



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**

**CAMPUS ERECHIM**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL**

**NIVIO MIGUEL TOLEDO JUNIOR**

**AVALIAÇÃO DA ADUBAÇÃO VERDE COM TIMBÓ (*ATELEIA  
GLAZIOVEANA*) ASSOCIADA À APLICAÇÃO DE MICRORGANISMOS  
EFICIENTES NO CULTIVO DE HORTALIÇAS CONSORCIADAS**

**ERECHIM**

**2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**

**CAMPUS ERECHIM**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL**

**NIVIO MIGUEL TOLEDO JUNIOR**

**AVALIAÇÃO DA ADUBAÇÃO VERDE COM TIMBÓ (*ATELEIA  
GLAZIOVEANA*) ASSOCIADA À APLICAÇÃO DE MICRORGANISMOS  
EFICIENTES NO CULTIVO DE HORTALIÇAS CONSORCIADAS**

**ERECHIM**

**2023**

## Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Toledo Junior, Nivio Miguel

Avaliação da adubação verde com Timbó (*Ateleia glazioveana*) associada à aplicação de microrganismos eficientes no cultivo de hortaliças consorciadas / Nivio Miguel Toledo Junior. -- 2023.

42 f.:il.

Orientador: Pós Doutor Geraldo Ceni Coelho

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Erechim,RS, 2023.

1. Adubação verde; Microrganismos Eficientes; Timbó. I. Coelho, Geraldo Ceni, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

**NIVIO MIGUEL TOLEDO JUNIOR**

**AVALIAÇÃO DA ADUBAÇÃO VERDE COM TIMBÓ (*ATELEIA  
GLAZIOVEANA*) ASSOCIADA À APLICAÇÃO DE MICRORGANISMOS  
EFICIENTES NO CULTIVO DE HORTALIÇAS CONSORCIADAS**

Dissertação apresentada ao Curso de pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 22/11/2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Geraldo Ceni Coelho – UFFS  
Orientador

---

Prof. Dr. Alfredo Castaman – UFFS  
Avaliador

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Neumann Silva – UFFS  
Avaliadora

Avançar na ciência é elaborar novos padrões de pensar, que definirão por sua vez os modelos e experimentos. Fácil de dizer, difícil de fazer.

Edward O. Wilson

## **AGRADECIMENTOS**

Com carinho especial agradeço primeiramente à Handressa minha companheira de vida, que nesta caminhada foi minha base sólida, sempre paciente e disposta a ajudar contribuindo com auxílio intelectual e prático em vários momentos desta pesquisa.

Aos meus pais, Nívio e Neli e minha irmã Julia, pelo apoio emocional e ternura, que certamente foram fundamentais para a conclusão desta etapa.

Ao meu orientador Geraldo C. Coelho que prontamente abraçou a ideia da pesquisa e não mediu esforços para sua efetivação.

À Universidade Federal da Fronteira Sul, que é minha segunda casa desde o período da graduação, e tenho muito orgulho de fazer parte da sua história, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental e ao colegiado de professores, em especial ao professor Alfredo Castaman e a Ândrea M. Pereira Franco que disponibilizaram e auxiliaram na parte laboratorial.

Aos colegas do programa de pós-graduação pelas trocas de experiência que certamente ajudaram a enriquecer o trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), financiamento de código 001, e com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) sob o número 403945/2021-6.

## Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar o potencial da utilização de biomassa de timbó (*Ateleia glazioveana* Baill.) como fonte de nutrientes no cultivo consorciado de rúcula e brócolis, em comparação ao adubo orgânico proveniente da cama de aves compostada (classe A comercial), ambas as fontes submetidas à aplicação de ME (Microrganismos Eficientes). Para tanto, foram utilizados seis tratamentos: Tratamento 1 – biomassa fresca de timbó (*Ateleia glazioveana*) aplicada em cobertura na quantidade de 2,4 kg/m<sup>2</sup> (Ag); Tratamento 2 – biomassa fresca de timbó aplicada em cobertura na quantidade de 2,4 kg/m<sup>2</sup> mais adição de microrganismos eficientes na diluição de 25 ml/ L de água sem cloro(AgME); Tratamento 3 -adubo orgânico classe A comercial incorporado ao solo na quantidade de 0,95 kg/m<sup>2</sup>(A); Tratamento 4 - adubo orgânico classe A comercial incorporado ao solo na quantidade de 0,95 kg/m<sup>2</sup> com adição de microrganismos eficientes 25 ml/ 1L (AME); Tratamento 5 - testemunha sem adição de adubo (CTL); tratamento 6 - testemunha apenas com adição de microrganismos eficientes (25 ml/ L) (CTLME). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 43 repetições por tratamento, em que cada planta foi considerada uma repetição. Os dados obtidos correspondem à matéria seca da parte aérea e comprimento das plantas de rúcula, bem como a matéria seca aérea das plantas de brócolis. Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio na biomassa foram quantificados. Observou-se que o tratamento A apresentou os maiores valores de matéria seca para ambas as culturas, entretanto, no caso da rúcula, os mesmos não diferiram do tratamento com biomassa de timbó acrescido de ME. Já para a cultura de brócolis, a maior valor encontrado foi o do tratamento A, que diferiu estatisticamente dos demais. Com relação à análise bromatológica, a biomassa de timbó supriu a demanda de nitrogênio para ambas as culturas, fato que aponta para o potencial da utilização de biomassa de timbó como adubação verde. Entretanto, observa-se que a adubação verde se mostra insuficiente para suprir a demanda de fósforo dos cultivos, em comparação ao adubo orgânico (A). Na cultura de brócolis, a deficiência de fósforo mostrou-se fator limitante do desenvolvimento. Os microrganismos eficientes parecem ter contribuído para uma melhor resposta da adubação verde na cultura da rúcula, entretanto a aplicação dos microrganismos eficientes gerou resultados contraditórios na cultura de brócolis e quando aplicado isoladamente (CTLME). A utilização de biomassa de timbó na quantidade testada apresenta-se como uma alternativa para adubação verde em cultivos de hortaliças, desde que associada com fontes alternativas de fósforo, afim de suprir as demandas das culturas.

Palavras-chave: Adubação verde; Microrganismos Eficientes; Timbó

## Abstract

This study aimed to evaluate the potential of using timbó biomass (*Ateleiglazioveana* Baill.) as a source of nutrients in the intercropping of rocket and broccoli, compared to organic fertilizer from composted poultry litter (commercial class A), both sources subjected to the application of EM (Efficient Microorganisms). Six treatments were used: Treatment 1 - fresh biomass of timbó (*A. glazioveana*) applied as mulch in the amount of 2.4 kg/m<sup>2</sup> (Ag); Treatment 2 - fresh biomass of timbó applied as mulch in the amount of 2.4 kg/m<sup>2</sup> plus the addition of efficient microorganisms in the dilution of 25 ml/L of chlorine-free water (AgME); Treatment 3 - commercial class A organic fertilizer incorporated into the soil in the amount of 0.95 kg/m<sup>2</sup> (A); Treatment 4 - commercial class A organic fertilizer incorporated into the soil in the amount of 0.95 kg/m<sup>2</sup> with the addition of efficient microorganisms 25 ml/ 1L (AME); Treatment 5 - control without the addition of fertilizer (CTL); Treatment 6 - control only with the addition of efficient microorganisms (25 ml/ L) (CTLME). The design used was entirely randomized, with 43 replications per treatment, in which each plant was considered a replication. The data obtained corresponds to the dry matter of the aerial part and length of the rocket plants, as well as the aerial dry matter of the broccoli plants. The biomass's nitrogen, phosphorus, and potassium levels were quantified. It was observed that treatment A had the highest dry matter values for both crops; however, in the case of rocket, they did not differ from the treatment with timbó biomass plus ME. As for broccoli, the highest value was found for treatment A, which differed statistically from the others. Concerning the bromatological analysis, the timbó biomass met the nitrogen demand for both crops, pointing to the potential of using timbó biomass as a green manure. However, the green manure was insufficient to meet the phosphorus demand of the crops compared to the organic fertilizer (A). In the broccoli crop, phosphorus deficiency proved to be a limiting factor for development. The efficient microorganisms seem to have contributed to a better response to green manure in the rocket crop. However, applying efficient microorganisms generated controversial results in the broccoli crop and when applied alone (CTLME). Using timbó biomass in the quantity tested is an alternative for green manure in vegetable crops, as long as it is associated with alternative sources of phosphorus to meet the crops' demands.

Keywords: Green manure; Efficient microorganisms; Timbó.

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Montagem do experimento, ilustrando a disposição do plantio em consorcio. .....	22
<b>Figura 2.</b> Comprimento da parte aérea (altura, cm) de rúcula em função dos diferentes tratamentos de adubação. (Tratamento 1 Adubo (A); Tratamento2 Adubo + ME (AME); Tratamento 3 Timbó (Ag); Tratamento 4 Timbó + ME (AgME); Tratamento 5 testemunha (CTL); Tratamento. ....	24
<b>Figura 3.</b> Massa seca da parte aérea de rúcula (gramas) em função dos diferentes tratamentos de adubação. Para descrição dos tratamentos, ver Figura 1. As letras na parte superior indicam a comparação entre médias segundo o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). .....	25
<b>Figura 4.</b> Teores de Potássio presentes na matéria seca de rúcula. Os tratamentos não apresentaram diferença entre si segundo a ANOVA de um fator ( $p = 0,141$ ). ....	26
<b>Figura 5.</b> Correlação linear entre teores de fósforo (P) e matéria seca por tratamento para a cultura da rúcula. ( $p = 0,169$ ).....	27
<b>Figura 6.</b> Correlação linear entre teores de potássio (K) e matéria seca por tratamento para a cultura da rúcula. ( $p=0,096$ ).....	27
<b>Figura 7.</b> Massa seca da parte aérea do brócolis (gramas) em função dos diferentes tratamentos de adubação. Para descrição dos tratamentos, ver Figura 1. As letras na parte superior indicam a comparação entre médias segundo o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). .....	28
<b>Figura 8.</b> Correlação linear entre os teores de nitrogênio presente na matéria seca de brócolis e o peso da matéria seca das amostras. ( $p=0,204$ ).....	30
<b>Figura 9.</b> Correlação linear entre os teores de fósforo e matéria seca (g/planta) das amostras ( $p=0,0048$ ). ....	31
<b>Figura 10.</b> Correlação linear entre os teores de potássio matéria seca (g/planta) das amostras ( $p=0,0411$ ). ....	31

## Lista de tabelas

<b>Tabela 1.</b> Dados Análise de solo.....	20
<b>Tabela 2.</b> Concentração de nutrientes na parte aérea de rúcula ( <i>Eruca vesicaria</i> [L.] Cav.) nos diferentes tratamentos de fertilização.....	25
<b>Tabela 3.</b> Concentração de nutrientes na parte aérea de brócolis nos diferentes tratamentos de fertilização Brassicaoleracea var. italica.....	29
<b>Tabela 4.</b> Diversidade de fungos identificados na amostra de microrganismos eficientes (ME) por meio de sequenciamento genético.....	32
<b>Tabela 5.</b> Diversidade de bactérias presentes na amostra de microrganismos eficientes (ME) identificada através de sequenciamento genético.....	33

## Sumário

1. Introdução.....	12
2. Revisão bibliográfica .....	14
3. Métodos.....	20
4. Resultados do potencial da biomassa de timbó e utilização de microrganismos eficientes (ME) .....	24
4.1 Cultura da Rúcula.....	24
4.2 Cultura do Brócolis.....	28
4.3 Identificação dos microrganismos presentes no fermentado (ME) .....	32
4.3.1 Organismos identificados .....	32
5. Discussão.....	34
5.1 O efeito da utilização da utilização da biomassa de timbó como fonte nitrogenada .....	34
5.2 Adição de microrganismos eficientes (ME) e sua influência sobre as culturas da rúcula e brócolis .....	35
5.3 Influência do método de multiplicação.....	36
6. Considerações finais .....	38
Referências .....	39

## 1. Introdução

A produção de alimentos orgânicos tem crescido no cenário mundial. Segundo dados do IPEA, a área mundial cultivada aumentou quase 360% entre os anos de 2000 a 2017, uma taxa aproximada de 10% ao ano (IPEA, 2022), indicando que o cenário mundial é de expansão da produção orgânica.

Seguindo a dinâmica de crescimento mundial, a produção orgânica nacional apresentou crescimento no número de estabelecimentos com registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), apresentando aumentos de 19% no período de 2010 a 2019 (IPEA, 2022). O consumo de produtos orgânicos tem apresentado crescimento em todas as regiões do país, aumentando 63 % no período de 2019 a 2021 (ORGANIS, 2021).

Diante do cenário de expansão da produção orgânica, aumenta também a demanda por técnicas de manejo produtivo que ao mesmo tempo apresentem potencial produtivo e baixo impacto ambiental. Neste sentido, a validação de técnicas como adubação verde ganham grande importância, como uma base de insumos renováveis e menos agressivos ao ambiente, com potencial de viabilizar economicamente a produção orgânica e aumentar sua sustentabilidade. Pode-se definir adubação verde como a prática agrícola que consiste no cultivo de espécies em consórcio ou regime de rotação com as culturas agrícolas, a fim de produzir biomassa que pode ser adicionada ao solo em cobertura ou incorporada, como forma de melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos do mesmo (ABRANCHES et al., 2021).

Neste contexto, a adubação verde com espécies anuais tem sido uma prática representativa em unidades de produção, em especial as voltadas a sistemas orgânicos. A busca por novas espécies com potencial para utilização em sistemas integrados vem ganhando espaço na pesquisa, neste sentido um foco especial tem sido dado para espécies arbóreas, que podem ser cultivadas em sistema de aleias, produzindo biomassa para posterior uso como adubo verde. Uma espécie exótica que tem apresentado bons resultados é a gliricídia (*Gliricidia sepium* Fabaceae), trazida ao país por apresentar características favoráveis ao uso como adubo verde, potencial esse apresentado em

diversos trabalhos como no de Almeida (2012), que avaliou o potencial da mesma como substituta à adubação química no milho.

A utilização de espécies arbóreas como adubação verde remete à possibilidade de encontrar na biodiversidade nativa espécies que apresentem um potencial semelhante. Uma alternativa que apresenta características favoráveis é a *Ateleiaglazioveana* (Timbó), uma espécie arbórea nativa da mata atlântica, característica de áreas em estágio inicial de sucessão secundária. O timbó apresenta rápido crescimento, uma boa produção de biomassa e tolerância a poda, além de ser uma fabácea com capacidade de fixação biológica de nitrogênio (BAGGIO, 2002).

Aliada à prática da adubação verde, a utilização de microrganismos eficientes tem ganhado espaço como forma de aumentar os ganhos produtivos em sistemas orgânicos de produção; esta técnica consiste em coletar e multiplicar organismos presentes em áreas preservadas dentro da própria unidade de produção. A utilização dos microrganismos eficientes visa aumentar a atividade microbiana na área de cultivo otimizando os ciclos biogeoquímicos envolvidos na ciclagem de nutrientes contribuindo assim para o crescimento vegetal.

Neste sentido, a utilização conjunta de práticas como adubação verde e microrganismos eficientes contribui para o desenvolvimento de sistemas produtivos mais sustentáveis e eficientes no uso dos recursos naturais. Altieri (2004) aponta que sistemas sustentáveis são modelos ancorados na manutenção da produtividade e rentabilidade das unidades de produção agrícolas, minimizando ao mesmo tempo os impactos ambientais, satisfazendo assim as necessidades atuais, sem restringir as opções futuras. Com base no exposto, o presente trabalho versa sobre avaliação da adubação verde com biomassa de timbó e utilização de microrganismos eficientes sobre a produção de rúcula e brócolis cultivados em consórcio.

## 2. Revisão bibliográfica

A adubação verde em hortaliças orgânicas representa uma alternativa viável como fonte nutricional para o cultivo, e esta prática tem se mostrado eficiente, conforme verificado por Favarato et al. (2017), testando a eficiência de Manona (*Ricinus communis*) e Leucena (*Leucaenaleucocephala*) como adubação verde em repolho. Já Bezerra Neto et al. (2014) constataram que a adubação verde com Jitirana (*Ipomoeacairica*) é agronomicamente eficiente para o cultivo de cenoura. Souza et al. (2015), avaliando a resposta da rúcula à adubação com flor-de-seda (*Calotropisprocera*), espécie africana naturalizada na caatinga, observaram bons rendimentos e produtividades para a cultura, fato que aponta para o potencial de uso desta espécie como adubação verde.

Dentre as espécies utilizadas como adubação verde, a família botânica das Fabáceas possui grande importância. Seu uso como adubo verde é conhecido há muito tempo pelos agricultores, devido a sua associação com microrganismos fixadores de N (diazotróficos). Essa característica possibilita o aporte de N para as culturas subsequentes. Fontanetti et al. (2006) apontam que espécies como crotalaria, feijão-deporco e mucuna-preta podem adicionar ao solo um volume próximo de 250 kg/ha de nitrogênio em um ciclo de cultivo, contribuindo efetivamente para suprir a demanda nutricional das culturas comerciais cultivadas. Para além de suprir a demanda nutricional das culturas comerciais, a adubação verde contribui de forma eficiente para a ciclagem de outros nutrientes, além de adicionar carbono orgânico ao solo (EMBRAPA, 2005).

Abranches et al. (2021) apontam que práticas como adubação verde contribuem satisfatoriamente para a melhoria nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo e, conseqüentemente, para a produtividade das culturas de interesse econômico. No mesmo sentido Souza, Guimarães e Favarato (2015) avaliaram o desempenho produtivo de repolho e milho verde sob adubação verde, e constataram que a mesma contribuiu de forma efetiva para o aumento na produção de ambas as culturas.

O uso de espécies arbóreas como fonte de adubo orgânico tem ganhado atenção, devido a algumas vantagens, como a perenidade da cultura (BAGGIO, 2002). Almeida (2012) avaliou o desempenho da adubação orgânica com biomassa de gliricídia em

comparativo com utilização de uréia, observando que a adubação orgânica apresentou resultados semelhantes à adubação química, demonstrando-se como uma alternativa para a substituição de fontes químicas de N. A utilização de espécies arbóreas é uma prática recorrente em sistemas agroflorestais. Considerando o conceito de grupos funcionais (COELHO, 2012), como forma de escolha das espécies a serem utilizadas em um sistema agroflorestal (SAF), o grupo das fixadoras de nitrogênio deve ser considerado prioritário, em decorrência da importância deste elemento na nutrição de espécies cultivadas.

As florestas nativas do sul do Brasil apresentam uma infinidade de espécies pertencentes à família das Fabáceas, com potencial para utilização como fonte de biomassa para adubação verde. Dentre estas, encontra-se o timbó (*Ateleia glazioveana*). A espécie apresenta rusticidade e boa capacidade de estabelecimento, mesmo em áreas degradadas. Apesar de seu grande porte natural, a espécie tem boa resposta a podas frequentes, com bom potencial de rebrota e capacidade de produção de biomassa (BAGGIO, 2002). Entretanto, Marona, Schenkel e Bergonci (2003), ao avaliarem o efeito inibitório de diferentes extratos de *Ateleia glazioveana* sobre a germinação de alface (*Lactuca sativa* L.), observaram que esta espécie possui grande potencial fitotóxico, inibindo significativamente a germinação de sementes em estudo, fato que pode afetar negativamente a utilização desta espécie como adubação verde.

Baggio e Soares (2002), avaliaram o desempenho produtivo de morangueiro cultivado sobre adubação com biomassa de timbó em comparação com adubação orgânica convencional, e os resultados obtidos pelos autores mostram que a adubação com timbó resultou em maior produtividade para o morangueiro, sendo assim uma alternativa viável para substituir a adubação nitrogenada.

Diferentemente da adubação química, a utilização de espécies vegetais como fonte nutricional para cultivos agrícolas apresenta uma liberação gradual dos nutrientes presentes na biomassa, de forma que, em alguns casos, o teor de determinado nutriente, como o nitrogênio, não estar disponível em sua totalidade em um primeiro cultivo (ALMEIDA, 2012), um fator limitante para a utilização de fontes alternativas como a adubação verde.

No caso do nitrogênio, o processo de liberação ou disponibilização do N-orgânico para formas absorvíveis está diretamente ligado à atividade microbiana no solo, processo também definido como amonificação, que resulta na liberação de amônio no solo, forma absorvível pelas espécies vegetais (CARDOSO, 2016). O processo de mineralização da matéria orgânica do solo tem grande importância para a manutenção da eficiência produtiva dos sistemas agrícolas integrados. Práticas que estimulam a manutenção da atividade microbiana são catalisadoras de práticas como a adubação verde.

Neste sentido, uma prática utilizada por agricultores agroecologistas, definida conceitualmente como uso de microrganismos eficientes (ME) ou cultura mista de microrganismos, tem aumentado em relevância. Esta técnica pode ser utilizada como ferramenta para catalisar a ciclagem de nutrientes no agroecossistema (GARCIA, 2021). A técnica consiste na coleta e multiplicação de microrganismos presentes em áreas de floresta, preferencialmente floresta nativa.

Para tanto, iscas feitas com arroz cozido sem tempero são utilizadas como forma de captura dos organismos presentes na área, preferencialmente de floresta. Estas iscas são depositadas acima do solo e logo abaixo da serrapilheira, onde são deixadas por um período de aproximadamente 15 dias. Após este período, as iscas são retiradas e o material colonizado é utilizado como inoculo em uma solução composta por um meio de cultivo, podendo este ser açúcar mascavo, melão ou batata. Segue-se um processo fermentativo que dura aproximadamente 30 dias e, após este período, a solução com os microrganismos eficientes está pronta para ser aplicada na área de cultivo (CASALI, 2020).

A cultura mista de microrganismos nativos é composta basicamente por cinco grupos de microrganismos: bactérias ácido lácticas, bactérias fotossintéticas, actinomicetos, leveduras e fungos filamentosos fermentativos (MOROCHO; LEIVAMORA, 2019). A utilização dos ME consiste na adição de diferentes grupos microbianos como forma de melhorar a qualidade do solo, com impactos positivos na produção vegetal (PEDRAZA et al., 2010). A utilização de microrganismos eficientes apresenta diversos benefícios para a promoção da agricultura sustentável, dentre estes está a melhoria dos processos de compostagem, já que tal técnica tende a contribuir para

melhorar significativamente o aproveitamento de materiais orgânicos tais como os resíduos vegetais (DA SILVA; CORDEIRO; DA ROCHA, 2022).

A adição de microrganismos eficientes impacta na produção vegetal, através da aceleração da mineralização da matéria orgânica, bem como pela supressão de organismos fitopatogênicos, ou ainda pela produção e liberação no solo de promotores de crescimento (MOROCHO; LEIVA-MORA, 2019). Ramires et al. (2022) aponta que os ME contribuem para a mineralização da matéria orgânica do solo, bem como promovem equilíbrio da comunidade microbiana do solo, resultando em melhoras significativas na produção vegetal.

A promoção do crescimento vegetal por ME pode ser verificada em diversos trabalhos, como mostrado por Calero et al. (2019), que encontraram diferenças significativas no crescimento de plântulas de tomateiros. Mares Guia (2018) avaliou o potencial produtivo de milho verde cultivado em sucessão após diferentes adubos verdes, sujeitos a aplicação de ME, constatando que a utilização de microrganismos eficientes melhorou significativamente o desempenho da cultura, mostrando o potencial desta técnica como aceleradora da mineralização.

Machado e Diniz (2022) avaliaram os efeitos da aplicação de microrganismos eficientes e pó de rocha sobre a produção de feijão (*Phaseolus vulgaris*), observando que os microrganismos contribuíram positivamente para o aumento da produção.

Outros resultados positivos são apontados na literatura como provenientes da utilização de microrganismos eficientes. Quispe-Quispe e Salas-Macías (2022) avaliaram a contribuição da atividade dos ME na germinação e crescimento de cenoura (*Daucuscarota* L.), e observaram que a embebição de sementes de cenoura em uma solução de ME melhorou significativamente o desenvolvimento da cultura em seus estádios iniciais de crescimento. Os mesmos autores avaliaram a diversidade de organismos presentes na amostra, constatando que a amostra continha alta presença de leveduras e bactérias ácido lácticas (QUISPE-QUISPE; SALAS-MACÍAS, 2022).

A relação benéfica entre microrganismos do solo e o desenvolvimento vegetal tem chamado a atenção pela diversidade de mecanismos envolvidos neste processo mutualista relacionado à ecologia da rizosfera. Um processo muito conhecido e já

citado, é a fixação biológica de nitrogênio, que ilustra a importância da atividade microbiana para a agricultura. Atualmente, outros mecanismos de promoção do crescimento vegetal vêm ganhando relevância como produção de fitormônios, produção de sideróforos, produção de solubilizantes para diferentes nutrientes, ação antagonista a patógenos vegetais, entre outras (KAUR et al., 2022). Neste contexto, Cassimiro et al. (2022) avaliaram o efeito da aplicação de pó de rocha em associação a bactérias promotoras de crescimento no cultivo de plantas alimentícias não convencionais, e constataram efeito positivo da aplicação de diferentes isolados sobre amassa fresca da parte aérea e das raízes de *Tropaeolum majus* (capuchinha).

Práticas que estimulam o desenvolvimento de microrganismos benéficos ao solo crescem em importância, e muito se tem discutido sobre a utilização de solubilizadores de fósforo (P) e sua importância para o crescimento vegetal e aumento da produtividade agrícola. Atualmente inúmeros organismos têm sido avaliados como solubilizantes de P em diferentes sistemas de cultivo. Guimarães, Klein e Klein (2023), que avaliaram o efeito da inoculação de sementes de soja por duas espécies de *Bacillus*, e as respostas a diferentes doses de fósforo, constataram que a aplicação microbiana contribuiu para produtividades equivalentes em doses 50% menores de P, quando comparadas à dose recomendada.

Outro aspecto importante relacionado à atividade de microrganismos rizosféricos está ligado à capacidade destes em solubilizar potássio (K) a partir da secreção de ácidos orgânicos, capazes de liberar o nutriente presente nos minerais do solo, um elemento extremamente importante para o desenvolvimento vegetal. Se tratando da biodisponibilidade de K, essa relação benéfica tem sido relacionada a atividade de diferentes microrganismos, como leveduras e bactérias ácido lácticas, que têm capacidade de secretar ácidos orgânicos capazes de liberar potássio dos minerais como feldspato (MEYER et al., 2022).

O processo de liberação de macronutrientes pode ser estimulado pela adição de microrganismos eficientes, como observado por Panisson et al. (2021), que relatam um incremento na liberação de nutrientes pela adição de ME na compostagem. Avaliando o efeito benéfico da inoculação com ME, Sousa et al. (2021) observaram resultados positivos na utilização de microrganismos eficientes para a produção de alface.

Entretanto, Ramires et al. (2022) apontam que os efeitos proporcionados pela utilização dos microrganismos eficientes estão diretamente ligados ao tipo de processo de cultivo, apontando que culturas aeróbicas contribuirão significativamente para alteração nos níveis de diferentes elementos no solo, enquanto que culturas anaeróbicas não apresentaram efeito significativo, devido ao tipo de ação destes organismos no solo. Considerando as observações destes diferentes autores, a utilização de microrganismos eficientes tem grande importância como técnica para a manutenção da produtividade em sistemas de produção orgânicos.

Dada a importância do tema para a agricultura, em especial para os sistemas orgânicos de produção, o presente trabalho versa sobre a eficiência agronômica da utilização de biomassa vegetal de timbó e a possibilidade de otimização da adubação verde com a utilização de microrganismos eficientes.

### 3. Métodos

O experimento foi realizado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, no município de São José do Ouro, em uma área de cultivo orgânico, nas coordenadas 27°40'24''S e 51°31'48''O. O solo da área é classificado como um Latossolo vermelho (DOSSANTOS, 2013). Segundo a classificação climática de Köppen e Geiger, o clima do local é Cfb (ALVARES et al., 2013). O experimento foi instalado em canteiros contendo 1,20 m de largura por 8 m de comprimento, totalizando 9,6 m<sup>2</sup> de cada parcela, as 6 parcelas totalizaram 57,6 m<sup>2</sup> no total do experimento, sendo implantado no mês de setembro. Foi realizada uma análise química prévia do solo, com o objetivo de realizar a correção dos valores de adubação para nitrogênio conforme dados da tabela 1.

**Tabela 1.** Dados Análise de solo.

ELEMENTO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Mn	Cu	B	S	Zn
RESULTADO	6,8	137	6,6	30	0	2,3	48,67	11,98	0,27	9,28	4,61
UNIDADE	ml/L	ml/L				cmol/L			mg/dcm <sup>3</sup>		
PARAMETRO	SMP	pH	MO	Arg.	COT	CTC T	CTC E	V%	Ca/Mg		
RESULTADO	6,5	6,3	3,1	42	48,98	12,25	9,95	81,23	2,2		
UNIDADE	---	---	%	%	---	---	---	%	---		

SMP= Índice de Shoemaker, Mac lean e Pratt para correção de Acides, COT= Carbono Orgânico Total, CTC T= Capacidade de Troca Catiônica Total, CTC E= Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, V% = Saturação por Bases.

Para a utilização da biomassa de Timbó (*Ateleia glazioveana*), foram considerados os valores de nitrogênio presentes na matéria seca de folhas e ramos, conforme análise de Baggio (2002), tomando-se como valor de referência mediano de 3,13 %, e tendo como base um teor de 36,4 % de matéria seca. O volume de adubo orgânico bem como da biomassa de timbó (correspondente a folhas e ramos triturados) para cada cultura foram calculados tomado como base a metodologia descrita no manual de adubação e calagem (2004), para atender a demanda da cultura de brócolis, de tal forma que um volume de biomassa verde 55 % maior do que a dose recomendada foi utilizado com o objetivo de atender a demanda da cultura.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 43 repetições por tratamento por espécie, em que cada planta foi considerada uma repetição.

Os tratamentos foram:

Tratamento 1 - biomassa de timbó (*Ateleia glazioveana*) aplicada em cobertura na quantidade de 1,4 kg/m<sup>2</sup> (Ag);

Tratamento 2 - biomassa de timbó aplicada em cobertura na quantidade de 1,4 kg/m<sup>2</sup> mais adição de microrganismos eficientes a 25 ml/ L de água sem cloro (AgME);

Tratamento 3 - adubo orgânico classe A comercial incorporado ao solo na quantidade de 0,95 kg/m<sup>2</sup>(A);

Tratamento 4 – adubo orgânico classe A comercial incorporado ao solo na quantidade de 0,95 kg/m<sup>2</sup> com adição de microrganismos eficientes 25 ml/ 1L (AME);

Tratamento 5 – testemunha sem adição de adubo (CTL);

Tratamento 6 – testemunha apenas com adição de microrganismos eficientes a 25 ml/ L (CTLME).

O adubo orgânico utilizado é um produto comercial, certificado para utilização em cultivos orgânicos, produzido a partir da cama de aves, compostada e peletizada. Os microrganismos eficientes foram coletados em área de floresta localizada próximo ao local do experimento, a coleta foi realizada no mês de maio do mesmo ano do experimento, seguindo a metodologia descrita por CASALI (2020).

Cada tratamento recebeu um consórcio de brócolis, rúcula e beterraba, com 43 plantas de cada espécie por tratamento, no espaçamento de 0,50 m por 0,50 m medido em diagonal entre as plantas de brócolis, as mudas de beterraba e rúcula foram adicionadas entre as mudas de brócolis. As mudas de rúcula e de beterraba foram produzidas na unidade produtiva, já as mudas de brócolis foram adquiridas de um viveiro. Para além dos tratamentos citados, foram realizadas capinas manual e irrigação frequente, utilizando sistema de irrigação com fita gotejadora (Figura 01).



**Figura 1.** Montagem do experimento, ilustrando a disposição do plantio em consorcio.

As aplicações de ME foram realizadas após o preparo dos canteiros, 30 dias antes do transplântio, uma nova aplicação 20 dias após o transplântio, e outra aplicação 60 dias após o transplântio sempre na dosagem de 25 ml da solução por L, sendo que cada tratamento com aplicação de ME recebeu 5 L da solução. Na última aplicação o canteiro contava apenas com a cultura do brócolis.

Os dados obtidos correspondem ao comprimento das rúculas, medido no dia da colheita, que se deu 35 dias após o transplântio. Após o corte da parte aérea realizado rente ao solo, as mesmas foram dispostas sobre uma superfície plana onde a medida foi realizada considerando o comprimento máximo. Também foram obtidos os dados de matéria seca das rúculas, após cortadas rente ao solo as plantas foram levadas ao laboratório de solos da Universidade Federal da Fronteira Sul, onde foi realizada a secagem em estufa com temperatura de 60° C.

Já para a cultura do brócolis, a colheita foi realizada aos 95 dias após o transplântio e foi avaliada a matéria seca das plantas. Para ambas as culturas foram

realizadas análises bromatológicas com a matéria seca obtida após secagem em estufa a temperatura constante de 60 °C até a obtenção de massa constante.

A cultura da beterraba não apresentou desenvolvimento satisfatório em nenhum tratamento desta forma, não foram realizadas análises com esta cultura.

As análises químicas foram realizadas no laboratório de solos da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS campus Erechim – RS. Para a determinação dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio foliar foram utilizadas as metodologias descritas por Tedesco et al. (1995).

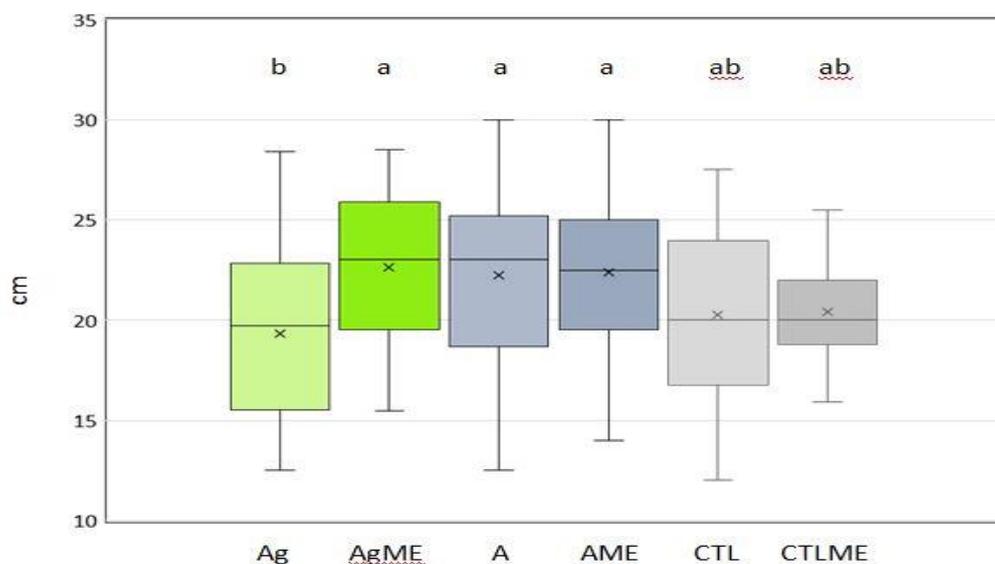
Uma amostra da cultura mista de microrganismos eficientes, resultante do processo fermentativo, foi analisada por meio de sequenciamento genético para identificação dos organismos, procedimento realizado pelo Laboratório Neopropecta (Florianópolis/SC) que utilizou amplicons do marcador ITS e marcador 16S para o sequenciamento genético da amostra.

Os resultados obtidos foram avaliados com o auxílio do software R e foram submetidos a uma análise de variância de uma via para as variáveis comprimento das folhas de rúcula, massa seca da rúcula, massa seca das plantas de brócolis e teores foliares de N, P, K para ambas as culturas, seguida de teste de Tukey ( $p < 5\%$ ) para comparação entre médias. Também foi avaliada a correlação entre matéria seca das culturas de rúcula e brócolis e teores de NPK na matéria seca de ambas as culturas.

## 4. Resultados do potencial da biomassa de timbó e utilização de microrganismos eficientes (ME)

### 4.1 Cultura da Rúcula

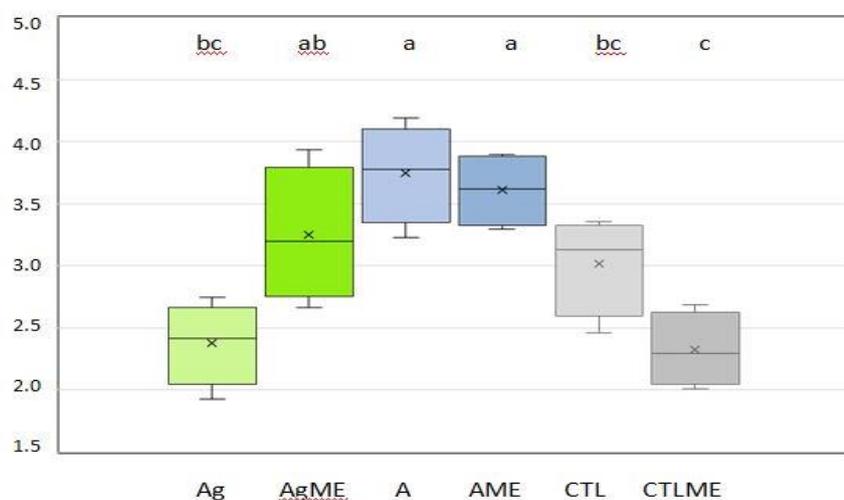
Os maiores valores para o comprimento da parte aérea da rúcula foram observados para os tratamentos com adubo orgânico (A e AME) e com folhas de timbó + ME (Ag ME), não diferindo estatisticamente dos tratamentos testemunha e testemunha + ME. Já a aplicação isolada de folhas de timbó (Ag) foi inferior aos tratamentos acima (Figura 2).



**Figura 2.** Comprimento da parte aérea (altura, cm) de rúcula em função dos diferentes tratamentos de adubação. (Tratamento 1 Adubo (A); Tratamento2 Adubo + ME (AME); Tratamento 3 Timbó (Ag); Tratamento 4 Timbó + ME (AgME); Tratamento 5 testemunha (CTL); Tratamento.

Quanto à massa seca, observa-se quadro semelhante, visto que os tratamentos A, AME, AgME e CTL apresentaram os maiores valores, sem diferenciar-se

estatisticamente. O tratamento CTLME apresentou o menor valor, seguido de Ag. Entretanto, neste caso, Ag não diferiu estatisticamente de AgME (Figura 3).



**Figura 3.** Massa seca da parte aérea de rúcula (gramas) em função dos diferentes tratamentos de adubação. Para descrição dos tratamentos, ver Figura 1. As letras na parte superior indicam a comparação entre médias segundo o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A análise bromatológica mostra que os teores de N foliar encontrados na matéria seca da cultura da rúcula (Tabela 2) não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos.

**Tabela 2.** Concentração de nutrientes na parte aérea de rúcula (*Eruca vesicaria* [L.] Cav.) nos diferentes tratamentos de fertilização.

	Ag	AgME	A	AME	CTL	CTLME	ANOV A
<b>N</b>	6,65±0,86	5,80±0,66	5,45±0,24	5,84±0,42	6,10±0,71	5,53±0,28	n. s.
<b>P</b>	0,333±0,016 b	0,305±0,020 b	0,467±0,007 a	0,457±0,042 a	0,236±0,030 c	0,308±0,020 b	
<b>K</b>	1,53±0,04	1,63±0,12	1,59±0,05	1,59±0,04	1,61±0,04	1,53±0,04	n. s.

Ag = Biomassa de timbó (*Ateleia glazioveana*), AgME= Biomassa de timbó (*Ateleia glazioveana*) com adição de ME, A = Adubo orgânico comercial, AME = Adubo orgânico comercial com adição de ME, CTL = Tratamento controle, CTLME = Tratamento controle com adição de ME.

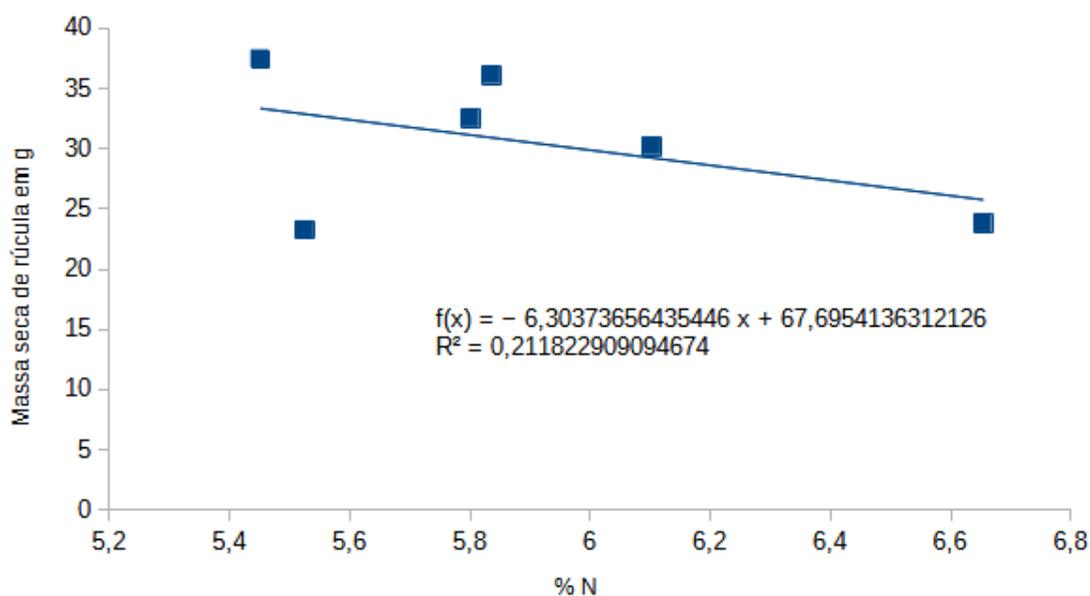
No que se refere aos teores de fósforo foliar (Tabela 2) percebe-se que os tratamentos com adubo orgânico e adubo orgânico mais ME apresentaram os maiores

teores na matéria seca da cultura, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Os tratamentos com timbó, timbó mais ME e testemunha mais ME não diferiram entre si, diferindo apenas da testemunha sem adição de ME, que foi o tratamento que apresentou os menores níveis de P na matéria seca.

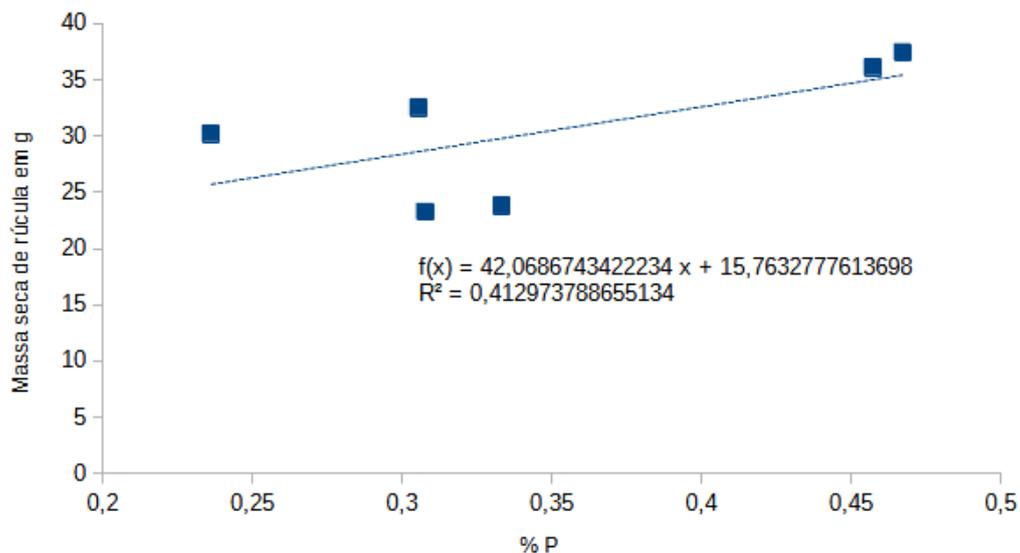
Com relação aos teores de potássio (Tabela 2), os tratamentos não apresentaram diferença estatística.

A correlação linear entre as respostas obtidas de matéria seca e teor de nitrogênio foliar para a cultura da rúcula mostrou-se baixo (Figura 4), neste caso, a influência do teor de N no acúmulo de matéria seca foi baixo.

Com relação aos teores de fósforo obtidos na matéria seca em folhas de rúcula os mesmos apresentam baixa correlação com o acúmulo de matéria seca da cultura (Figura 5).

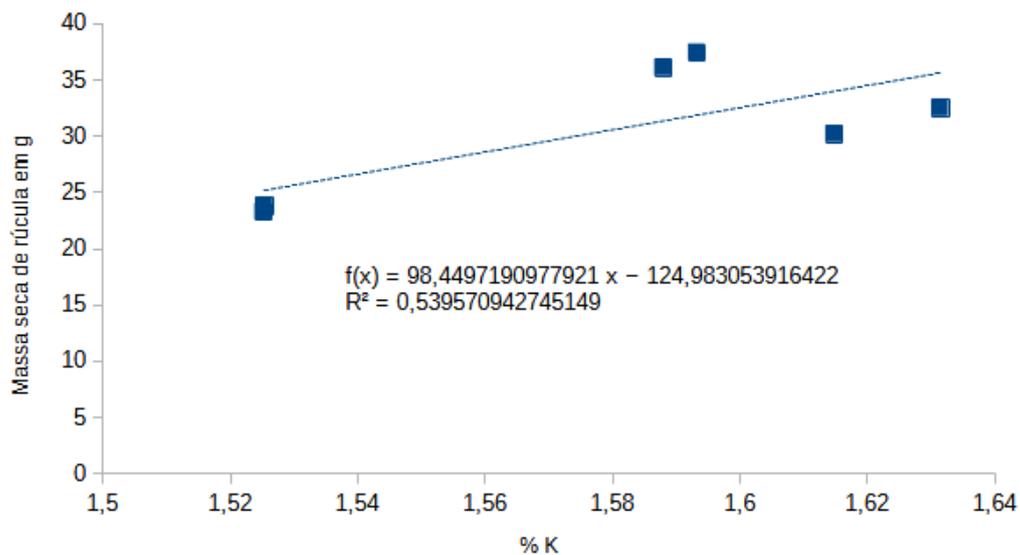


**Figura 4.** Teores de Potássio presentes na matéria seca de rúcula. Os tratamentos não apresentaram diferença entre si segundo a ANOVA de um fator ( $p = 0,141$ ).



**Figura 5.** Correlação linear entre teores de fósforo (P) e matéria seca por tratamento para a cultura da rúcula. ( $p = 0,169$ )

Os dados obtidos com a correlação linear entre massa seca e teor de potássio presente na matéria seca são apresentados na Figura 6, para tal interação observou-se baixa correlação.



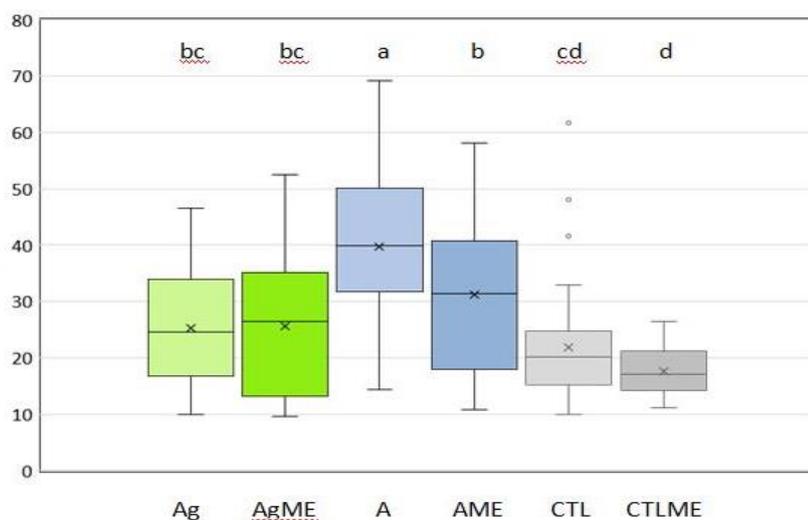
**Figura 6.** Correlação linear entre teores de potássio (K) e matéria seca por tratamento para a cultura da rúcula. ( $p=0,096$ )

## 4.2 Cultura do Brócolis

Com relação à cultura do brócolis, o melhor desempenho de matéria seca correspondeu ao tratamento 1 (A) que difere estatisticamente dos demais tratamentos. Ao contrário do esperado, os tratamentos com adição de microrganismos eficientes apresentaram desempenhos menores (Figura 7).

Os tratamentos: AME, AGME, AG e CTL não apresentaram diferença estatística entre si. Entretanto, estes apresentam desempenhos melhores que os observados para a testemunha (CTLME), que apresentou o pior desempenho (Figura 7).

Com relação aos teores de N foliar presentes nas amostras (Tabela 3) as maiores concentrações deste elemento na matéria seca foram observadas nos tratamentos AgME e AME, que diferiram estatisticamente dos demais tratamentos, entretanto não diferiram entre si. Os demais tratamentos (A, Ag, CTL e CTLME), não apresentaram diferença estatística entre si.



**Figura 7.** Massa seca da parte aérea do brócolis (gramas) em função dos diferentes tratamentos de adubação. Para descrição dos tratamentos, ver Figura 1. As letras na parte superior indicam a comparação entre médias segundo o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 3.** Concentração de nutrientes na parte aérea de brócolis nos diferentes tratamentos de fertilização Brassicaoleracea var. italiana.

	Ag	Ag ME	A	A ME	CTL	CTLME	ANOVA
<b>N</b>	4,53±0,33	5,47±0,37	4,53±0,33	6,19±0,50	4,53±0,33	4,22±0,50	
	b	a	b	a	b	b	
<b>P</b>	0,435±0,028c	0,528±0,038	0,738±0,043	0,682±0,037	0,370±0,031	0,363±0,042	
		b	a	a	c	c	
<b>K</b>	1,30±0,13	1,42±0,06	1,50±0,07	1,60±0,08	1,20±0,13	1,11±0,17	
	bcd	abc	ab	a	d	d	

Ag = Biomassa de timbó (*Ateleia glazioveana*), AgME = Biomassa de timbó (*Ateleia glazioveana*) com adição de ME, A = Adubo orgânico comercial, AME = Adubo orgânico comercial com adição de ME, CTL = Tratamento controle, CTLME = Tratamento controle com adição de ME.

Com relação aos teores de fósforo presente na matéria seca de brócolis, percebe-se que os tratamentos com adubo orgânico apresentaram as maiores concentrações do elemento, ambos os tratamentos A e AME diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Já o tratamento AgME diferiu dos demais tratamentos, apresentando concentrações menores que A e AME e maiores que Ag, CTL e CTLME. Estes últimos não diferiram entre si, apresentando as menores concentrações de fósforo na matéria seca.

Com relação aos níveis de potássio presentes na matéria seca (Tabela 3), o tratamento que apresentou os níveis mais elevados, diferindo estatisticamente dos demais, exceto do tratamento adubo orgânico e biomassa de timbó acrescido de microrganismos eficientes, foi AME (adubo orgânico mais microrganismos eficientes).

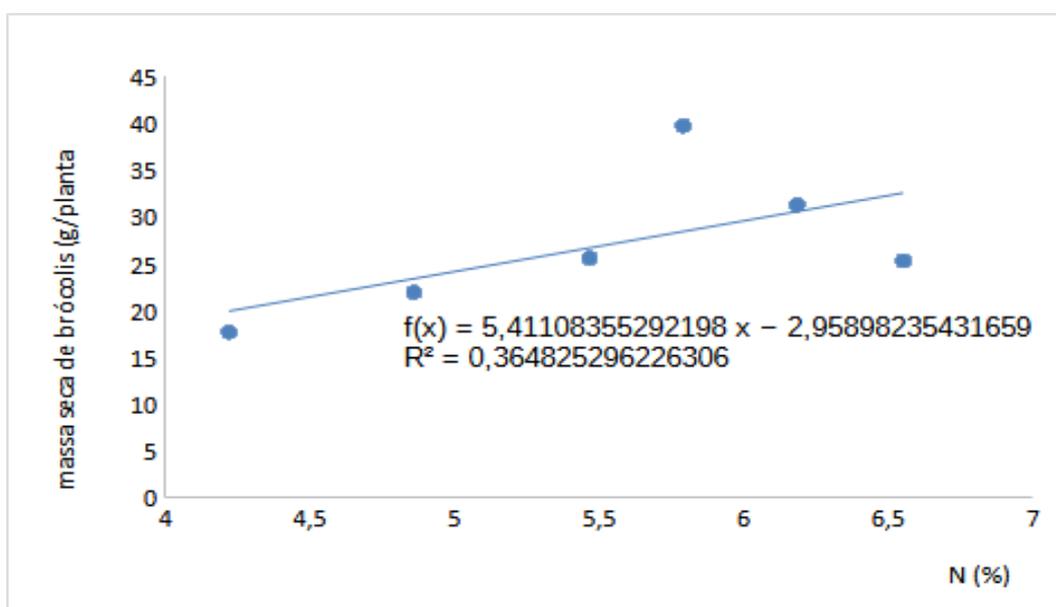
O tratamento A apresentou níveis de potássio estatisticamente iguais aos do tratamento AME, Ag e AgME, o mesmo difere apenas dos tratamentos testemunha CTL e CTLME. O tratamento com biomassa de timbó acrescido de microrganismos eficientes difere estatisticamente apenas da testemunha com adição de ME, e se equivale aos tratamentos A, AME, Ag e CTL.

Os menores teores de K presente na matéria seca foram apresentados pelo tratamento CTLME (Tabela 3).

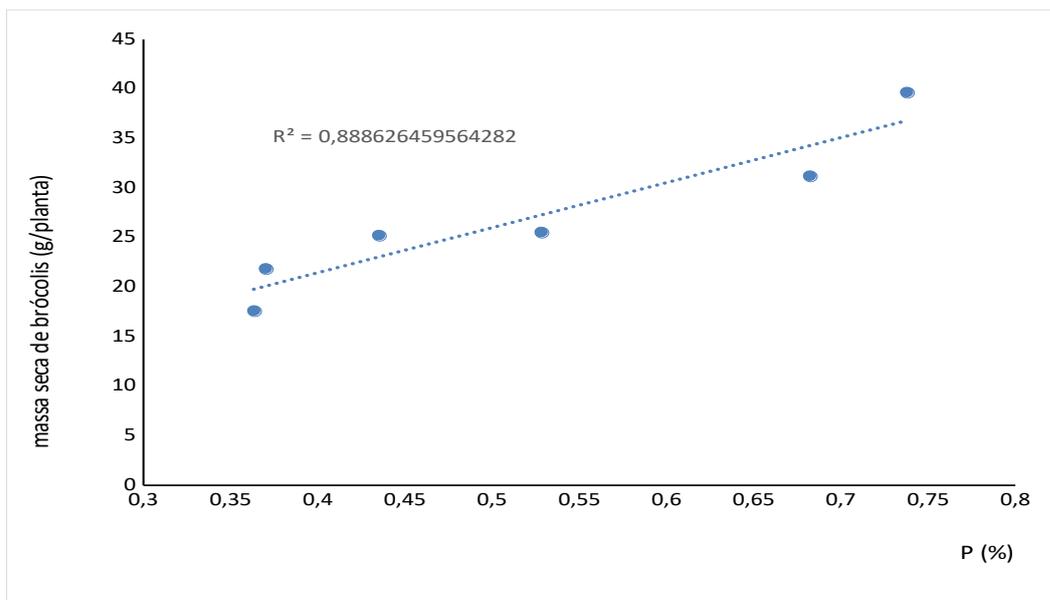
A Figura 8 representa a correlação linear entre massa seca e os teores de nitrogênio presentes em brócolis, com baixa correlação e sem significância estatística..

Entretanto, o teor de matéria seca apresentou alta correlação com os teores de fósforo presente na biomassa de brócolis (Figura 9).

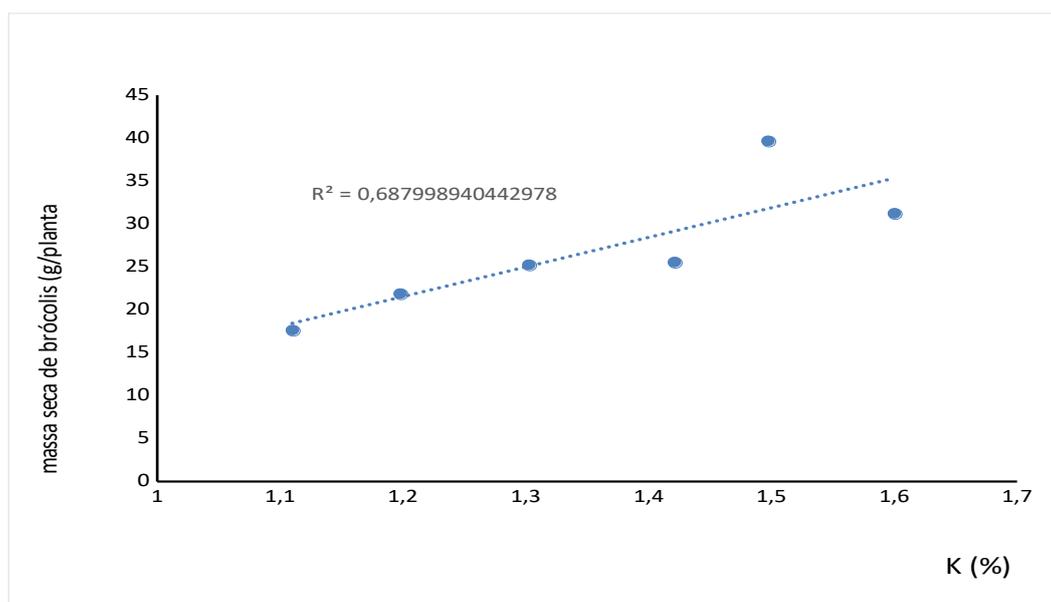
Os níveis de potássio observados na biomassa de brócolis também são significativamente correlacionados com o crescimento vegetal (Figura 10)



**Figura 8.** Correlação linear entre os teores de nitrogênio presente na matéria seca de brócolis e o peso da matéria seca das amostras. ( $p=0,204$ ).



**Figura 9.** Correlação linear entre os teores de fósforo e a matéria seca (g/planta) das amostras ( $p=0,0048$ ).



**Figura 10.** Correlação linear entre os teores de potássio matéria seca (g/planta) das amostras ( $p=0,0411$ ).

Os níveis de potássio observados na biomassa de brócolis também são significativamente correlacionados com o crescimento vegetal (Figura 10)

### 4.3 Identificação dos microrganismos presentes no fermentado (ME)

#### 4.3.1 Organismos identificados

Os resultados obtidos com o sequenciamento genético de microrganismos eficientes podem ser observados nas tabelas 4 e 5. Observa-se grande diversidade microrganismos presentes na amostra. Porém, apesar da grande diversidade, boa parte da amostra é composta por algumas espécies de fungos e bactérias ácido- lácticas, que representam a maior abundância dentro da amostra.

**Tabela 4.** Diversidade de fungos identificados na amostra de microrganismos eficientes (ME) por meio de sequenciamento genético.

Fungos	% da Amostra
<i>Pichia kudriavzevii</i>	52,1
<i>Wickerhamomyces anomalus</i>	25
<i>Galactomyces sp.</i>	21,2
<i>Kasachstania humilis</i>	1,7
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0,02

A tabela 4 é composta pelas espécies de fungos encontrados na amostra, sendo a espécie *Pichia kudriavzevii*, a mais abundante na amostra, seguida da espécie *Wickerhamomyces anomalus* e *Galactomyces sp.*, e ambas correspondem a mais de 90% da diversidade encontrada. As espécies de fungo com maior abundância na amostra são leveduras, ligadas ao processo fermentativo utilizado para a produção dos ME.

A diversidade de bactérias presentes na amostra mostra-se maior do que o de fungos (Tabela 5). Entretanto, quatro espécies apresentam maior abundância, *Lactobacillus harbinensis*, que corresponde a 86%, uma espécie de bactéria ácido láctica. As espécies *Acetobacter peroxydans*, *Lactobacillus casei* e uma espécie de *Enterobacteriaceae* não identificada complementam o grupo das mais abundantes.

**Tabela 5.** Diversidade de bactérias presentes na amostra de microrganismos eficientes (ME) identificada através de sequenciamento genético.

Bactérias	Sequências	%
<i>Lactobacillus harbinensis</i>	38429	86,49
<i>Acetobacter peroxydans</i>	3008	6,77
<i>Lactobacillus casei</i>	663	1,49
<i>Enterobacteriaceae</i>	539	1,21
<i>Lactobacillus buchneri</i>	320	0,72
<i>Lactobacillus plantarum</i>	285	0,64
<i>Acetobacter orientalis</i>	179	0,40
<i>Clostridium beijerinckii</i>	119	0,27
<i>Acetobacter cibirongensis</i>	101	0,23
<i>Lactobacillus nagelii</i>	85	0,19
<i>Acetobacter sp.</i>	78	0,18
<i>Cedecea lapagei</i>	65	0,15
<i>Serratia marcescens</i>	62	0,14
<i>Achromobacterxylooxidans</i>	59	0,13
<i>Enterobacter sp.</i>	56	0,13
<i>Phytobacter diazotrophicus</i>	41	0,09
<i>Lactobacillus sp.</i>	39	0,09
<i>Acetobacter indonesiensis</i>	37	0,08
<i>Enterobacter cloacae complex group</i>	36	0,08
<i>Clostridium puniceum</i>	30	0,07
<i>Bacillus cereusgroup</i>	23	0,05
<i>Lactobacillus perolens</i>	22	0,05
<i>Enterobacter asburiae</i>	17	0,04
<i>Ochrobactrum pseudo grignonense</i>	16	0,04
<i>Enterobacter ludwigii</i>	13	0,03
<i>Lactobacillus brevis</i>	12	0,03
<i>Lactiplantibacillusgarrii</i>	9	0,02
<i>Acetobacter syzygii</i>	8	0,02
<i>Kluyvera ascorbata</i>	8	0,02
<i>Acinetobacter junii</i>	7	0,02
<i>Klebsiella oxytoca</i>	7	0,02
<i>Kocuria koreensis</i>	7	0,02
<i>Pseudomonas putida group</i>	7	0,02
<i>Raoultella terrigena</i>	7	0,02
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	6	0,01
<i>Acinetobacter sp.</i>	5	0,01
<i>Chryseobacterium aquifrigidense</i>	5	0,01
<i>Citrobacter murliniae</i>	5	0,01
<i>Frateuria aurantia</i>	5	0,01
<i>Pandoraea pnomenusa</i>	5	0,01
<i>Psychrobacillus psychrodurans</i>	5	0,01

## 5. Discussão

### 5.1 O efeito da utilização da utilização da biomassa de timbó como fonte nitrogenada

A utilização da biomassa de timbó como fonte de adubação nitrogenada apresentou resultados estatisticamente semelhantes aos obtidos com a adubação proveniente de adubo orgânico derivado de cama de aves compostada, quando o fator observado correspondia aos teores de nitrogênio presente na biomassa da cultura da rúcula (Tabela 2) e cultura do brócolis (Tabela 3), neste aspecto os dados obtidos corroboram com aspectos apresentados por Almeida (2012) que, ao avaliar o potencial produtivo do milho em função da adubação com biomassa de gliricídia observou que a mesma apresenta grande potencial como fonte de adubação orgânica, suprimindo a necessidade nutricional do cultivo em questão.

Com relação ao potencial uso de timbó como adubo verde, Baggio e Soares (2002) já haviam apontado este grande potencial, constatando efeitos significativos da adubação verde com a espécie arbórea em questão sobre a produção de morango. Neste contexto a utilização da biomassa de *Ateleia glazeoveana* como fonte nutricional para o cultivo de rúcula e brócolis pode ser considerado uma alternativa viável.

No caso da massa seca, aparentemente a adição de microrganismos eficientes contribuiu para melhorar desempenho do tratamento com adubo verde, no caso da rúcula promovendo uma diferença significativa entre os tratamentos adubo verde mais ME (AgME) e apenas adubo verde (Ag), fato não observado nos teores de nitrogênio presentes na matéria seca de ambas as culturas (Tabelas 2 e 3).

Já o fator teor de fósforo presente na biomassa das culturas mostrou uma correlação significativa com os resultados da massa seca apenas para a cultura do brócolis. Neste caso, a adubação verde mostrou-se insuficiente quando comparada ao adubo orgânico comercial, porém a adição de ME contribuiu para melhor os níveis de fósforo na biomassa da cultura, mostrando que a utilização da biomassa de timbó isoladamente não foi suficiente para atender a demanda de fósforo do brócolis.

A aplicação da adubação foi calculada com base na oferta de nitrogênio presente na biomassa de timbó (de acordo com a literatura). Deste modo, os resultados sugerem

que o fósforo deveria ser tomado como referencial nas culturas estudadas, ou ainda que este nutriente seja fornecido por outra fonte, utilizada em forma complementar.

## **5.2 Adição de microrganismos eficientes (ME) e sua influência sobre as culturas da rúcula e brócolis**

A aplicação de microrganismos eficientes parece não ter contribuído para a absorção de macronutrientes para a cultura da rúcula. Entretanto, para a cultura do brócolis, que permaneceu mais tempo no campo, a aplicação de microrganismos eficientes contribuiu positivamente para a absorção de N, de modo que os tratamentos com maior concentração de nitrogênio na matéria seca foram os tratamentos AME e AgME, que diferiram estatisticamente dos demais (Tabela 3).

A adição de ME parece ter contribuído com a absorção de N quando realizada em conjunto com uma fonte de nitrogênio externa, pois para a mesma cultura a aplicação de ME na testemunha sem adubação não apresentou efeito positivo na concentração de N na matéria seca de Brócolis. Neste caso, tal resultado seria esperado devido ao fato da aplicação de ME, agir sobre a mineralização da matéria orgânica, porém podendo imobilizar o N quando este se encontra escasso, competindo com as plantas na captura deste nutriente (MÅNSSON et al. 2009, MATOS et al. 2016).

Como apresentado por Mares Guia (2018), que avaliou o potencial produtivo de milho sobre diferentes adubações verdes os ganhos produtivos observados no cultivo de milho foram diretamente ligados à atividade dos microrganismos aplicados.

No caso do tratamento CTLME o efeito da adição de ME foi negativo, neste caso tal efeito poderia ser explicado pela necessidade de matéria orgânica como fonte nutricional para a atividade microbiana gerando um efeito de competição com a planta (CARDOSO, 2016), como já referido acima.

Neste contexto, pode-se dizer que a utilização de ME sem oferta de matéria orgânica resulta em uma demanda da atividade microbiana atuando como consumidora do N presente no solo, impactando de forma negativa no desempenho da cultura.

### 5.3 Influência do método de multiplicação

A análise genômica da amostra de microrganismos eficientes obtidos através da metodologia proposta por Cassali (2012), apresentou grande diversidade de espécies microbianas, entretanto, a grande maioria corresponde à leveduras e bactérias ácido lácticas. Os resultados encontrados corroboram com o exposto por Morocho e Leiva-Mora (2019) que, ao analisar amostras de culturas de microrganismos concluiu que a técnica proporciona o desenvolvimento de 5 grupos de microrganismos, sendo eles bactérias ácido lácticas, bactérias fotossintéticas, actinomicetos, leveduras e fungos filamentosos fermentativos.

Entretanto, ao considerarmos que a técnica consiste em coletar e multiplicar organismos presentes em áreas preservadas, certas diferenças com relação à diversidade e composição poderiam ser esperadas, neste sentido é importante considerar épocas de coleta bem como temperatura e características do ambiente onde amostra é coletada, como fatores de variação das espécies multiplicadas.

Outro fator que pode afetar a diversidade de microrganismos presentes no produto final está diretamente ligado a forma de multiplicação dos mesmos. Como aponta Ramires et al. (2022), os efeitos proporcionados pela utilização dos microrganismos eficientes estão diretamente ligados ao tipo de processo de cultivo. Os autores avaliaram os efeitos proporcionados pela aplicação de culturas aeróbicas frente à utilização de culturas anaeróbicas, observando que as culturas aeróbicas contribuíram significativamente para alteração nos níveis de diferentes elementos no solo, enquanto que culturas anaeróbicas não apresentaram efeito significativo. Aparentemente a utilização de culturas anaeróbicas proporcionam o crescimento de organismos com maior potencial na degradação da matéria orgânica presente no solo.

Os dados obtidos no presente estudo apontam para uma ação mineralizadora proporcionada pela utilização dos microrganismos eficientes, entretanto, a utilização da técnica deve ser mais bem estudada, demandando de mais avaliações para confirmação desta ação sobre a matéria orgânica, como apontado por outros autores, que observaram um efeito mineralizador proporcionado pela aplicação de ME, como Da Silva et al.(2022), que constataram aumento na liberação de macronutrientes a partir da aplicação de ME na compostagem.

A diversidade de bactérias presentes na amostra mostra-se maior do que o de fungos (Tabela 2). Entretanto, quatro espécies apresentam maior abundância,

*Lactobacillus harbinensis*, que corresponde a 86% das sequências registradas, uma espécie de bactéria ácido láctica. As espécies *Acetobacter peroxydans*, *Lactobacillus casei* e uma espécie de Enterobacteriaceae não identificada complementam o grupo das mais abundantes presentes na amostra.

Com relação às espécies bacterianas, pouco se sabe sobre a relação destes organismos com relação a suas aplicações agrícolas. Neste sentido, Lamont et. al (2017) apresentam uma revisão com diferentes estudos voltados a utilização de bactérias ácido lácticas na agricultura e seu potencial como promotoras de crescimento bem como agentes de biocontrole ou ainda como estimulantes para a liberação de nutrientes. Trabalhos recentes apontam para a capacidades de diferentes espécies (incluindo *Lactobacillus* sp. e *Acetobacter* sp.) como organismos com potencial utilização para cultivos agrícolas.

## **6. Considerações finais**

A adubação com biomassa de timbó mostrou-se eficiente como fonte de nitrogênio para o cultivo de rúcula e brócolis podendo ser utilizada como fonte de nutrientes em cultivos comerciais, desde que utilizada em conjunto com outras fontes nutricionais para suprir a demanda nutricional essenciais ao cultivo.

Com relação à utilização dos microrganismos eficientes, estes parecem ter contribuído positivamente para melhor o desempenho dos cultivos, entretanto, existem ainda muitas questões a serem respondidas com relação à utilização desta técnica e seus mecanismos de ação na interação com as espécies cultivadas.

A técnica de cultura mista de microrganismos eficientes, com a utilização de um processo de multiplicação via processo fermentativo contribuiu para a multiplicação principalmente de leveduras e bactérias ácido lácticas que, na condição do experimento, corresponderam à maior porcentagem da amostra. Mais estudos devem ser realizados a fim de identificar quais as melhores metodologias de coleta multiplicação e uso desta tecnologia em unidades produtivas.

## Referências

ABRANCHES, M. O. et al. **Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas do solo e sua influência na nutrição de hortaliças.** Research, Society and Development, v. 10, n. 7, e7410716351, 2021.

ALMEIDA, M. M. T. B. **Fertilizantes de leguminosas: autossuficiência de nitrogênio em sistemas orgânicos de produção** / Maxwell Merçon Tezolin Barros Almeida – 2012. 145 f.: il.

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável.** Miguel Altieri. – 4.ed. – Porto Alegre : Editora da UFRGS, 2004.

ALVARES, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BAGGIO, A. J. **Timbó: uma alternativa para a produção perene de adubo verde.** Embrapa. Circular técnica 68. Colombo – PR 2002.

BAGGIO, A. J. SOARES, A. O. **Comportamento do Morango (*Fragaria xananassa* Duch.) sob Adubação Verde com Timbó (*Ateleia glazioviana* Baillon).** Comunicado Técnico 74. Colombo, PR Dezembro, 2002. ISSN 1517-5278.

CALERO, A. et al. **Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).** Revista de Ciencias Agrícolas, 36(1): 67-78, 2019.

CARDOSO, E. J. B. N. **Microbiologia do solo.** 2ª Ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

CASALI, V W. D. **Caderno dos microrganismos eficientes (E.M.).** Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa Viçosa-MG, 2020.

CASSIMIRO, A. A. et al. **Bactérias promotoras de crescimento vegetal e uso de pó de rocha na produção inicial de hortaliças não convencionais.** Research, Society and Development, v. 11, n. 4, e13311426469, 2022 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i4.26469>>.

COELHO, Geraldo Ceni. **Sistemas agroflorestais.** Geraldo Ceni Coelho – São Carlos: RiMa Editora, 2012.

DA SILVA, A. L.; CORDEIRO, R. S.; DA ROCHA, H. C. R. **Aplicabilidade de Microrganismos Eficientes (ME) na Agricultura: uma revisão bibliográfica.** Research, Society and Development, v. 11, n. 1, 2022.

DOS SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3 ed. Ver. Ampl. Brasília, D: Embrapa, 2013.

EMBRAPA AGROBIOLOGIA. **Adubação verde com leguminosas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

FAVARATO, L. F. et al. **Biomassa verde de plantas como adubo de cobertura em cultivo orgânico de repolho**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.7, n.3, p.16-23, Setembro, 2017.

FONTANÉTTI A. et al..**Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho**. Horticultura Brasileira. v. 24, n. 2, abr.-jun. 2006.

GARCÍA, L. M. H. **Agroecologia: princípios e fundamentos ecológicos aplicados na busca de uma produção sustentável**. Canoas-RS. Mérida Publishers. 2021.

GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; KLEIN, D. K. **Promoção de crescimento e solubilização de fósforo, por Bacillus megaterium e B. subtilis, via inoculação de sementes, associado à fertilização fostatada, na cultura da soja**. Research, Society and Development, v. 12, n. 2, e9812240062, 2023 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI:<<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i2.40062>>.

JALIL, Sanaullah et al..**Residual Effect of Rock Phosphate, Farmyard Manure and Effective Microorganisms on Nutrient Uptake and Yield of Wheat**. Sarhad Journal of Agriculture. Volume 33. June 2017.

KAUR, T. et al. **Structural and functional diversity of plant growth promoting microbiomes for agricultural sustainability**. Journal of Applied Biology & Biotechnology Vol. 10(Suppl 1), pp.70-89, Mar-Apr, 2022 DOI: 10.7324/JABB.2022.10s110-1.

LIMA, A. L. L. et al. **Efeito da adubação fosfatada na rúcula (Eruca sativa mill.), visando alta produtividade**. Revista Unimar Ciências. 2022. Disponível em: <<http://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/1733>>.

LIMA, S. K. et al. **Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 1990- 2019.

MACHADO, Tacyara Engel. DINIZ, Ellen Rubia. **Rochagem associada à aplicação de microrganismos eficientes na cultura do feijoeiro**. Cadernos de Agroecologia - ISSN 2236-7934 - Anais da Reunião Técnica sobre Agroecologia - Agroecologia, Resiliência e Bem Viver - Pelotas, RS - v. 17, n. 3, 2022.

MÅNSSON, K.; BENGTON, P.; FALKENGREN-GRERUP, U.; BENGTON, G. Plant-microbial competition for nitrogen uncoupled from soil C: N ratios. *Oikos*, v. 118, n. 12, p. 1908-1916, 2009.

MATOS, E. R.; DURRER, A.; ANDREOTE, F. D. Ecologia microbiana. In: CARDOSO, E. J. B. N. ; ANDREOTE, F. D. (eds.). **Microbiologia do Solo**. Piracicaba: ESALQ. p. 37-46.2016.

MARES GUIA, Ana Paula de Oliveira, 1966- M 325 p. **Produtividade de milho verde cultivado em sucessão a adubação verde com aplicação de microrganismos eficientes, nas condições de Matias Barbosa, MG** / Ana Paula de Oliveira Mares

Guia. - 2018. MARONA H. R. N., SCHENKEL. E. P., BERGONCI J. I. **Phytotoxic Activity of Ateleia glazioviana Baill. extracts on Lettuce Seeds.** Acta Farm. Bonaerense 22 (1): 17-20 (2003).

MARONA, H. R. N.; SCHENKEL, E. P.; BERGONCI, J. I. **Phytotoxic Activity of Ateleia glazioviana Baill. Extractson Lettuce Seeds.** Acta Farm. Bonaerense 22 (1): 17-20. 2003.

MEYER, M. C. et al. **Bioinsumos na cultura da soja.** Brasília, DF: Embrapa, 2022. 550p. ISBN: 978-65-87380-96-4.

MOROCHO M. T., LEIVA-MORA M. **Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas.** Centro agrícola. Vol. 46, N° 2, abril-junio, 93-103, 2019.

BEZERRA NETO, F. et al. **Otimização agroeconômica da cenoura fertilizada com diferentes doses de jitrana.** Revista Ciência Agronômica, v. 45, n. 2, p. 305-311, abr-jun, 2014.

ORGANIS. **Pesquisa consumidor orgânico.** 2021. Disponível em <[www.organis.org.br](http://www.organis.org.br)>.

PANISSON R. et al. **Increased quality of small-scale organic compost with the addition of efficient microorganisms.** Brazilian Journal of Environmental Sciences. v.56, n.3, Sept 2021.

PEDRAZA, R. O. et al. **Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y La calidad de los suelos.** Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 11(2), 155-164. 2010.

QUISPE-QUISPE, E. SALAS-MACÍAS, C. **La imbibición de semillas en solución con microorganismos eficientes mejora el desarrollo de plántulas de Daucus carota L.** Manglar 19(3): 279-284. 202.

RAMÍREZ E., J. Prinb L., Rojas de Astudillo L. **Evaluación del Efecto de los Microorganismos eficientes en el suelo usando Microscopía Electrónica de Barrido Analítica.** Acta Microscópica Vol. 31, No. 1, 2022, pp. 64-71.

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed.– Porto Alegre, 2004.

SOUZA, E. G. F. et al. **Rentabilidade da rúcula fertilizada com biomassa de flor-de-seda em função da época de cultivo.** Revista Caatinga, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 65 – 77, jan. – mar., 2015.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P.; FAVARATO, L. F. **Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob**

níveis de N. Horticultura Brasileira 33: 019-026. 2015. DOI – <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000100004>.

SOUSA, W. S. et al. **Performance of lettuce submitted to the rock dust remineralizer and doses of efficient microorganisms.** Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 8, n. 2, e5526, abr./jun. 2021.