied with values above 7. Electrical conductivity (EC) also presented high values, however, samples A1 and A2 presented lower salt concentrations compared to the other samples. The phosphorus content varied between the samples however it presented the lowest concentration, with A1 and A4 having the highest concentrations among the five evaluated. Among the macronutrients, potassium was the element that presented the highest quantity, especially in sample A5. In relation to sodium, high concentrations were also observed in most of the samples evaluated, with samples A1 and A4 being those that presented the lowest concentrations of sodium, in relation to sample A3, which presented a greater amount of this element. For Ca, higher amounts were observed in sample A5, followed by A4. In relation to magnesium, A3 presented greater amounts of this element, followed by A4 and A5. The nutrient levels found in the samples varied from one another, however they still presented themselves as an important source of nutrients. In the evaluation of bacterial growth, the biofertilizers evaluated showed satisfactory bacterial growth of total and sporulating bacteria, despite the performance being lower than that found in the literature, possibly due to the ingredients used in the formulation and the post-fermentation evaluation time.

Keywords: Agroecology. Chemical analysis. Essential nutrients. Beneficial microorganisms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Processo de filtração para posterior análise.....	29
Figura 2	–	Condutivímetro e pHmetro de bancada utilizados nas análises.....	31
Figura 3	–	Preparação de amostras para análise microbiológica	32
Figura 4	–	Colônias de bactérias totais.....	45
Figura 5	–	Colônias de bactérias esporulantes	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	–	Comparação do Potencial hidrogeniônico entre amostras.....	33
Gráfico 2	–	Comparação de condutividade elétrica entre amostras.....	34
Gráfico 3	–	Teor de fósforo entre amostras avaliadas.....	36
Gráfico 4	–	Teor de potássio entre amostras avaliadas.....	38
Gráfico 5	–	Teor de sódio entre amostras avaliadas.....	39
Gráfico 6	-	Teor de cálcio entre amostras avaliadas	41
Gráfico 7	-	Teor de magnésio entre amostras avaliadas.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Receitas utilizadas nas formulações.....	30
Tabela 2	–	Parâmetros físico-químicos.....	33
Tabela 3	–	Parâmetros microbiológicos	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	19
2.2 OBJETIVO GERAL	19
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
3.1 BREVE HISTÓRIA DA AGROECOLOGIA E SUA PRINCIPAL DEFINIÇÃO	20
3.2 AGRICULTURA FAMILIAR E A TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA	22
3.3 BIOFERTILIZANTES ARTESANAIS COMO ALTERNATIVA AGROECOLÓGICA.....	24
3.4 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTES ARTESANAIS	25
3.5 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES	26
3.6 PRINCIPAIS RECEITAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES ARTESANAIS	27
3.7 IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E DA QUANTIFICAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE BIOFERTILIZANTES	28
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 RECEITAS UTILIZADAS PARA A FORMULAÇÃO DOS BIOFERTILIZANTES.....	30
4.2 ANÁLISES QUÍMICAS	31
4.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	31
.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	33
5.2 PARÂMETRO MICROBIOLÓGICO	43
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A agricultura convencional, apesar de proporcionar altos avanços na tecnologia e produtividade de diversas culturas no Brasil e no mundo, é apontada como principal responsável por desencadear diversos problemas ambientais, como a deterioração dos solos e a grande proliferação de pragas e doenças agrícolas. Esses problemas são advindos do desequilíbrio ocasionado pelo uso irracional de recursos naturais (Sambuichi *et al.*, 2012), e sociais, como promover um desenvolvimento excludente e desigual para as comunidades rurais, contribuindo para a concentração de terras, aumento da pobreza e êxodo rural (Sambuichi *et al.*, 2017).

Embora tais problemas estejam presentes desde a modernização da agricultura, pós revolução verde, apenas recentemente com as pautas climáticas e sociais bem presentes, se pode constatar a urgência de mudanças na forma de pensar, atuar e pesquisar a agricultura. No entanto, a mudança exige o emprego de um pensamento não simplista, onde o meio ambiente e os recursos naturais são levados em consideração, e não apenas os lucros do produtivismo descontrolado (Diniz *et al.*, 2011).

As agriculturas alternativas como: agroecologia, produção orgânica, agricultura biodinâmica, natural e conservacionista entram nesse contexto como um possível caminho de desenvolver uma agricultura centrada na produção com responsabilidade ambiental e social (Embrapa, 2007).

A agroecologia como ciência deve atender a uma série de princípios integrados, como a dependência reduzida de recursos externos, uso de recursos naturais locais renováveis, impacto mínimo no meio ambiente, manutenção da capacidade produtiva a longo prazo, preservação da diversidade biológica e cultural, incorporação do conhecimento local e o atendimento das necessidades humanas de alimentos e renda (Abreu *et al.*, 2012; Diniz *et al.*, 2011).

Por outro lado, a produção orgânica é considerada por alguns de forma crítica, como uma simples substituição de insumos, sem redesenho dos sistemas agrícolas, sendo praticada de acordo com a lógica da agricultura convencional moderna. No entanto, a transição para a agricultura orgânica é frequentemente citada como um exemplo de potencial transição agroecológica. De forma simples, a agroecologia é a ciência que norteia a produção orgânica, sendo a agricultura orgânica então a possível aplicação prática dos fundamentos da agroecologia bem como todas as linhas de base ecológica como a agricultura biodinâmica, natural e conservacionistas (Abreu *et al.*, 2012; Diniz *et al.*, 2011).

Os biofertilizantes são produtos naturais derivados da fermentação de materiais orgânicos, que podem ocorrer em ambientes com ou sem oxigênio. A composição desses biofertilizantes é complexa e variável, dependendo dos materiais utilizados, e geralmente contém a maioria dos macros e micronutrientes essenciais para o crescimento das plantas (Marrocos *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2007; Gonçalves *et al.*, 2009).

Devido à sua origem fermentativa, que envolve bactérias e leveduras, eles podem exibir propriedades fito hormonais, antifúngicas, antibacterianas, nematicidas, acaricidas e repelentes de insetos. Desempenham um papel crucial na proteção natural das plantas cultivadas contra doenças e pragas, minimizando os impactos no ambiente e por ser origem biológica, não representa riscos para a saúde humana (Silva *et al.*, 2007; Gonçalves *et al.*, 2009).

Os agricultores que optam por fazer a transição agroecológica enfrentam uma série de desafios, entre os quais se destaca a adaptação para não depender de uma ampla gama de insumos para controle de pragas e doenças, e ao mesmo tempo suprir o fornecimento de nutrientes à cultura. Nesse cenário, os biofertilizantes emergem como uma possível fonte de nutrientes e microrganismos cruciais para manter a interação dinâmica entre planta e solo. Eles podem melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, o que, por sua vez, podem contribuir para o suprimento equilibrado de macro e micronutrientes, possibilitando que a cultura explore plenamente seu potencial genético e produtivo (Medeiros *et al.*, 2007; Alves *et al.*, 2009; Rodrigues *et al.*, 2009).

Atualmente, não existe uma fórmula padrão para a produção de biofertilizantes, sendo então várias receitas testadas, muitas vezes são usados componentes minerais para enriquecer ainda mais o meio de cultivo, juntamente com a matéria orgânica (Medeiros *et al.*, 2007). Os microrganismos degradam a matéria orgânica em um processo denominado fermentação, no qual várias populações de microrganismos irão desencadear diversas reações bioquímicas oxidativas, gerando diferentes ácidos orgânicos, de acordo com o tipo de fermentação e de microrganismo associado (Oliveira, 2020). Cada microrganismo participante degrada alimentos para o outro, estabelecendo uma relação de interdependência mútua (Medeiros *et al.*, 2007; Rodrigues *et al.*, 2009).

Dessa forma, o processo de fermentação é contínuo, desde que seja alimentado com um meio nutritivo, no caso, a matéria orgânica disponível na área do produtor, gerando assim como subproduto dessa fermentação os micros e macronutrientes essenciais às plantas e em formas disponíveis para absorção pelas raízes (Medeiros *et al.*, 2007), assim, o uso dos biofertilizantes além de servir de fonte de matéria orgânica, proporciona nutrientes importantes como N, P, K,

Ca e Mg, promovendo uma melhoria das propriedades químicas do solo tratado (Silva *et al.*, 2007).

No entanto, essa não padronização das receitas utilizadas na produção dos biofertilizantes, torna seu produto passível de erros na sua formulação, e a fermentação incorreta pode diminuir o fornecimento dos macros e micronutrientes essenciais que esses formulados poderiam disponibilizar as plantas tratadas.

2 OBJETIVOS

2.2 OBJETIVO GERAL

Realizar a caracterização físico-química de biofertilizantes artesanais fabricado por produtores agroecológicos e quantificar os microrganismos presentes nas amostras.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os teores dos macronutrientes P, K, Mg, Na e Ca;
- Determinar o potencial hidrogeniônico e a condutividade elétrica das amostras;
- Realizar a quantificação microbiológica de Bactérias Totais e Bactérias Esporulantes presentes nas amostras;
- Avaliar se há teores satisfatórios dos nutrientes nos biofertilizantes que justifiquem sua aplicação no solo;
- Possibilitar aos produtores um embasamento técnico para possíveis ajustes nas formulações de acordo com suas necessidades e disponibilidades.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 BREVE HISTÓRIA DA AGROECOLOGIA E SUA PRINCIPAL DEFINIÇÃO

A agricultura pode ser descrita como o maior avanço da humanidade, pois ela possibilitou ao homem deixar o nomadismo e tornar-se sedentário, sendo a partir disso estabelecidos os diversos sistemas sociais e culturais complexos. Estima-se que a agricultura seja de 10.000 a.C. e que mesmo antes da escrita, os homens já haviam desenvolvido técnicas aprimoradas de cultivo (Castanho *et al.*, 2017).

Juntamente com o cultivo, a domesticação de animais possibilitou a diminuição da dependência de caça e coleta, levando a fixação de povos em áreas propícias às atividades agropecuárias. No entanto, essas aglomerações em determinadas áreas muitas vezes ocasionavam o esgotamento dos recursos naturais nos quais dependiam, como fertilidade do solo e consequentemente a escassez de alimentos (Castanho *et al.*, 2017; Medeiros *et al.*, 2011).

Tais problemas fizeram com que se intensificasse a aplicação de técnicas culturais como rotação de cultura com plantas forrageiras e assim integrando ainda mais as atividades agropecuárias, sendo esse período conhecido como primeira revolução agrícola (Mazzoleni *et al.*, 2006).

Posteriormente ocorreram uma série de descobertas científicas e tecnológicas, como os do químico alemão Justus von Liebig que publicou a teoria da nutrição mineral das plantas em 1840, sendo o percussor do estudo e uso de fertilizantes químicos a base dos nutrientes NPK, o melhoramento genético e as máquinas e motores a combustão, possibilitando então um grande avanço na produtividade, o que viria a ser a segunda revolução agrícola, a então revolução verde (Mazoyer; Roudart, 2010).

Com o término da segunda guerra mundial as indústrias de agrotóxicos ganharam força no controle de pragas e doenças agrícolas, era então consolidada uma nova agricultura, que posteriormente viria a ser chamada de convencional. A “agricultura convencional” se baseava principalmente no monocultivo e nos pacotes tecnológicos de fertilizantes químicos e agrotóxicos, sendo reunidas essas práticas por volta de 1960 e 1970, onde a revolução verde era consolidada (Dal Soglio, 2016).

No entanto, as técnicas de inovação e as práticas utilizadas no sistema da agricultura convencional para garantir o aumento de produção, são as mesmas que minam sua base de fundação. Outro ponto também constatado foi que os níveis de produtividade de muitos países menos desenvolvidos permaneceram estagnados e baixos, mesmo com a aplicação das técnicas

“inovadoras” da agricultura convencional, uma explicação seria que o intenso revolvimento do solo, a aplicação de fertilizantes e agrotóxicos culminaram na degradação do solo como a salinização, erosão, compactação e demais problemas que impossibilitam a produção (Mazoyer; Roudart, 2010 *apud* Dal Soglio, 2016).

Nesse cenário, fizeram-se necessárias alternativas a agricultura convencional, tendo em vista a sua não sustentação a longo prazo, logo, a agricultura viável para o futuro teria então como desafio, manter a alta produtividade juntamente com a sustentabilidade, e preservação dos recursos naturais (Leff, 2008; Altieri, 1989).

Contrastando com o modelo convencional de agricultura, as primeiras correntes de agricultura alternativa surgiram na década de 1920. Entre elas estavam a agricultura biodinâmica, a agricultura orgânica, a agricultura selvagem e a agricultura natural. Posteriormente, a agricultura biológica e a permacultura emergiram, embora o termo "Agricultura Alternativa" tenha sido oficialmente adotado apenas em 1977, na Holanda (Medeiros *et al.*, 2011).

A partir dos anos 1980, a agroecologia surge então como uma disciplina científica, gerada da junção da agronomia e da ecologia. O termo passou a ser empregado para descrever um conjunto de práticas agrícolas alternativas, foi definida por Altieri (1987) como "as bases científicas para uma agricultura alternativa". A agroecologia baseia-se nos processos que envolvem a planta, o solo e os fatores climáticos, buscando o equilíbrio entre tais processos em conjunto, utilizando-se de recursos naturais locais renováveis, se situando na complexidade de uma abordagem sistêmica para o desenho de um agroecossistema sustentável, que olha o todo e a relação entre as partes (Caporal, 2005).

Observa-se principalmente em escritos de Altieri (1987), que a Agroecologia tem um enfoque teórico e metodológico que utiliza uma variedade de disciplinas científicas para examinar a atividade agrícola de uma perspectiva ecológica. Nesse sentido, a Agroecologia adota o conceito de agroecossistema, um local de produção agrícola, como unidade de análise. Seu objetivo é fornecer fundamentos científicos, princípios, conceitos e metodologias, a fim de apoiar a transição do atual modelo de agricultura convencional para práticas agrícolas sustentáveis (Abreu *et al.*, 2012).

Assim, mais do que uma disciplina isolada, a Agroecologia representa um campo de conhecimento que integra diversas reflexões teóricas e avanços científicos provenientes de várias disciplinas distintas. Nesse contexto, o conceito fundamental de transição agroecológica ocupa uma posição central na Agroecologia. Essa transição é entendida como um processo gradual e não linear de mudança ao longo do tempo nas práticas de manejo dos

agroecossistemas. Em termos agrícolas, o objetivo é a transição de um modelo de produção agroquímico para estilos de agricultura que incorporem princípios e tecnologias baseados em abordagens ecológicas (Medeiros *et al.*, 2011).

3.2 AGRICULTURA FAMILIAR E A TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA

A agricultura familiar no Brasil é numericamente predominante no setor agrícola. Segundo dados do Censo Agropecuário do IBGE de 2017, dos 5.073.324 estabelecimentos agropecuários no país, 3.897.408 podem ser categorizados como agricultura familiar. Esse segmento representa 76,8% do total de estabelecimentos agropecuários brasileiros, ocupando uma extensão de aproximadamente 80,8 milhões de hectares, o equivalente a 23% da área total dos estabelecimentos rurais brasileiros.

Apesar de corresponder a apenas 23% do valor total da produção agropecuária, a agricultura familiar desempenha um papel significativo no abastecimento dos mercados locais do país, além de gerar emprego para cerca de 10,1 milhões de pessoas, representando um total de 67% da mão de obra no setor agropecuário. Os estabelecimentos não familiares, representam apenas 23,2% do total de unidades, no entanto, ocupam 77% da área de terra e contribuem majoritariamente para o valor da produção e da receita do setor, embora empreguem apenas 33% das pessoas ocupadas nos estabelecimentos do segmento (IBGE, 2017).

Neste contexto, torna-se fundamental destacar a significativa relevância econômica e social da agricultura familiar e dos mercados locais para o Brasil, ganhando crescente importância em meio a uma revalorização da ruralidade e das dinâmicas territoriais de desenvolvimento. Esse fenômeno se intensifica, principalmente, diante das crises nos modelos tradicionais de agricultura industrial, marcados tanto pelas ideologias do ajuste estrutural quanto pelas propostas de mudança revolucionárias. Essas circunstâncias propicia um ambiente favorável para que experiências bem-sucedidas de integração social e econômica, centradas na agricultura familiar, possam manifestar todo o seu potencial transformador (Schneider *et al.*, 2013)

Conforme estabelecido pela Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, a agricultura familiar é caracterizada como uma atividade desempenhada por agricultores ou empreendedores familiares rurais que possuam uma propriedade de até quatro módulos fiscais de área. Esses indivíduos primariamente empregam mão de obra da própria família, administram seu estabelecimento ou empreendimento em conjunto com os familiares e obtêm parte da renda familiar desse empreendimento. A legislação também abrange silvicultores, aquicultores,

extrativistas, pescadores, povos indígenas, quilombolas e outros povos tradicionais (Brasil, 2006).

No entanto, a definição presente na lei citada acima, demonstra que a agricultura familiar no Brasil é caracterizada por uma notável diversidade de perfis familiares, abrangendo desde aqueles envolvidos em práticas de agricultura de subsistência até produtores inseridos no moderno agronegócio, com renda significativamente superior à linha da pobreza (Wanderley, 2017).

Essa diversidade é decorrente de uma variedade de fatores, incluindo a formação histórica dos grupos, diferenças culturais, o acesso desigual a recursos naturais, econômicos e humanos, bem como a inserção desses grupos em ambientes rurais distintos. Adicionalmente, a disparidade no acesso a mercados e a posição socioeconômica e política desses agricultores nas estruturas da sociedade contribuem para a complexidade desse cenário diversificado (Souza Filho, 2006; Wanderley, 2017).

Neste contexto, a agricultura familiar se desdobra em distintos modos de produção, delineados pelo grau de mercantilização dos processos produtivos. Conforme essa classificação, uma vertente direciona-se à produção voltada para as demandas do mercado, enquanto a outra se concentra na produção destinada à subsistência própria (Ploeg *et al.*, 2009).

Os agricultores inseridos no processo de produção destinado a subsistência confrontam a agricultura convencional, ao se diferenciarem do que é considerado moderno e "tradicional", enfrentam diversas barreiras para manterem uma certa autossuficiência, onde tentam reduzir a dependência das flutuações do mercado de insumos. Nessa conjuntura, os agrossistemas desempenham um papel crucial no processo de soberania desses agricultores, onde a partir dos princípios da Agroecologia, surge a possibilidade de estabelecer um novo caminho para a construção de uma agricultura de base ecológica, sustentável e rentável (Jesus *et al.*, 2011).

3.3 BIOFERTILIZANTES ARTESANAIS COMO ALTERNATIVA AGROECOLÓGICA

Com o aumento da demanda por alimentos saudáveis e de origem conhecida, a agroecologia tem ganhado destaque como uma via de produção de alimentos que leva em consideração não apenas a produtividade, mas também o impacto ambiental e social. Para implementar a transição agroecológica, tem-se recorrido à produção orgânica, na qual não são utilizados insumos de origem química para prevenir e tratar problemas que possam afetar as áreas cultivadas (Fontanétti *et al.*, 2006).

Entre os produtos disponíveis para o controle desses problemas, encontram-se os biofertilizantes, compostos de origem orgânica e formulados com receitas distintas com o objetivo de fornecer às plantas os nutrientes essenciais, tornando-as mais resistentes a possíveis ataques. Esse composto possui múltiplos efeitos, atuando não apenas como fertilizante, mas também como estimulante da proteossíntese, repelente de insetos e controlador de doenças. Além disso, a capacidade de produzir esses insumos em pequenas propriedades, utilizando materiais locais e acessíveis, destaca-os ainda mais como ferramentas tecnológicas fundamentais no processo de transição para sistemas de produção agroecológicos (Gonçalves *et al.*, 2009).

Os biofertilizantes líquidos são produzidos por meio da fermentação de materiais orgânicos em água, com ou sem a presença de ar. Isso resulta em uma composição altamente complexa e variável, dependendo dos materiais utilizados e dos microrganismos presentes (Oliveira, 2020). Devido à sua formulação com matéria orgânica, esses biofertilizantes contêm praticamente todos os macronutrientes e micronutrientes necessários para a nutrição das plantas (Silva *et al.*, 2007; Borges, 2022).

Ainda segundo Silva *et al.*, (2007), estes formulados podem ser aplicados em diversas fases do desenvolvimento das culturas e por diferentes métodos, como aplicação foliar, tratamento de sementes, fertirrigação no solo ou em sistemas de hidroponia, com dosagens diluídas. A absorção pelas plantas é rápida, tornando-os especialmente úteis para culturas de ciclo curto como hortaliças e para o tratamento imediato de deficiências nutricionais das plantas.

Como exemplo de aplicação de biofertilizantes com diferentes propósitos se tem o estudo de Medeiros *et al.* (2000) que destaca os benefícios do uso de biofertilizantes, na redução da fecundidade, do tempo de oviposição e da longevidade de fêmeas do ácaro-da-leprose dos citros, *Brevipalpus phoenicis*. O efeito positivo foi observado após a aplicação de biofertilizantes à base de rúmen bovino e composto orgânico Microgeo, em diferentes

concentrações. O estudo revelou que os biofertilizantes não apenas agiram por contato direto e residual, mas também apresentaram uma notável ação sistêmica nas plantas tratadas (Medeiros *et al.*, 2006).

Outro exemplo notável do emprego eficaz de biofertilizantes foi conduzido pela Embrapa Semi-Árido, onde mesmo em condições desafiadoras, como solos arenosos e com baixa fertilidade, foi observado um aumento significativo na produtividade do melão com a aplicação de diferentes tipos de biofertilizantes (Silva *et al.*, 2007).

3.4 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTES ARTESANAIS

De acordo com a normativa de número 61, de 08 de julho de 2020, os biofertilizantes são produtos que contêm princípios ativos ou agentes orgânicos, desprovidos de substâncias agrotóxicas, e têm a capacidade de agir direta ou indiretamente sobre plantas cultivadas, promovendo o aumento da produtividade, sem considerar seu valor hormonal ou estimulante (Brasil, 2020).

O então termo "biofertilizante" deriva de "fertilizante biológico", ou seja, um fertilizante cuja composição inclui microrganismos vivos, como bactérias e fungos, cujo principal propósito é contribuir para melhora da microflora e da fertilidade do solo, e assim promover a fixação e a solubilização de macro e micronutrientes, propiciando um desenvolvimento e crescimento mais eficazes das plantas tratadas com o composto (Barman *et al.*, 2017; Borges, 2022).

Esses produtos são categorizados em diferentes grupos, sendo eles: a) Biofertilizante de aminoácidos; b) Biofertilizante de substâncias húmicas; c) Biofertilizante de extratos de algas ou algas processadas; d) Biofertilizante de extratos vegetais; e) Biofertilizante composto, resultado da combinação de dois ou mais biofertilizantes; f) Outros biofertilizantes que venham a ser aprovados pela pesquisa brasileira oficial ou credenciada (Brasil, 2020).

A utilização de biofertilizantes possibilita a redução do consumo de fertilizantes tradicionais e defensivos químicos, resultando consequentemente na diminuição do uso de combustíveis fósseis normalmente empregados na produção desses insumos convencionais. Outro ponto crucial é que os produtores podem reutilizar os resíduos provenientes da propriedade como matéria-prima para a formulação do produto. Exemplos de matérias-primas incluem resíduos pós-colheita e excrementos de animais como bovinos, suínos, caprinos, ovinos e aves (Garrido *et al.*, 2018; Borges, 2022).

Também deve ser levado em consideração o custo acessível da produção dos biofertilizantes para os agricultores familiares, no entanto, devido à baixa conscientização do uso, o reduzido tempo de validade dos formulados, a pouca pesquisa quanto a forma de aplicação e a especificidade para cada cultura que se deseja utilizar, o seu uso e fabricação no Brasil ainda é pequeno e negligenciado. Ainda assim, o uso de biofertilizantes artesanais é estratégico por proporcionar ao agricultor um mínimo de independência do mercado de insumos (Garrido *et al.*, 2018).

3.5 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES

Os biofertilizantes são comumente produzidos em tonéis plásticos de 200 ou 250 litros devido à praticidade no manuseio e ao baixo custo de aquisição. A preparação envolve três grupos de ingredientes cruciais: o composto orgânico, que pode ser esterco, frutas e restos de plantas saudáveis; o componente mineral, que inclui água não clorada, pó de rocha, cinzas, calcário, fosfato natural e sais solúveis, e por fim, o inoculante, que pode ser leite, soro de leite sem sal ou um pé de cuba. O pé de cuba trata-se de uma parte do material sedimentado na última fermentação que deve ser reservado para uso posterior em uma nova fermentação (Gonçalves *et al.*, 2009).

Algumas formulações podem conter açúcar ou melado para potencializar a fermentação. É importante observar que os restos de plantas utilizados além de serem saudáveis, devem ser de famílias diferentes das plantas que receberão as aplicações, a fim de minimizar o risco de transmissão de doenças (Gonçalves *et al.*, 2009; Moreira *et al.*, 2006).

Ainda segundo Gonçalves *et al.*, (2009), no caso de biofertilizantes provenientes de excremento animal, é essencial que os animais não tenham sido tratados com vermífugos, antibióticos ou qualquer outro produto químico que possa influenciar negativamente no desenvolvimento dos microrganismos. De forma ideal, o material proveniente do excremento deve ser de criações inseridas também em sistema agroecológico.

As formulações podem ser aeróbicas, ocorrendo a fermentação na presença de oxigênio. Nestes casos, a aeração é fundamental, sendo necessário mexer a formulação pelo menos uma vez ao dia por dez a quinze minutos. O tonel deve ser tampado para evitar a entrada de insetos ou outros animais, sem a vedação completa, permitindo sempre a entrada de ar (Embrapa, 2007).

Outra abordagem é a fabricação anaeróbica, onde não há presença de oxigênio. Nesse caso, é importante utilizar um tonel com tampa que vede a entrada de oxigênio. Na produção

anaeróbica, deve-se atentar para a colocação de um respiro para promover a liberação do gás metano produzido no processo de fermentação, pois a falta de escape adequado pode resultar em risco de explosão do recipiente devido à alta pressão interna gerada da fermentação (Silva *et al.*, 2007).

Após o preparo do biofertilizante, é importante reservar o "pé-de-cuba" ou "starting". Esse método favorece a qualidade da fermentação ao selecionar microrganismos mais adaptados ao material de origem utilizado na propriedade (Gonçalves *et al.*, 2009; Alves *et al.*, 2009).

3.6 PRINCIPAIS RECEITAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES ARTESANAIS

É fundamental seguir algumas regras básicas para a fabricação dos biofertilizantes, sendo uma delas a temperatura ideal que é em torno de 38° C, para assim propiciar um crescimento satisfatório dos microrganismos. No caso da região semiárida a qual estamos inseridos, os produtores devem manter os tonéis abrigados do sol para que assim evitem o super aquecimento do formulado. Já nas regiões mais frias, recomenda-se que os tonéis fiquem em áreas a sol pleno. Levando sempre em consideração que os tonéis devem ser opacos e sem transparência, de forma que impossibilite a entrada de luz solar, uma vez que a luz tende a degradar substâncias importantes no formulado (Gonçalves *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2007).

As principais receitas de biofertilizantes têm como base plantas, esterco e húmus-líquido. Na elaboração de biofertilizantes de plantas, são utilizadas folhas, raízes, talos e resíduos de roçada da própria área. Esses elementos podem ser adicionados gradualmente à água, preenchendo o recipiente de armazenamento diariamente ou semanalmente. Aprimorar os biofertilizantes vegetais com a adição de minerais, como rochas moídas, cinzas, fosfato natural, farinha de ossos ou conchas, é uma prática recomendada. A quantidade total desses minerais não deve exceder 10 kg, sendo a adição realizada em pequenas aplicações para evitar interrupções temporárias no processo de fermentação (Gonçalves *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2007; Embrapa, 2007).

Para os biofertilizantes à base de esterco, sugere-se o preparo em uma única vez, considerando a quantidade de esterco e água previamente estabelecida, levando em conta o comportamento específico da fermentação. No caso de enriquecimento deste biofertilizante, os produtos utilizados podem ser os mesmos empregados nos biofertilizantes de plantas, adicionados gradualmente (Moreira *et al.*, 2006)

Os húmus líquidos, uma mistura de água e húmus de minhoca, podem ser preparados em um local sem exposição direta à luz, sendo agitados vigorosamente diariamente. Diferentemente dos demais mencionados, esse tipo de biofertilizante fica pronto de forma mais rápida, em um período de quatro a sete dias. Isso ocorre porque o material não necessariamente passa por um processo de fermentação, mas sim de diluição de nutrientes, substâncias orgânicas e microrganismos, podendo ser aplicados por meio de pulverização foliar ou irrigação (Moreira *et al.*, 2006).

3.7 IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E DA QUANTIFICAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE BIOFERTILIZANTES

A composição química dos biofertilizantes apresenta alta variabilidade, podendo ser influenciada pelo método de preparo, o tempo de formulação e os materiais empregados. Além disso, fatores como a população microbiana, a temperatura, o potencial hidrogeniônico (pH) e a Condutividade Elétrica (CE) do composto também contribuem para essa diversidade (Medeiros; Lopes, 2006; Oliveira, 2020).

A participação dos microrganismos decompositores de matéria orgânica desempenha um papel crucial na liberação de uma gama de metabólitos, enzimas, toxinas, fenóis, éteres, ácidos e antibióticos. Esse conjunto de elementos conferem uma qualidade aprimorada aos biofertilizantes (Marrocos *et al.*, 2012).

Dessa forma, a avaliação quantitativa e qualitativa desses parâmetros é de extrema importância para garantir a melhor formulação possível para os biofertilizantes, possibilitando a planta ter disponível seus nutrientes essenciais e um solo rico, com uma microbiota equilibrada, capaz de lhe conferir maior resistência contra ataques de diversas pragas e doenças.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado entre os meses de julho a novembro de 2023, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Para isso, utilizou-se cinco amostras de biofertilizantes. Os produtores agroecológicos que forneceram as amostras para o estudo, utilizaram receitas disponibilizadas pela Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) para a formulação dos biofertilizantes.

As amostras foram transportadas até a UFERSA, para a realização das análises. As amostras 1 (A1), 2 (A2) e 3 (A3) foram coletadas de propriedades localizadas no Assentamento Paulo Feire, Mossoró/RN. A amostra 4 (A4) foi coletada no assentamento Recanto da Esperança, Mossoró/ RN, e a amostra 5 (A5) foi oriunda de uma propriedade localizada na comunidade Picada, Ipanguaçu/RN.

Posteriormente, todas as amostras foram filtradas com filtro de papel quantitativo tipo JP40 (Figura 2) objetivando facilitar as análises. Em seguida foi separado 500 mL do filtrado, para envio ao Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia – LAMIFI, também da UFERSA, para a realização da análise quantitativa microbiológica Bactérias Totais e Bactérias Esporulantes.

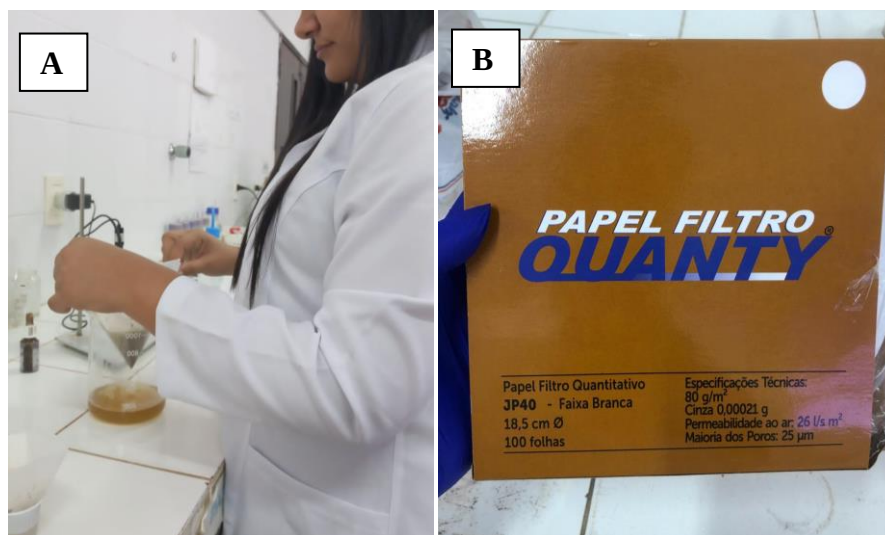


Figura 2. Processo de filtragem para posterior análise (A) e filtro utilizado na filtragem (B).

Fonte: autoria própria, 2023.

4.1 RECEITAS UTILIZADAS PARA A FORMULAÇÃO DOS BIOFERTILIZANTES

Os biofertilizantes foram produzidos de forma artesanal pelos produtores, sendo para o biofertilizante A1 e A2 foi utilizado as receitas 1 e 2 respectivamente, em um tambor de 200 litros, tampado, mas com entrada de ar, deixando fermentar por 45 dias. Para o biofertilizante A3, A4 e A5 foi usado a receita 3, a qual foi disponibilizada pela Emater de Baraúna/RN em uma capacitação realizada nas comunidades, deixado para fermentação também por 45 dias em tambores de 200 litros (Tabela 1).

Tabela 1. Receitas utilizadas nas formulações de biofertilizantes produzidos por agricultores agroecológicos.

Receita 1	Receita 2	Receita 3
Tambor de 200 L	Tambor de 200 L	Tambor de 200 L
12 kg de esterco fresco	02 litros de leite	60 kg de esterco bovino fresco
500 ml de mel de rapadura	500 ml de mel de rapadura	02 litros de leite ou soro
500 g de capim picado	500 g de capim picado	02 litros de mel de furo
200 g de cinzas	100 g de pó de osso	03 kg de cinza de madeira
100 g de fígado moído	500 g de cinza	03 kg de cal virgem
50 ml de sangue fresco	100 g de pó de pedra	06 kg de capim picado
Completar com água	Completar com água	Completar com água

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

As amostras foram acondicionadas em garrafas Pet e encaminhadas ao Laboratório de Solo, Água e Planta – LASAP, vinculado ao Departamento de Ciências Ambientais e Florestais – DCAF da UFERSA, Campus Mossoró, para a determinação dos teores de Fósforo, Potássio, Magnésio, Sódio e Cálcio, e avaliar o potencial hidrogeniônico e a condutividade elétrica.

4.2 ANÁLISES QUÍMICAS

Para a determinação de Condutividade Elétrica (CE em dS/m), Potencial Hidrogeniônico (pH) (Figura1), concentração de Sódio (Na^+), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}) e Potássio (K^+), utilizou-se uma adaptação das metodologias propostas por Richards (1954), e do Manual de Métodos de Análise de Solo e água (Donagema, 2011). A determinação colorimétrica de Fósforo Total foi realizada em um espectrofotômetro UV/VIS modelo DR 200 da marca HACH.



Figura 1. Condutivímetro e phmetro de bancada utilizados nas análises dos biofertilizantes.

Fonte: Autoria própria, 2023.

4.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Para a quantificação de Bactérias Totais, foi utilizado o meio de cultura Nutriente-Ágar (NA). As amostras foram diluídas em série, e plaqueadas em NA, sendo três placas por diluição. As placas foram mantidas por 48 horas em estufa incubadora do tipo Demanda Bioquímica de Oxigênio (B.O.D) a 28 ± 2 °C. Para Bactérias Esporulantes, as diluições foram submetidas ao banho-maria a 80°C por vinte minutos, e posteriormente seguiu-se o mesmo processo de plaqueamento utilizado para as bactérias totais (Figura 3).



Figura 3. Preparação de amostras para análise microbiológica no laboratório de microbiologia e fitopatologia – LAMIFI (UFERSA-Mossoró)

Fonte: Autoria própria, 2023.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

As amostras de biofertilizantes avaliadas apresentaram em geral (tabela 2) alto potencial hidrogeniônico (pH), sendo a A4 a única na faixa ácida, já as demais variaram com valores acima de 7, ou seja, se enquadrando como de caráter básico. Como esperado a condutividade elétrica (CE), também apresentou alto valor, no entanto, as amostras A1 e A2 provenientes da mesma propriedade apresentaram menor valor em comparação as outras três amostras.

O teor de fósforo variou entre as amostras, no entanto apresentou baixas concentrações, sendo a A1 e a A4 as que apresentaram maiores concentrações dentre as cinco avaliadas. O potássio dentre os macronutrientes foi o que apresentou maiores concentrações com destaque para a amostra A5, com maior teor do nutriente dentre as cinco amostras avaliadas.

Também foi observado alta concentração de sódio na maioria das amostras avaliadas, o que pode ser um problema, uma vez que o sódio é tóxico para a maioria das culturas. As amostras A1 e A4 apresentaram as menores concentrações desse elemento, e a amostra A3 apresentou a maior concentração.

Quanto ao cálcio, foi observado que a maior concentração na amostra A5, seguido da A4, as demais amostras apresentaram menor concentração e variaram pouco entre si. Os resultados para magnésio apresentaram a A3 com a maior concentração, seguido da A4 e A5, sendo a A1 com menor teor.

Tabela 2 – Dados médios de pH, condutividade elétrica (CE) e teor de fósforo, potássio, sódio, cálcio e magnésio presente em biofertilizantes artesanais produzidos por produtores agroecológicos.

Amostras	pH	CE (DS/M)	P (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	Ca ⁺⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)
A 1	8,41	5,69	5,08	268	720	244	180
A 2	8,14	3,35	1,65	516	1392	288	160
A 3	8,42	7,03	3,10	1052	2352	276	360
A 4	5,74	10,40	4,78	1948	600	544	260
A 5	7,92	10,22	1,39	2232	1888	808	220

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Observa-se um pH elevado em quatro das cinco amostras avaliadas, com o maior pH registrado na amostra (A3), alcançando o valor de 8,42, seguido pela A1 com 8,41. Em seguida, com uma pequena diferença, temos a (A2) com 8,14, seguida pela (A5) com 7,92. Por fim, a amostra (A4) apresenta o menor valor de pH, registrando 5,74, sendo a única com tendência ácida, enquanto as demais mostram tendência alcalina (gráfico 1). De acordo com Bomfim (2016), o pH da solução nutritiva de biofertilizantes deve situar-se entre 7,0 e 8,0 para favorecer a proliferação de microrganismos. Portanto, apenas a amostra (A5) se manteve na faixa ótima trazida por Bomfim (2016), e os demais valores observados neste estudo estão ligeiramente acima do recomendado ou abaixo como no caso do (A4).

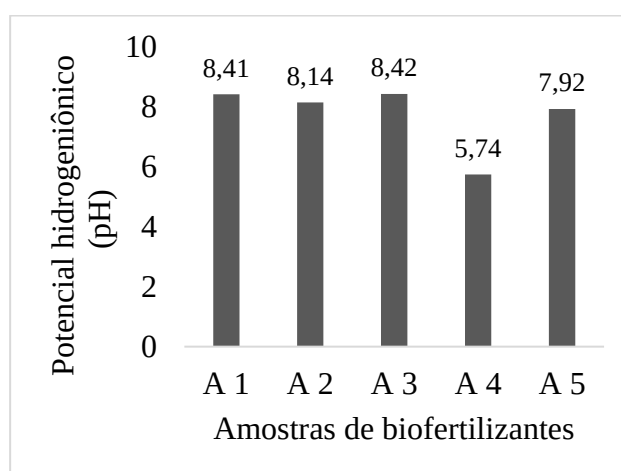


Gráfico 1. Potencial hidrogeniônico de amostras de biofertilizantes formulados por produtores agroecológicos, sendo A1, A2 oriundos do assentamento Paulo Freire, Mossoró/RN, A3 da Agrovila Paulo Freire, Maísa, Mossoró/RN, A4 do assentamento Recanto da esperança, Mossoró/RN e a A5 da comunidade Picada, Ipanguaçu/RN.

Os biofertilizantes Vairo e Agrobom, elaborados na Embrapa Semi-Árido, apresentam um pH similar, de 7,6 no Vairo e 7,9 no Agrobom, se mantendo como alcalino próximo de neutro. A similaridade pode estar atrelada aos ingredientes das receitas, uma vez que o biofertilizante Vairo consiste na fermentação do esterco hidratado e o Agrobom também usa o esterco bovino como base de matéria orgânica (Silva *et al.*, 2007).

Silva & Oliveira (2017), em seu trabalho “Caracterização química de diferentes receitas de biofertilizantes tipo Bokashi líquido” avaliou o pH em cinco receitas diferentes em tempos diferentes, onde foi observado que todas as receitas de biofertilizantes apresentaram pH ácido no tempo de 0 a 168 horas de fermentação, variando de 4,7 a 6,6, o autor liga o baixo pH aos ingredientes utilizados nas formulações, os resultados diferem dos valores encontrados no

presente estudo, vale ressaltar que as receitas de Silva & Oliveira (2017), apresentam grande diferença das utilizadas no presente estudo.

França *et al.*, (2006), avaliando os biofertilizantes Vairo e Agrobom sem digestão química apresentou pH de 8,27 no Vairo e 8,30 no Agrobom, se mantendo próximo ao observado nesse estudo. Foi observado por Marrocos *et al.*, (2012), em seu trabalho “Composição química e microbiológica de biofertilizantes em diferentes tempos de decomposição”, que o biofertilizante de origem de esterco bovino difere do de origem de aves, como também o tempo de fermentação influencia nessas diferenças de valores.

Na literatura são citados, diferentes valores de pH em biofertilizantes, variando não apenas pela receita e o tempo como também pela quantidade e grupos de microrganismos presentes no formulado (Tortora *et al.*, 2006). A elevação do pH também está relacionada com a maturidade do biofertilizante, e assim consequentemente o aumento da concentração de nutrientes importantes (Sediyama *et al.*, 2008). Por terem sido elaborados em datas distintas, as amostras podem apresentar tais variações de pH em decorrência dessa diferença de maturidade de ambas.

A Condutividade Elétrica (CE), apresentou um elevado valor (gráfico 2), sendo a menor da amostra (A2), 3,35 dS/m, em seguida de forma crescente se tem a (A1) com 5,69 dS/m, a (A3) com 7,03 dS/m, a (A5) com 10,22 dS/m e por fim, com maior contagem a amostra (A4), com 10,40 dS/m. Tais valores contrastam dos encontrados no trabalho de França *et al.*, (2006), onde foi avaliado os teores dos nutrientes em biofertilizantes líquidos determinados por diferentes métodos de análise, onde o maior valor encontrado para esse parâmetro sem o uso da digestão foi 1,7 dS/m.

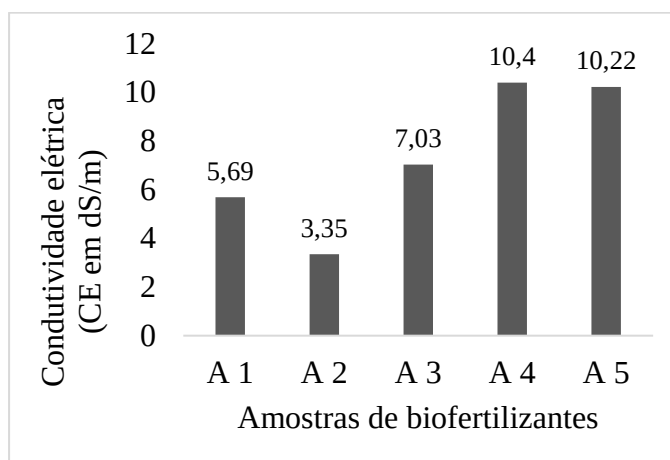


Gráfico 2. Condutividade elétrica de amostras de biofertilizantes formulados por produtores agroecológicos, sendo A1, A2 oriundos do assentamento Paulo Feire, Mossoró/RN, A3 da

Agrovila Paulo Freire, Maísa, Mossoró/RN, A4 do assentamento Recanto da esperança, Mossoró/RN e a A5 oriunda da comunidade Picada, Ipanguaçu/RN.

Comparando com os dados disponibilizados pela Embrapa o valor para o Vario é de 24,5 dS/m e para o Agrobom é de 24,3 dS/m, ficando bem acima do máximo encontrado no presente estudo (Silva *et al.*, 2007). Uma possível explicação para a alta CE no presente estudo, pode ser a água utilizada na formulação, uma vez que a amostra (A1) e (A2) que são provenientes da mesma propriedade apresentaram CE aproximadas.

Silva & Oliveira (2017), observaram a condutividade elétrica de cinco receitas de biofertilizantes em tempos que foram de 0 a 168 horas de fermentação, e eles constataram que com o passar do tempo de fermentação a condutividade elétrica tendia a aumentar. Isso se dá por uma solução nutritiva ser composta por elementos metálicos que conduzem corrente elétrica, de modo que quanto maior for a concentração de nutrientes maior será a capacidade da solução nutritiva de conduzir corrente elétrica, isso porquê, com o passar do tempo da fermentação os microrganismos vão degradando a matéria orgânica e liberando mais íons metálicos na solução (Bernert *et al.*, 2015).

A condutividade elétrica por estar ligada ao teor de sais totais dissolvidos e do tipo de íon presente na solução, sendo os íons MgCl, CaCl e NaCl os que mais proporciona o aumento desse parâmetro (Bernert *et al.*, 2015), o tempo de fermentação terá influência nesse aumento, juntamente com os ingredientes utilizados e a qualidade da água.

Santos *et al.*, (2022), em seu trabalho “Análise química e microbiológica de biofertilizante a base de esterco bovino e manipueira em diferentes períodos de decomposição”, observa que a CE segue a tendencia de aumento conforme o tempo de fermentação, variando de 3,3 dS/m à 3,6 dS/m, se mantendo abaixo da maioria dos valores aqui encontrados, o autor também relaciona o aumento da CE com os ingredientes utilizados, o modo de preparo e o tempo de fermentação do composto.

Conforme observado em Marrocos *et al.*, (2012), ao avaliar biofertilizantes de matéria orgânica diferente e em tempos diferentes de decomposição, há uma maior CE para os biofertilizantes que utilizaram matéria orgânica de origem de aves, variando de acordo com o tempo de decomposição, apresentando a maior contagem no quinto dia, 30,12 dS/m, decaindo para 15,59 dS/m no trigésimo dia de decomposição. Já no biofertilizante de origem bovina a maior valor foi de 6,29 dS/m, também no quinto dia, caindo pra 4,69 dS/m no trigésimo dia de avaliação.

Segundo Bernert *et al.* (2015), a água de irrigação após a adição de fertilizantes não deve apresentar uma CE que ultrapasse 2,0 dS m⁻¹, uma vez que pode ocasionar estresse salino

na planta. A alta CE e o alto pH pode ser explicado pelo uso de água salobra para a produção dos biofertilizantes.

Outro ponto importante é relatado por Marinho et al., (2009), onde ele avaliou como a adição dos nutrientes e matéria orgânica influenciam na CE, onde observou que os compostos preparados com esterco bovino apresentaram maior CE em comparação aos formulados com húmos de minhoca, por exemplo, outro ponto observado pelo autor foi que a adição de cinzas também propiciou o aumento da CE no formulado. Ambos ingredientes foram utilizados na formulação dos biofertilizantes do presente estudo.

No trabalho de Dorais *et al.* (2001), eles relatam que a cultura do tomateiro em alta salinidade pode afetar a produtividade comercial, onde a alta condutividade elétrica influencia diretamente de forma inversa no tamanho dos frutos, ou seja, quanto maior a condutividade elétrica, menor o tamanho dos frutos. Dessa forma, os altos valores encontrados nesse trabalho acendem um alerta para os produtores terem cautela ao utilizar os biofertilizantes.

Quanto ao teor do fósforo avaliado (gráfico 3), foi observado uma baixa concentração nas cinco amostras, sendo a que apresentou maior teor a (A1), com 5,08 mg/L, seguido da (A4), com 4,78 mg/L, posteriormente vem a (A3) com um teor de 3,10 mg/L, a (A2) com 1,65 mg/L e por fim, com menor concentração a (A5) com 1,39 mg/L.

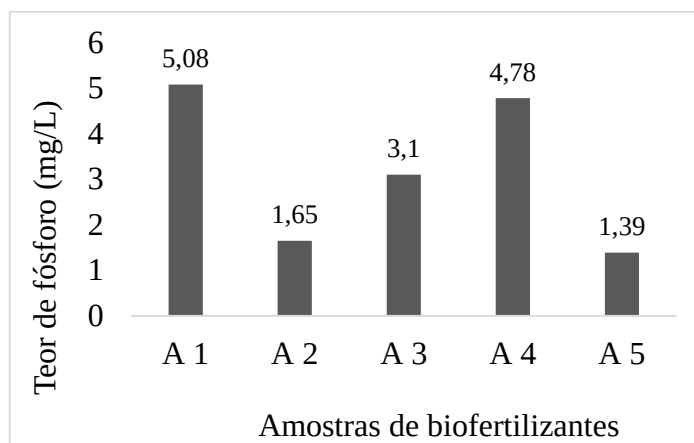


Gráfico 3. Teor de fósforo em amostras de biofertilizantes formulados por produtores agroecológicos, sendo A1, A2 oriundos do assentamento Paulo Feire, Mossoró/RN. A3 da Agrovila Paulo Feire, Maísa, Mossoró/RN, A4 do assentamento Recanto da esperança, Mossoró/RN e A5 da comunidade Picada, Ipanguaçu/RN.

Costa *et al.* (2011), em seu trabalho “Caracterização do biofertilizante da cama de frango associada ao biofertilizante de suíno obtido após processo de biodigestão anaeróbia”, observou que o tratamento que recebeu Cama de frango e Biofertilizante apresentou melhores resultados

para teores de fósforo, sendo observado 215,0 mg/L, resultado bem superior aos observado no presente estudo, que utilizou esterco bovino em sua maioria.

No entanto, Silva & Oliveira (2017), no estudo intitulado “Caracterização química de diferentes receitas de biofertilizantes tipo Bokashi líquido” encontrou valores de fósforo abaixo do observado por Costa *et al.* (2011), em dois tempos, iniciando com 12,73 mg/L em 72 horas e subindo pra 40,6 mg/L com 168 horas, onde nas receitas novamente não foi utilizado cama de frango na obtenção do biofertilizante, nem esterco bovino como o usado no presente estudo, ainda sim as contagens foram superiores as aqui encontradas.

Uma explicação pode ser o tempo que foi realizada a avaliação, uma vez que Marrocos *et al.*, (2012), em seu trabalho “Composição Química e Microbiológica De Biofertilizantes Em Diferentes Tempos de Decomposição”, apresenta contagens maiores de fósforo, tanto para biofertilizantes oriundos de esterco bovino quanto para oriundos de cama de aves, no entanto em seu trabalho ele avalia esses teores de acordo com o tempo de decomposição no qual o teor decai com o tempo no caso da fonte de esterco bovino, o que poderia explicar a menor contagem do estudo presente.

O tempo de fermentação e de preparo, bem como o tempo que foi desde a produção até a análise pode ter interferido nos resultados aqui encontrados, e assim diminuído o teor do nutriente no biofertilizante. Ainda no estudo realizado por Marrocos *et al.*, (2012), é observado que na fonte de cama de aves o teor eleva com 10 dias e cai posteriormente, no entanto se mantém superior ao valor inicial. Para os biofertilizantes Vairo e Agrobom, formulados pela Embrapa Semiárido, os valores para o fósforo foram 50 mg/L e 60 mg/L respectivamente, onde ambos utilizam esterco bovino como fonte de matéria orgânica, e se mantiveram acima dos valores aqui encontrados (Silva *et al.*, 2007).

O nutriente fósforo é um dos elementos essenciais as plantas, ou seja, na sua ausência nenhum outro pode suprir essa falta. Ele desempenha papel fundamental no metabolismo da planta, estando envolvido na transferência de energia na célula, na respiração e na fotossíntese. Esse nutriente também é componente estrutural dos ácidos nucléicos e de muitas coenzimas (Grant *et al.*, 2001).

A deficiência de P no início do ciclo vegetativo da planta pode acarretar em restrições de desenvolvimento, das quais não é possível recuperação posteriormente, mesmo se normalizando o suprimento de P em seguida (Grant *et al.*, 2001). Daí a importância do uso do biofertilizante no início do ciclo da cultura, possibilitando a mesma o suprimento adequado desse nutriente.

Quanto ao teor de Potássio analisado (gráfico 4), o que apresentou maior valor foi a amostra (A5) 2232 mg/L, sendo o nutriente essencial em maior quantidade nas amostras avaliadas, seguido da amostra (A4) com 1948 mg/L, em consequente as amostras (A3), (A2) e (A1), com os valores 1052 mg/L, 516 mg/L e 268 mg/L respectivamente. Os biofertilizantes Vairo e Agrobom, formulados pela Embrapa, apresentam o teor de potássio de 7100 mg/L e 7600 mg/L respectivamente, estando assim, bem acima dos valores encontrados no presente estudo (Silva et al., 2007).

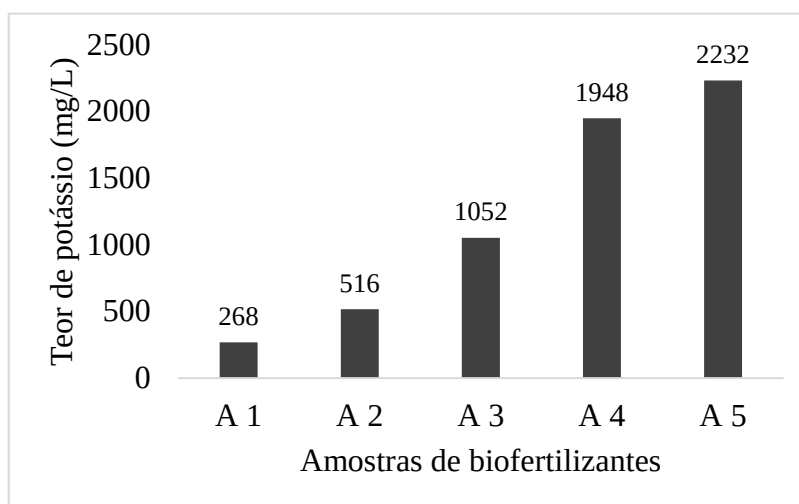


Gráfico 4. Teor de Potássio em amostras de biofertilizantes formulados por produtores agroecológicos, sendo A1 e A2 oriundos do assentamento Paulo Feire, Mossoró/RN. A3 da Agrovila Paulo Freire, Maísa, Mossoró/RN, A4 do assentamento Recanto da esperança, Mossoró/RN e A5 da comunidade Picada, Ipanguaçu/RN.

Silva & Oliveira, (2017), em seu trabalho “Caracterização química de diferentes receitas de biofertilizantes tipo Bokashi líquido”, trazem valores maiores de K, apresentando 1290 mg/L inicialmente e aumentando para 3480 mg/L após algumas horas de fermentação, no entanto o trabalho só avalia em dois tempos determinados sendo possível um decaimento após maior tempo da decomposição do composto.

Como ocorrido no trabalho de Marrocos *et al.*, (2012), onde no composto de fonte cama de aves se teve a maior concentração ao décimo quinto dia, e após isso o teor começa a decair, no composto à base de esterco bovino obteve a maior concentração no vigésimo dia. Esses resultados reforçam a necessidade da aplicação no tempo correto do biofertilizante para o melhor desempenho, de acordo com sua fonte de matéria orgânica.

Avancini et al., (2012), em seu trabalho “Caracterização química dos compostos líquidos oriundos da compostagem de resíduos agroenergéticos”, avaliou três compostos, onde ele observou que o teor de potássio variou de acordo com o material usado na compostagem, sendo o segundo de cama aviária com o maior teor, com o valor de 1420,6 mg/L, se mantendo dentro da amplitude observada no presente estudo, o segundo maior foi o composto líquido 1 com o teor de 614,8 mg/L e por fim o composto líquido 3 com o teor de 462 mg/L.

Magrini *et al.*, (2011) em seu trabalho “Características químicas e avaliação microbiológica de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi”, observou um aumento do potássio até 60 dias de maturação do biofertilizante, o autor também observou que na avaliação seguinte, feita no dia 85 houve um decaimento do teor do nutriente. Reforçando que o tempo de maturação influencia diretamente no teor do potássio no formulado.

Quanto ao teor de Sódio (gráfico 5), foi observado um alto valor, sendo a maior concentração em A3 com um teor de 2352 mg/L, seguido da A5 com 1888 mg/L, da A2 com 1392 mg/L, A1 com 720 mg/L e o menor teor observado foi na amostra A4 com 600 mg/L. O sódio foi o nutriente em maior quantidade nos biofertilizantes avaliados, Silva *et al.*, (2007) por meio do comunicado técnico 130 da Embrapa Semiárido, apresenta o teor de sódio nos formulados comerciais, Vairo e Agrobom, sendo no Vairo observado o teor de 135 mg/L e no Agrobom 215 mg/L, valores bem abaixo dos encontrados no presente estudo.

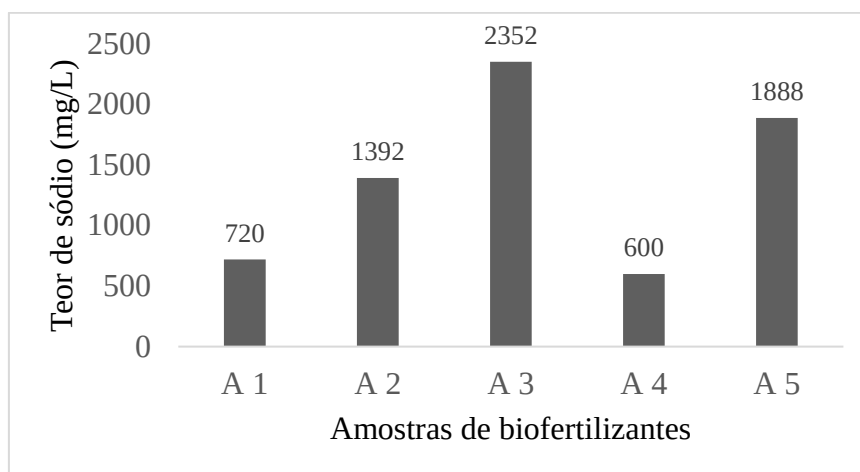


Gráfico 5. Teor de sódio em amostras de biofertilizantes formulados por produtores agroecológicos, sendo A1 e A2 oriundos do assentamento Paulo Feire, Mossoró/RN. A3 da Agrovila Paulo Feire, Maísa, Mossoró/RN, A4 do assentamento Recanto da esperança, Mossoró/RN e a amostra A5 da comunidade Picada, Ipanguaçu/RN.

O biofertilizante Vairo é obtido da mistura de esterco e água na proporção de 50/50, sendo fermentado por 30 dias em um tanque fechado hermeticamente (Bettiol *et al* 1998, *apud*

Duenhas *et al.*, 2004), dessa forma o teor de Na^+ na água utilizada na formulação do biofertilizante influencia diretamente no resultado final, o que possivelmente teve ação na maior contagem de Na^+ nas amostras analisadas no presente estudo, tendo em vista a alta salinidade das águas encontradas na região. Cosme *et al.* (2018), fizeram o levantamento de qualidade de água de 22 comunidades na região de Mossoró, RN, onde foi observado que 8,70% das amostras de água tiveram elevadas restrições quanto a salinidade e sodicidade.

Para os nutrientes Cálcio (gráfico 6) e Magnésio (gráfico 7), foi observado os teores de 244 mg/L, 288 mg/L, 276 mg/L, 544 mg/L e 808 mg/L em cálcio nas amostras A1, A2, A3, A4 e A5 respectivamente. Para o magnésio os valores foram 180 mg/L em A1, 160 mg/L em A2, 360 mg/L em A3, 260 mg/L em A4 e por fim, 220 mg/L na amostra A5. França *et al.*, (2006), observou que de acordo com o método empregado na análise desses nutrientes os resultados podem ser subestimados ou superestimados, onde em seu trabalho avaliando os biofertilizantes Vairo e Agrobom, obteve os valores de 425 mg/L e 271 mg/L para o cálcio e para magnésio obteve 580 mg/L e 386 mg/L nos biofertilizantes Vairo e Agrobom respectivamente. Essas variações ocorrem provavelmente, devido a diferença nos materiais usados na formulação do composto.

No comunicado técnico da Embrapa 130 que traz a composição química dos biofertilizantes Vairo e Agrobom, para cálcio apresenta os valores de 330 mg/L para o Vairo e 240 mg/L para o Agrobom, se mantendo dentro dos valores encontrados no presente estudo. Já para o magnésio o comunicado traz os valores de 210 mg/L no Vairo e 100 mg/L no Agrobom, também próximo aos encontrados no presente estudo (Silva *et al.*, 2007).

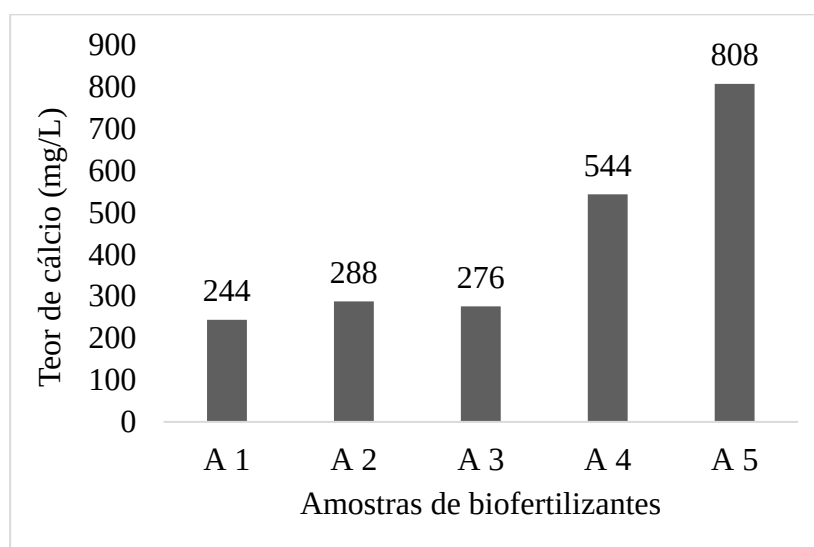


Gráfico 6. Teor de cálcio em biofertilizantes formulados por produtores agroecológicos, sendo A1 e A2 oriundos do assentamento Paulo Freire, Mossoró/RN. A3 da Agrovila Paulo Freire, Maísa, Mossoró/RN, A4 do assentamento Recanto da esperança, Mossoró/RN e a amostra A5 da comunidade Picada, Ipanguaçu/RN.

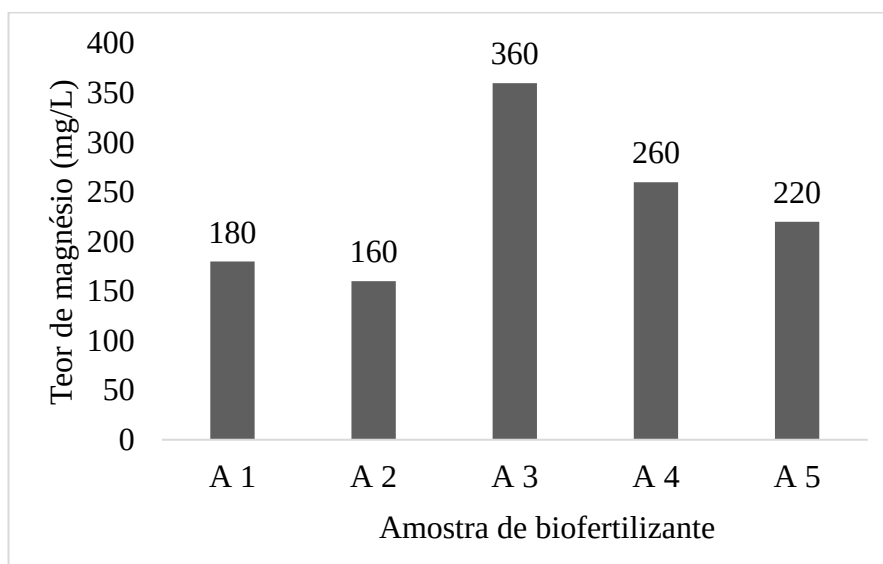


Gráfico 7. Teor de magnésio em biofertilizantes formulados por produtores agroecológicos, sendo A1 e A2 oriundos do assentamento Paulo Freire, Mossoró/RN. A3 da Agrovila Paulo Freire, Maísa, Mossoró/RN, A4 do assentamento Recanto da esperança, Mossoró/RN e A5 da comunidade Picada, Ipanguaçu/RN.

Marrocos *et al.*, (2012), em seu trabalho, observou menores concentrações, apresentando um o teor de cálcio no biofertilizante bovino variando de 30 mg/L à 50 mg/L de acordo com o tempo de fermentação, sendo a maior avaliação no quinto dia e os menores teores a partir do vigésimo dia. Quanto ao magnésio, o presente estudo também se manteve com maiores concentrações em relação ao trabalho de Marrocos *et al.*, (2012), que apresenta sua maior concentração no décimo dia com um teor de 130 mg/L, decaindo com o tempo de fermentação.

De acordo com o Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes da Embrapa, (1999), onde foi realizada a caracterização dos biofertilizantes Puro e Agrobio, foi observado um elevado teor de cálcio, 4300 mg/L e 19200 mg/L respectivamente. O alto teor apresentado no trabalho pode estar relacionado ao material utilizado na formulação. No mesmo trabalho, realizado pela Embrapa, (1999), foi obtido teores de magnésio para os mesmos biofertilizantes, apresentando valores de 100 mg/L no biofertilizante puro e 1310 mg/L no Agrobio, o que reforça o papel do material utilizado na formulação.

Magrini *et al* (2011), observou um aumento no teor de cálcio e magnésio ao passar de 60 dias de decomposição do material utilizado no composto, no entanto na avaliação seguinte houve o decaimento de ambos os nutrientes. Dessa forma, como já citado no presente trabalho, além dos ingredientes utilizados na formulação, o tempo de fermentação teria papel importante no teor desses nutrientes.

Silva e Oliveira (2017), também observaram essa variação do teor de nutrientes com o passar do tempo de fermentação, onde para o cálcio foi observado um teor de 230mg/L em 72 horas, subindo para 500 mg/L em 168 horas. No caso do magnésio vai de 109 mg/L em 72 horas para 224 mg/L em 168 horas.

5.2 PARÂMETRO MICROBIOLÓGICO

Para as análises microbiológicas (tabela 2), foi observado uma contagem abaixo da encontrada na literatura, com valores para bactérias totais variando de $1,7 \times 10^5$ a $5,8 \times 10^6$, sendo destacado as amostras A5 e a amostra A1 com as maiores contagens, e a amostra A2 com a menor contagem. Vale ressaltar a diferença de receitas utilizadas e o modo de preparo único de cada produtor, como uma possível explicação para a diferença de concentração das amostras. Para além da diferença de ingredientes e preparo, outro ponto seria o tempo após o preparo dos formulados e a forma de armazenamento dos mesmos algo crucial para as diferentes contagens.

Tabela 2 – Quantificação de bactérias Totais e Bactérias esporulantes em biofertilizantes artesanais fabricados por produtores agroecológicos.

Amostras	Bactérias Totais (UFC/mL)	Bactérias Esporulantes (UFC/mL)
A1	$5,4 \times 10^6$	$1,7 \times 10^6$
A2	$1,7 \times 10^5$	$4,4 \times 10^4$
A3	$1,3 \times 10^6$	$3,5 \times 10^5$
A4	$2,9 \times 10^6$	$4,9 \times 10^5$
A5	$5,8 \times 10^6$	$2,8 \times 10^6$

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Na quantificação microbiológica foi observado maior crescimento de bactérias totais na amostra A5 com um valor de $5,8 \times 10^6$ UFC/mL, seguido da A1 com $5,1 \times 10^6$ UFC/mL, da A4 com $2,9 \times 10^6$ UFC/mL, da A3 com $1,3 \times 10^6$ UFC/mL e com menor contagem a A2 com $1,7 \times 10^5$ UFC/mL (Figura 4) Quanto as bactérias esporulantes, a ordem de maior contagem permanece com a amostra A5 com um valor de $2,8 \times 10^6$ UFC/mL, seguido da A1 com $1,7 \times 10^6$ UFC/mL, da A4 com $4,9 \times 10^5$ UFC/mL, da A3 com $3,5 \times 10^5$ UFC/mL e pôr fim a A2 com $4,4 \times 10^4$ UFC/mL (Figura 9).

Santos *et al.* (2022), em seu trabalho "Análise química e microbiológica de biofertilizante à base de esterco bovino e manipueira em diferentes períodos de decomposição", observaram uma tendência de crescimento bacteriano, onde no primeiro dia, foi registrada uma população de 60×10^5 UFC/mL, atingindo seu pico aos 33 dias, com uma população de 110×10^5 UFC/mL. Entretanto, é esperado que o crescimento se estabilize e eventualmente diminua, seguindo a curva padrão de crescimento bacteriano. Uma vez que, à medida que o processo de maturação avança, as condições físicas e a composição química do meio tendem a se estabilizar (Magrini *et al.*, 2011).

Marrocos *et al.* (2012), observou em seu trabalho com composto orgânico de bovino uma tendencia de crescimento bacteriano, atingindo seu pico no dia 20, com uma contagem de $15,88 \times 10^7$ UFC/mL, ainda nesse trabalho ele observou também composto orgânico de galinha, onde também seguiu uma tendência crescente, apresentando seu máximo valor aos 25 dias, verificando-se uma população de $88,25 \times 10^7$ UFC mL. Após esse ápice, os compostos voltam a cair suas contagens. As baixas contagens registradas no presente estudo, pode assim estar relacionada com o tempo que foi realizada as análises das mesmas, após a fermentação.

Magrini *et al.*, (2009) em seu trabalho “Avaliação Microbiológica, pH e Umidade de Diferentes Fases de Maturação do Biofertilizante Bokashi” observou que após o período de maturação de 60 dias o composto estabilizou e as unidades formadoras de colônias das bactérias totais passaram a cair, reforçando a importância do uso no tempo correto para o melhor desempenho do biofertilizante. O biofertilizante Hortbio® desenvolvido pela Embrapa tem o tempo sugerido para o uso de 10 dias após o preparo, uma vez que após esse tempo, a população de microrganismos cai (Fontenelle *et al.*, 2017).

Diversos estudos apontam que a matéria orgânica e uma microbiota rica no solo atuam diretamente no equilíbrio e assim evita o ataque de patógenos as plantas cultivadas. Apesar de algumas bactérias esporulantes estarem associadas a doenças de plantas, muitas outras bactérias esporulantes são consideradas biocontroladoras e promotoras de crescimento de plantas. Estas

podem promover o crescimento das plantas utilizando diferentes mecanismos, entre eles, a produção de hormônios vegetais (Araújo; Marchesi, 2009; Ferreira *et al.*, 2009).

A importância da comunidade microbiana é indiscutível no processo de formação do solo, no funcionamento da vegetação e na constituição da matéria orgânica. Por conseguinte, a avaliação quantitativa das comunidades microbianas surge como uma ferramenta valiosa para manter a saúde do solo e culturas (Novo Júnior, 2019).

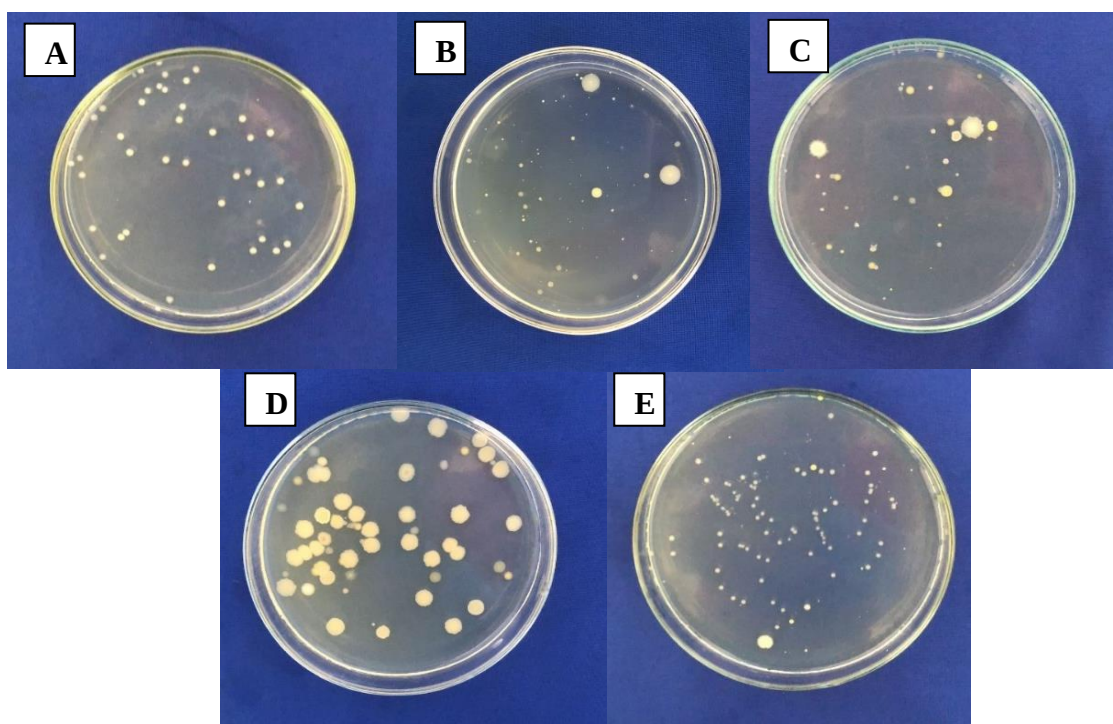


Figura 4. Colônias de bactérias totais presentes em amostras de biofertilizantes formulados por produtores agroecológicos, (A) amostra A1 e (B) amostra A2 oriundas do assentamento Paulo Freire, Mossoró/RN. (C) Amostra A3 proveniente da Agrovila Paulo Freire, Maísa, Mossoró/RN. (D) amostra A3 coletada no assentamento Recanto da esperança, Mossoró/RN e (E) amostra A5, coletada na comunidade picada, Ipanguaçu/RN.

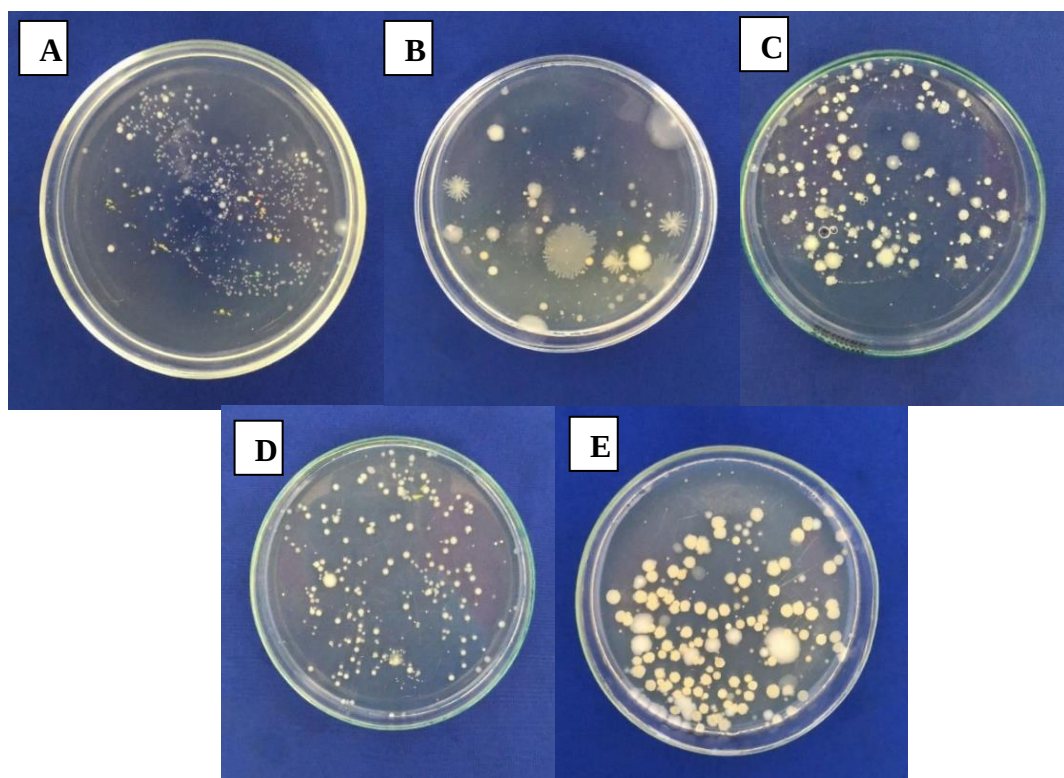


Figura 5. Colônias de bactérias esporulantes presentes em amostras de biofertilizantes formulados por produtores agroecológicos, (A) amostra A1 e (B) amostra A2 oriundas do assentamento Paulo Freire, Mossoró/RN. (C) Amostra A3 proveniente da Agrovila Paulo Freire, Maísa, Mossoró/RN. (D) amostra A3 coletada no assentamento Recanto da esperança, Mossoró/RN e (E) amostra A5, coletada na comunidade picada, Ipanguaçu/RN.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do presente estudo, foi possível observar que os biofertilizantes tem papel fundamental na produção agroecológica por atuar como substituto de alguns insumos importantes utilizados na agricultura convencional.

Os resultados das análises demonstram que os formulados possuem sim nutrientes importantes como fósforo, potássio, magnésio e cálcio em teores consideráveis, no entanto, também apresentam elevados teores de elementos como sódio, onde em alta quantidade pode gerar problemas tanto para o solo como para a cultura, uma possível explicação para esse elemento em alta concentração é devido ao uso de águas de baixa qualidade na fabricação desses formulados. Uma forma de melhorar os compostos seria o uso de água de boa qualidade na formulação, no entanto não é a realidade da maioria das famílias produtoras nesse sistema agroecológico.

Os resultados microbiológicos confirmam a presença de bactérias totais e esporulantes nas amostras de biofertilizantes, nas quais atuam diretamente na manutenção da sanidade do solo e das culturas tratadas, no entanto os resultados se mantiveram abaixo dos encontrados na literatura pesquisada, porém foi observado que o tempo tem papel fundamental na colonização e manutenção desses microrganismos, o que possivelmente influenciou negativamente nos resultados, uma vez que a demora entre a fermentação completa e a análise, bem como o armazenamento incorreto podem ter interferido nos resultados aqui encontrado.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. S.; BELLON, S.; BRANDENBURG, A.; OLLIVIER, G.; LAMINE, C.; DAROLT, M. R.; AVENTURIER, P. Relações entre agricultura orgânica e agroecologia: desafios atuais em torno dos princípios da agroecologia. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 26. 2012. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/download/26865/19676>. Acesso em: 20 out. 2023.
- ALTIERI M. A. Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa. Trad. Patrícia Vaz. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989.
- ALVES, G. S.; SANTOS D.; SILVA, J. A.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, T. A. G. Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.31, p.661-665, 2009.
- ARAÚJO, F. F.; MARCHESI, G. V. P. Uso de *Bacillus subtilis* no controle da meloidoginose e na promoção do crescimento do tomateiro. *Ciencia Rural*, v. 39, p. 1558-61, 2009.
- BARMAN, M.; PAUL, S.; CHOUDHURY, A. G.; ROY, P.; SEN, J. Biofertilizer as Prospective Input for Sustainable Agriculture in India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 6, n. 11, p. 1.177-1.186, 2017.
- BELLON, S.; ABREU, L. S. Formas sociais de desenvolvimento da horticultura orgânica familiar em áreas de cinturão verde do território de Ibiúna, Estado de São Paulo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 22, n. 2, p. 381-398, 2005.
- BERNERT, M. R.; ESCHEMBACK, V.; JADOSKI, S. O.; SANTOS LIMA, A. D.; POTT, C. A. Características do pH e condutividade elétrica no manejo de fertirrigação. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, 8(1). 2015. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/3958/2941#:~:text=Na%20%C3%A1gua%20de%20irriga%C3%A7%C3%A3o%20ap%C3%B3s,et%20al.%2C%202015>). Acesso em 20 dez. 2023.
- BORGES, T. M. Produção e uso de biofertilizantes em sistemas de produção de bovinos. 2022. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/4081>. Acesso em 23 dez. 2023.

BRASIL. Lei nº 11326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm. Acesso em: 14 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 7 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes destinados à agricultura. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucaonormativa-n-8-de-7-de-julho-de-2020-265682682>. Acesso em: 15 de outubro de 2023.

COSTABEBER, J. A.; CAPORAL, F. R. Transição agroecológica: do produtivismo à ecologização. In: CAPORAL, Francisco Roberto. Agroecologia e Extensão Rural: contribuições para a promoção do Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre: [s.n.], 2004.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. p. 270-6.

CAPORAL, F. R. **Agroecologia não é um tipo de agricultura alternativa**. Brasília: MDA/SAF/DATE, 2005.

CASTANHO, R. B.; TEIXEIRA, M. E. S. A evolução da agricultura no mundo: da gênese até os dias atuais. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba, v. 8, n. 1, p. 136-146, 2017.

DAL SOGLIO, F. K. **A agricultura moderna e o mito da produtividade. Desenvolvimento, agricultura e sustentabilidade**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, v. 1, p. 11-38, 2016.

DONAGEM, G. K.; DE CAMPOS D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. **Manual de métodos de análises de solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230 p. 2011.

DORAIS, M.; PAPADOPOULOS, A. P.; GOSSELIN, A. Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie*. V. 21, p. 367–383, 2001.

DINIZ, B. L. M. T. Agroecologia e Agricultura orgânica. João Pessoa: UFPB, 2011.

DUENHAS, L. H.; PINTO, I. M.; GOMES, T. C. de A. Teores de macronutrientes em plantas de melão cultivado em sistema orgânico fertirrigado com substâncias húmicas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 22, n. 2, jul. 2004.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 1999. manejo do solo e rotação de culturas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 4, p. 140- 148. 2009.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J. D.; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K. D.; DE MORAES, S. R. G.; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Horticultura brasileira*, 24, 146-150. 2006.

FRANÇA, C. R. R. S.; SILVA, A. F.; RAMOS, J. B.; ALBUQUERQUE, T. D.; MAGALHÃES, C. D. S.; SANTOS, A. Teores de nutrientes em biofertilizantes líquidos determinados por diferentes métodos de análise. In *CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA* (Vol.4). 2006. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/45485339.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2023.

GALBIATTI, J. A.; SILVA, F. G. D.; FRANCO, C. F.; CAMELO, A. D. Desenvolvimento do feijoeiro sob o uso de biofertilizante e adubação mineral. *Engenharia Agrícola*, 31, 167-177. 2011.

GARRIDO, E. C.; ROCHA, Â. M.; SANTOS, D. A.; VICENTE-GOMILA, J. M.; SILVA, M. S. Tecnologias para a produção de biofertilizantes: tendências e oportunidades para o planejamento energético diante das mudanças nos cenários nacional e internacional. 2018.

GONÇALVES, M. de M.; SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J. E. Produção e uso de biofertilizantes em sistemas de produção de base ecológica. 2009.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. *Informações agrônômicas*, 95(1). 2001.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2017: Manual do recenseador. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível:

em:<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25789-censo-agro-2017-populacao-ocupada-nos-estabelecimentos-agropecuarios-cai-8-8>. Acesso em: 12 de nov. 2023.

JESUS, P. P. D.; SILVA, J. S.; MARTINS, J. P.; RIBEIRO, D. D.; ASSUNÇÃO, H. F. D. Transição agroecológica na agricultura familiar: relato de experiência em Goiás e Distrito Federal. 2011.

MARROCOS, S. D. T. P.; JÚNIOR, J. N.; GRANGEIRO, L. C.; AMBROSIO, M. M. D. Q.; DA CUNHA, A. P. A. Composição química e microbiológica de biofertilizantes em diferentes tempos de decomposição. *Revista Caatinga*, 25(4), 34-43. 2012.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea. [Tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. São Paulo: UNESP, 2010.

MAZZOLENI, E. M.; NOGUEIRA, J. M. Agricultura orgânica: características básicas do seu produtor. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 44, p. 263-293, 2006.

MARINHO, F. J. L.; FERNANDES, J. D.; MONTEIRO FILHO, A. F.; TAVARES, A. C.; SOUZA, G. A. V. da S.; DUARTE, M. D. S. B. Comparação da mistura de componentes de origem orgânica e mineral para uso como biofertilizantes. *Cadernos de Agroecologia*, 4(1). 2009.

MAGRINI, F. E.; VENTURIN, L.; SARTORI, V. C. Avaliação Microbiológica, pH e Umidade de Diferentes Fases de Maturação do Biofertilizante Bokashi. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 2, 2009. Disponível em: < <https://revista.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/7782>>. Acesso em: 31 jan. 2024.

MAGRINI, F. E.; SARTORI, V. C.; FINKLER, R.; TORVES, J.; VENTURIN, L. Características químicas e avaliação microbiológica de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi. *Revista Agrarian. Dourados*, v. 4, n. 12, p. 146-151, 2011.

MEDEIROS, D. C. DE; LIMA, B. A. B. DE; BARBOSA, M. R.; ANJOS, R. S. B. DOS; BORGES, R. D.; CAVALCANTE NETO, J. G.; MARQUES, L. F. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. *Horticultura Brasileira*, v.25, p.433-436, 2007.

MOREIRA, V.R.R. A Utilização de Plantas no Enriquecimento de Biofertilizante Caseiros, *Reforma Agrária e Meio ambiente*, Brasília, 2006, p. 39 a 46.

NOVO JÚNIOR, J. Viabilidade agroeconômica da cebola, atributos químicos e microbiológicos do solo em função da aplicação de biofertilizantes. 2019.

PLOEG, J. D. V. D. O modo de produção camponês revisitado. In: SCHNEIDER, Sérgio et al. (Org.). A diversidade da agricultura familiar. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p. 15-56.

RODRIGUES, A. C.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, A. P. DE; SOUSA, J. T. DE; MESQUITA, F. O. Produção e nutrição mineral do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante supermagro e potássio. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.117-124, 2009.

RESENDE, F. V.; HENZ, G. P.; DE ALCANTARA, F. A. Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Embrapa Hortaliças, 2007.

RICHARDS, L.A. (ed.). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington D.C.: U.S. Salinity Laboratory. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60). 1954.

SAMBUICHI, R. H. R., CONSTANTINO DE OLIVEIRA, M. Â., MOREIRA DA SILVA, A. P., & LUEDEMANN, G. A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios (No. 1782). Texto para Discussão. 2012

SAMBUICHI, R. H. R. O., MOURA, I. F. D. O., MATTOS, L. M. D. O., ÁVILA, M. L. D. O., SPÍNOLA, P. A. C. O., & SILVA, A. P. M. D. O. A política nacional de agroecologia e produção orgânica no Brasil: uma trajetória de luta pelo desenvolvimento rural sustentável. 463 p. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8038>. Acesso em 30 out. 2023.

SANTOS, K. J. L.; MOREIRA, S. M. C. O.; SILVA, S. A. S.; VIEIRA, D. D. S. S.; COSTA, J. F.; FARIAS, V. D. S. Análise química e microbiológica de biofertilizante a base de esterco bovino e manipueira em diferentes períodos de decomposição. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 15, n. 1, p. 1-12. 2022 Disponível em: <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevAgro/article/view/54898>. Acesso em: 29 jan. 2024.

SILVA, A. F.; PINTO, J. M.; FRANÇA, C. R. R. S.; FERNANDES, S. C.; GOMES, T. D. A., DA SILVA, M. S. L.; ANB, M. Preparo e uso de biofertilizantes líquidos, 2007.

SCHNEIDER, S.; CASSOL, A. A agricultura familiar no Brasil. Serie documentos de trabajo, n. 145, 2013.

VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil, v. 255, n. 2, p. 571-586, 2003.