

**UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

TESE

**COMPOSTOS FERMENTADOS FARELADOS: COMUNIDADES
MICROBIANAS E EFICIÊNCIA AGRONÔMICA ASSOCIADAS À
FERTILIZAÇÃO NO CULTIVO ORGÂNICO DE HORTALIÇAS**

JHONATAN MARINS GOULART

2023



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA FITOTECNIA**

**COMPOSTOS FERMENTADOS FARELADOS: COMUNIDADES
MICROBIANAS E EFICIÊNCIA AGRONÔMICA ASSOCIADAS À
FERTILIZAÇÃO NO CULTIVO ORGÂNICO DE HORTALIÇAS**

JHONATAN MARINS GOULART

Sob a orientação do Pesquisador
José Guilherme Marinho Guerra

e coorientação da Pesquisadora
Norma Gouvêa Rumjanek

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Fitotecnia**, no curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração em Agroecologia.

Seropédica, RJ.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G688c Goulart, Jhonatan Marins, 1989-
Compostos fermentados farelados: comunidades
microbianas e eficiência agronômica associadas à
fertilização no cultivo orgânico de hortaliças /
Jhonatan Marins Goulart. - Paracambi, 2023.
105 f.

Orientador: José Guilherme Marinho Guerra.
Coorientadora: Norma Gouvêa Rumjanek.
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em
Fitotecnia, 2023.

1. Agroecologia. 2. Sistema Orgânico. 3.
Agrobiodiversidade. 4. Bokashi. 5. Microbioma. I.
Guerra, José Guilherme Marinho, 1958-, orient. II.
Rumjanek, Norma Gouvêa, 1953-, coorient. III
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Programa de Pós Graduação em Fitotecnia. IV. Título.

É permitida a cópia total ou parcial desta Tese, desde que citada a fonte.



HOMOLOGAÇÃO DE TESE DE DOUTORADO Nº 27 / 2023 - DeptFITO (12.28.01.00.00.32)

Nº do Protocolo: 23083.083797/2023-08

Seropédica-RJ, 19 de dezembro de 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

JHONATAN MARINS GOULART

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Fitotecnia**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de Concentração em Agroecologia

TESE APROVADA EM: 19/05/2023

José Guilherme Marinho Guerra. Dr. Embrapa Agrobiologia
(Orientador)

Antônio Carlos de Souza Abboud. Dr. UFRRJ

Ederson da Conceição Jesus. Dr. Embrapa Agrobiologia

Margarida Gorete Ferreira do Carmo. Dra. UFRRJ

Raul Castro Carriello Rosa. Dr. Embrapa Agrobiologia

(Assinado digitalmente em 19/12/2023 15:52)
ANTONIO CARLOS DE SOUZA ABOUD
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DATS (11.39.00.35)
Matricula: 1080064

(Assinado digitalmente em 20/12/2023 19:30)
MARGARIDA GORETE FERREIRA DO CARMO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptFITO (12.28.01.00.00.32)
Matricula: 1213072

(Assinado digitalmente em 20/12/2023 08:52)
JOSÉ GUILHERME MARINHO GUERRA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 785.371.857-87

(Assinado digitalmente em 19/01/2024 09:33)
RAUL CASTRO CARRIELLO ROSA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 026.339.867-65

(Assinado digitalmente em 09/01/2024 12:32)
EDERSON DA CONCEICAO JESUS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 084.646.497-70

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **27**, ano: **2023**, tipo: **HOMOLOGAÇÃO DE TESE DE DOUTORADO**, data de emissão: **19/12/2023** e o código de verificação: **c26bea7820**

Agradecimentos

A Deus, por abençoar todos os dias ao longo da minha caminhada.

Aos meus familiares por todo apoio e incentivo.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e todos os colegas e professores pelos ensinamentos no decorrer do curso.

Aos funcionários que atuam na Fazendinha Agroecológica Km 47 pela parceria nas atividades de campo e pela companhia durante a condução das atividades: Serebias, João, Juarez, Edmar, Oseias, Zezinho, Josimar, Isaias, Kaká, Pedro e Zé Maria.

Aos pesquisadores e funcionários da Embrapa Agrobiologia pelo apoio recebido: José Guilherme Marinho Guerra, Norma Gouvêa Rumjanek, Ederson da Conceição Jesus, José Antonio Azevedo Espindola, Ednaldo da Silva Araújo, Marco Antônio de Almeida Leal, Janaína Ribeiro Rouws, Raul Castro, Dione, Athayde, Ilzo Risso, Rosinaldo Feital.

Aos colegas do laboratório de agricultura orgânica da Embrapa Agrobiologia.

À FAPERJ pelo apoio as atividades de pesquisa do PPGF.

Biografia

Jhonatan Marins Goulart, nasceu em Paracambi-RJ, em 23 de agosto de 1989, filho de Divaldo Batista Goulart e Simone dos Santos Marins, residentes em Seropédica-RJ. Concluiu o ensino técnico em agropecuária orgânica no Colégio Técnico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CTUR) em 2008. Em 2012 ingressou no curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, posteriormente se transferindo para o curso de Agronomia, concluindo a graduação em 2017. No período de 2013 a 2017 foi bolsista de iniciação científica do CNPq desenvolvendo as atividades de pesquisa na área de agroecologia e agricultura orgânica, sob orientação do pesquisador José Antonio Azevedo Espindola e coorientação do pesquisador Ednaldo da Silva Araújo, ambos da Embrapa Agrobiologia. Em 2018 ingressou no nível de Mestrado no programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sob orientação do Pesquisador José Guilherme Marinho Guerra e coorientação do pesquisador José Antonio Azevedo Espindola, com bolsa de estudos financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES). Em 2020 ingressou no nível de Doutorado no programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sob orientação do Pesquisador José Guilherme Marinho Guerra e coorientação da pesquisadora Norma Gouvêa Rumjanek, com bolsa de estudos financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES).

RESUMO GERAL

GOULART, Jhonatan Marins. **Compostos fermentados farelados: comunidades microbianas e eficiência agrônômica associadas à fertilização no cultivo orgânico de hortaliças**. 2023. 105p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

O trabalho de tese foi estruturado em quatro capítulos cujos estudos abordaram o manejo da fertilização com compostos fermentados no desempenho agrônômico de hortaliças, assim como a caracterização do microbioma no ambiente rizosférico de hortaliças e adubos verdes. No capítulo I, caracterizou-se a comunidade bacteriana associada à rizosfera do milho e das fabáceas guandu (*Cajanus cajan*) e tefrósia (*Tephrosia sinapou*) em monocultivos ou consorciados. No capítulo II, realizou-se o balanço agroecônômico de um módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças, assim como a caracterização da comunidade bacteriana de diferentes espécies. No capítulo III, avaliou-se as características químicas, físico-químicas, os efeitos nematocidas e a eficiência agrônômica de compostos fermentados formulados com farelos de fitomassas de fabáceas e resíduos agroindustriais na fertilização de pimenteira biquinho. No capítulo IV, realizou-se a caracterização das comunidades fúngica e bacteriana colonizadoras de iscas instaladas em povoamentos vegetais e na rizosfera do tomateiro produzido em ambiente protegido e fertilizado com compostos farelados. No capítulo I, constatou-se que as fabáceas guandu e tefrósia consorciadas ao milho não promovem alterações na comunidade bacteriana associada ao cereal, cujos *phyla Actinobacteriota*, *Proteobacteria* e *Acidobacteriota* apresentaram maiores abundâncias relativas. No capítulo II, foi constatado que o sistema de cultivo orgânico diversificado de hortaliças é economicamente viável, gerando receitas líquidas médias mensais de R\$ 11.906,81 e R\$ 8.749,29 reais, respectivamente, comercialização em feira orgânica e agroecológica. A comunidade bacteriana associada às hortaliças difere entre espécies. As maiores riquezas e a diversidade de espécies foram encontradas nos ambientes rizosféricos da couve e da alface lisa. O gênero *Bacillus* foi predominante nas diferentes espécies estudadas. No capítulo III, verificou-se que os compostos fermentados formulados com o bagaço de malte apresentam eficiência agrônômica semelhante aos derivados do farelo de trigo. A produção da pimenteira biquinho foi superior com a utilização dos compostos formulados com as fitomassas das fabáceas. O composto fermentado contendo o farelo de mamona apresentou efeito de toxidez total ou parcial às plantas da pimenteira biquinho em dosagens superiores a 400mg de N dm⁻³. Todavia, a aplicação desse composto reduziu significativamente o número de galhas ocasionadas pelos fitonematoides na dosagem de 200 mg de N dm⁻³ e proporcionou controle total em dosagens superiores. No capítulo IV, constatou-se que os compostos influenciaram de maneira distinta o desenvolvimento do tomateiro, cujo composto não fermentado inoculado com os microrganismos provenientes da serrapilheira de eucalipto proporcionou a maior massa seca de raízes e produção de frutos na ordem de 306,77 g planta⁻¹. Os gêneros *Bacillus* e *Klebsiella* apresentaram as maiores abundâncias relativas nas iscas. Apesar disso, ocorreu uma diminuição da abundância relativa do gênero *Bacillus* nas rizosferas dos tomateiros derivadas da fertilização com os compostos fermentados e ausência do gênero *Klebsiella*, indicando influência da fermentação do composto e da espécie cultivada. Os gêneros das comunidades fúngicas presentes nas iscas apresentaram abundâncias relativas distintas e alguns gêneros não foram encontrados nas rizosferas dos tomateiros fertilizados com os compostos fermentados.

Palavras-chave: agroecologia, sistema orgânico, agrobiodiversidade, bokashi, microbioma.

GOULART, Jhonatan Marins. **Mashed fermented compounds: microbial communities and agronomic efficiency associated with fertilization in organic vegetable cultivation**. 2023. 105p. Thesis (Doctorate in Phytotechnics). Institute of Agronomy, Department of Phytotechnics, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

The thesis work was structured into four chapters whose studies addressed the management of fertilization with fermented compounds in the agronomic performance of vegetables, as well as the characterization of the microbiome in the rhizospheric environment of vegetables and green manures. In chapter I, the bacterial community associated with the rhizosphere of corn and the fabaceous pigeon pea (*Cajanus cajan*) and tephrosia (*Tephrosia sinapou*) in monocultures or intercrops was characterized. In chapter II, the agro-economic balance of a diversified organic vegetable cultivation module was carried out, as well as the characterization of the bacterial community of different species. In chapter III, the chemical, physical-chemical characteristics, nematicidal effects and agronomic efficiency of fermented compounds formulated with *fabaceae* phytomass bran and agro-industrial residues in the fertilization of biquinho pepper trees were evaluated. In chapter IV, the characterization of the fungal and bacterial communities colonizing baits installed in plant stands and in the rhizosphere of tomato plants produced in a protected environment and fertilized with crumbly compounds was carried out. In chapter I, it was found that the fabaceous pigeon pea and tephrosia mixed with corn do not promote changes in the bacterial community associated with the cereal, whose phyla *Actinobacteria*, *Proteobacteria* and *Acidobacteriota* showed greater relative abundances. In chapter II, it was found that the diversified organic vegetable cultivation system is economically viable, generating average monthly net revenues of R\$ 11.906.81 and R\$ 8.749.29 reais, respectively, sold at organic and agroecological fairs. The bacterial community associated with vegetables differs between species. The greatest richness and diversity of species were found in the rhizospheric environments of cabbage and flat lettuce. The genus *Bacillus* was predominant in the different species studied. In chapter III, it was found that fermented compounds formulated with malt bagasse have agronomic efficiency similar to those derived from wheat bran. The production of the biquinho pepper plant was superior with the use of compounds formulated with the phytomass of the *fabaceae* plants. The fermented compound containing castor bean meal showed total or partial toxicity to biquinho pepper plants at doses greater than 400mg of N dm⁻³. However, the application of this compound significantly reduced the number of galls caused by phytonematodes at a dosage of 200 mg N dm⁻³ and provided total control at higher dosages. In chapter IV, it was found that the compounds had a distinct influence on the development of the tomato plant, whose non-fermented compound inoculated with microorganisms from eucalyptus litter provided the highest dry mass of roots and fruit production in the order of 306.77 g plant⁻¹. The genera *Bacillus* and *Klebsiella* showed the highest relative abundances in the baits. Despite this, there was a decrease in the relative abundance of the genus *Bacillus* in the rhizospheres of tomato plants derived from fertilization with fermented compounds and the absence of the genus *Klebsiella*, indicating the influence of the fermentation of the compound and the cultivated species. The genera of the fungal communities present in the baits showed different relative abundances and some genera were not found in the rhizospheres of tomato plants fertilized with the fermented compounds.

Keywords: agroecology, organic system, agrobiodiversity, bokashi, microbiome.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Beta diversidade da comunidade bacteriana associada ao solo rizosférico do milho e das fabáceas guandu e tefrósia cultivados em monocultivos, consorciados na linha e consorciados na entrelinha. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022. 14
- Figura 2.** Abundância relativa em nível de filo da comunidade bacteriana associada ao solo rizosférico do milho e das fabáceas guandu e tefrósia cultivados em monocultivos, consorciados na linha e consorciados na entrelinha. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.....15
- Figura 3.** Mapa de calor dos taxa bacterianos das comunidades rizosféricas do milho e dos adubos verdes com base na análise da sequência de 16S rDNA. Cores diferentes significam que a abundância relativa exibiu variações entre os tratamentos (as cores vermelhas representam abundâncias mais elevadas).....17

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Mistura das fontes fareladas e recipiente utilizado para o desencadeamento do processo fermentativo em condições microaerófilas. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022..... 24
- Figura 2.** (A) banco de produção de fitomassa de capim elefante; (B) banco de produção de fitomassa de gliricídia; (C) faixas intercalares de gliricídia; (D) banco de produção de fitomassa de flemingia. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022. 25
- Figura 3.** (A) Milho BRS Caatingueiro aos 70 dias após a semeadura; (B) Mucuna cinza aos 120 dias após a semeadura cultivada em consórcio com o milho; (C) Mucuna cinza no momento do manejo de corte no módulo de cultivo orgânico de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022 26
- Figura 4.** Cronograma de produção de espécies cultivadas no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022. 27
- Figura 5.** Custo da tonelada das matérias-primas utilizadas nas formulações dos compostos fermentados. FT = 65, 70 e 80 reais o saco de 40kg. FM = 75, 80 e 90 reais o saco de 50kg. BM= 85 reais a tonelada (300kg de matéria seca). Valores de referência (R\$) para os anos de 2020, 2021 e 2022, respectivamente..... 32
- Figura 6.** Contribuição das matérias-primas no custo dos compostos fermentados utilizados no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022. FT = farelo de trigo; FM= farelo de mamona; BM= bagaço de malte..... 33

Figura 7. Beta diversidade da comunidade bacteriana associada as hortaliças cultivadas no módulo de cultivo orgânico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.....	49
Figura 8. Riqueza e diversidade das comunidades bacterianas associada as hortaliças cultivadas no módulo de cultivo orgânico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.....	50
Figura 9. Abundância relativa em nível de família da comunidade bacteriana associada as hortaliças cultivadas no módulo de cultivo orgânico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.....	51
Figura 10. Abundância relativa em nível de gênero da comunidade bacteriana associada as hortaliças cultivadas no módulo de cultivo orgânico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.....	52

CAPÍTULO III

Figura 1. Detalhe do experimento após o transplântio das mudas de pimenteira biquinho (A), e início da frutificação ocorrido aos 60 dias após o transplântio das mudas da pimenteira biquinho (B). Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2023	60
Figura 2. Fitomassa seca de milho e taxa de recuperação de nitrogênio dos compostos fermentados em comparação aos tratamentos adicionais. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....	65
Figura 3. Componentes fitotécnicos das pimenteiças biquinho submetidas a adubação com diferentes compostos fermentados. MS = massa seca. (A) frutos por planta; (B) produção; (C) massa seca de parte aérea e (D) volume de raiz. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2023.....	67
Figura 4. Número de galhas ocasionadas por fitonematoides em sistemas radiculares de pimenteiças submetidas a adubação com diferentes doses de compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2023.....	68

CAPÍTULO IV

Figura 1. Cultivo dos tomateiros em ambiente protegido. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....	73
Figura 2. Confeccão das iscas utilizadas para a coleta dos microrganismos. (A) calhas de bambu; (B) calhas de bambu preenchidas com arroz cozido; (C) iscas colonizadas com microrganismos aos 7 dias após a instalação sob as serrapilheiras de diferentes coberturas vegetais.....	74

- Figura 3.** Abundância relativa em nível de filo da comunidade bacteriana presente em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....79
- Figura 4.** Abundância relativa em nível de gênero da comunidade bacteriana presente em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....80
- Figura 5.** Alfa diversidade da comunidade bacteriana presente em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....81
- Figura 6.** Abundância relativa em nível de filo da comunidade fúngica presente em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....82
- Figura 7.** Abundância relativa em nível de gênero da comunidade fúngica presente em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....83

ANEXOS

- Figura 1.** Imagens dos tomateiros aos 50 dias após o transplante. (1) Eucalipto; (2) Acácia; (3) Bambu; (4) Módulo; (5) Mata; (6) Água; (7) Embiotic. NF= não fermentado e F= fermentado.....94
- Figura 2.** Imagens do sistema radicular dos tomateiros aos 50 dias após o transplante. (1) Eucalipto; (2) Acácia; (3) Bambu; (4) Módulo; (5) Mata; (6) Água; (7) Embiotic. NF= não fermentado e F= fermentado.....96
- Figura 3.** Sistema radicular de pimenteirinhas biquinho fertilizadas com diferentes compostos fermentados. (A) controle; (B) composto mamona; (C) composto guandu; (D) composto flemingia e (E) composto tefrósia.....98
- Figura 4.** Valor pH de compostos fermentados formulados com os farelos de trigo (FT) e de mandioca (FMD), bagaço de malte (BM) e farelo de mamona (FM) submetidos ao processo de incubação. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2020.....99
- Figura 5.** Diagrama de cores representando uma escala de odores emitidos após processo de 21 dias de incubação de misturas de matérias-primas vegetais utilizadas na confecção de compostos farelados fermentados. FT= farelo de trigo; FM= farelo de mamona; MD= farelo de mandioca e BM= bagaço de malte. Fonte: adaptado de Qualitysilage (2023)100

- Figura 6.** Análise de componentes principais da comunidade bacteriana presente nas iscas e na rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....101
- Figura 7.** Análise de componentes principais da comunidade bacteriana presente em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....102
- Figura 8.** Análise de componentes principais da comunidade fúngica presente nas iscas e na rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....103
- Figura 9.** Análise de componentes principais da comunidade fúngica em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....104

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Custos fixos para implantação do módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022. 29
- Tabela 2.** Custo das sementes de hortaliças utilizadas para semeadura direta no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022. 30
- Tabela 3.** Aquisição de mudas de hortaliças utilizadas no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.....30
- Tabela 4.** Custo dos compostos fermentados utilizados no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.....32
- Tabela 5.** Custo médio relacionado a força de trabalho utilizada no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022. 34
- Tabela 6.** Custos com insumos biológicos, caldas e outros fertilizantes utilizados no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022. 35
- Tabela 7.** Custos com a comercialização das espécies cultivadas no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022. 36
- Tabela 8.** Custos variáveis totais do módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022..... 37
- Tabela 9.** Produção de fitomassa, teores e acúmulos de nitrogênio (N) das espécies permanentes ou temporárias cultivadas no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022..... 38
- Tabela 10.** Produção de espécies de interesse econômico e consumo de composto fermentado no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.....39
- Tabela 11.** Produção de hortaliças e demais culturas de interesse econômico, preços praticados na feira orgânica da Glória, na feira da agricultura familiar, na feira convencional do município de Seropédica e a receita estimada nos três cenários de comercialização em 2020. 40
- Tabela 12.** Produção de hortaliças e demais culturas de interesse econômico, preços praticados na feira orgânica da Glória, na feira da agricultura familiar, na feira convencional

do município de Seropédica e a receita estimada nos três cenários de comercialização em 2021.	41
Tabela 13. Produção de hortaliças e demais culturas de interesse econômico, preços praticados na feira orgânica da Glória, na feira da agricultura familiar, na feira convencional do município de Seropédica e a receita estimada nos três cenários de comercialização em 2022.....	42
Tabela 14. Índices econômicos do módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020.....	44
Tabela 15. Balanço de N, P, K, Ca e Mg quantificado no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças considerando a área cultivada com as culturas de interesse econômico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020.....	46
Tabela 16. Balanço de N, P, K, Ca e Mg quantificado no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças considerando a área cultivada com as culturas de interesse econômico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2021.....	47
Tabela 17. Balanço de N, P, K, Ca e Mg quantificado no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças considerando a área cultivada com as culturas de interesse econômico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2021.....	48

CAPÍTULO III

Tabela 1. Teores de nutrientes nas matérias-primas utilizadas nas formulações dos compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....	58
Tabela 2. Características físico-químicas de compostos fermentados formulados com resíduos agroindustriais e farelos de fitomassas de fabáceas. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....	62
Tabela 3. Teores de N, P, K, Ca e Mg em compostos fermentados formulados com resíduos agroindustriais e farelos de fitomassas de fabáceas. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....	63
Tabela 4. Média geral da fitomassa seca de raízes e da parte aérea de milho, dos teores e taxa de recuperação de nitrogênio. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....	64

CAPÍTULO IV

- Tabela 1.** Índice SPAD dos tomateiros submetidos a fertilização com compostos vegetais inoculados com diferentes fontes de inóculos em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....77
- Tabela 2.** Características fitotécnicas de tomateiros submetidos a fertilização com compostos vegetais inoculados com diferentes fontes de inóculos. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.....78

ANEXOS

- Tabela 1.** Características fitotécnicas de feijão-caupi submetido a fertilização com diferentes compostos fermentados bioativados com a microbiota indígena após o período de incubação de 21 dias. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2020.....104
- Tabela 2.** Teores de N, P, K, Ca e Mg na fitomassa seca da parte aérea do feijão-caupi submetido a fertilização com diferentes compostos fermentados bioativados com a microbiota indígena. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2020.....105
- Tabela 3.** Quantidades acumuladas de N, P, K, Ca e Mg na fitomassa seca da parte aérea do feijão-caupi submetido a fertilização com diferentes compostos fermentados bioativados com a microbiota indígena. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2020.....105

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Principais fertilizantes utilizados em sistemas de manejo orgânico.....	3
2.1.1 Fontes concentradas	3
2.2 Fontes orgânicas multielementares	3
2.2.1 Farelo de mamona	3
2.2.2 Estercos derivados da avicultura e bovinocultura	4
2.2.3 Adubação verde.....	5
2.2.4 Compostos fermentados tipo bokashi.....	5
3. Microrganismos e produção agrícola	6
4. CAPÍTULO I.....	8
CARACTERIZAÇÃO DO MICROBIOMA ASSOCIADO AO MILHO E AS FABÁCEAS ARBUSTIVAS GUANDU E TEFRÓSIA CULTIVADOS EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS.....	8
4.1 RESUMO	9
4.2 ABSTRACT	10
4.3 INTRODUÇÃO	11
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	12
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.6 CONCLUSÕES.....	18
5. CAPÍTULO II	19
ATRIBUTOS AGROECONÔMICOS E DIVERSIDADE BACTERIANA DE UM SISTEMA DE CULTIVO ORGÂNICO DIVERSIFICADO DE HORTALIÇAS NAS CONDIÇÕES DA BAIXADA FLUMINENSE	19
5.1 RESUMO	20
5.2 ABSTRACT	21
5.3 INTRODUÇÃO	22
5.4 MATERIAL E MÉTODOS	23
5.4.1 Produção do composto fermentado	23
5.4.2 Espécies permanentes produtoras de fitomassa.....	24
5.4.3 Espécies anuais cultivadas no período primavera-verão.....	25
5.4.4 Espécies anuais cultivadas no período outono-inverno.....	26
5.4.5 Índices econômicos e balanço de nutrientes do sistema.....	27
5.4.6 Caracterização da comunidade bacteriana do solo.....	28
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.5.1 Custos fixos do sistema.....	29
5.5.2 Custos variáveis do módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças 2020 a 2022.....	29
5.5.3 Custos com a confecção dos compostos fermentados 2020 a 2022.	31
5.5.4 Custos com força de trabalho interna e externa de 2020 a 2022.	33
5.5.5 Produção de fitomassa das espécies utilizadas para adubação verde e produção de composto orgânico.....	37
5.5.6 Balanço parcial de nutrientes de 2020 a 2022.....	44

5.5.7 Caracterização das comunidades bacterianas do milho e das fabáceas.....	49
5.5.8 CONCLUSÕES.....	53
6. CAPÍTULO III.....	54
EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE COMPOSTOS FERMENTADOS FORMULADOS COM FARELOS DE FITOMASSAS DE FABÁCEAS E RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NA FERTILIZAÇÃO DE PIMENTEIRA BIQUINHO.....	54
6.1 RESUMO.....	55
6.2 ABSTRACT.....	56
6.3 INTRODUÇÃO.....	57
6.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	58
6.4.1 Obtenção das matérias-primas e processamento da fitomassa vegetal.....	58
6.4.2 Confeção e caracterização dos compostos fermentados.....	58
6.4.3 Capacidade de fornecimento de N dos compostos fermentados.....	59
6.4.4 Eficiência agronômica na fertilização de pimenteira biquinho.....	60
6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
6.6 CONCLUSÕES.....	68
7. CAPÍTULO IV.....	69
COMPOSTOS FERMENTADOS ATIVADOS COM A MICROBIOTA INDÍGENA: INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO FITOTÉCNICO E NAS COMUNIDADES FÚNGICA E BACTERIANA ASSOCIADAS AO TOMATEIRO.....	69
7.1 RESUMO.....	70
7.2 ABSTRACT.....	71
7.3 INTRODUÇÃO.....	72
7.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	73
7.4.1 Extração de DNA e sequenciamento.....	75
7.4.2 Processamento e análise das sequências.....	75
7.4.3 Análise estatística.....	75
7.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
7.5.1 Características fitotécnicas do tomateiro.....	76
7.5.2 Caracterização das comunidades fúngica e bacteriana.....	78
7.6 CONCLUSÕES.....	84
8. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	84
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
10. ANEXOS.....	94

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os solos destinados à agricultura são constantemente fertilizados para a correção ou manutenção da fertilidade, visando atender as demandas das diferentes espécies de interesse econômico e proporcionar elevados patamares de produtividade. Com a modernização da agricultura, a partir de meados do século XX, foi possível elevar a produtividade das espécies cultivadas em decorrência da utilização, em escala, de fertilizantes sintéticos, que são facilmente encontrados nos canais de vendas agrícolas. Tais fertilizantes apresentam características relacionadas a alta solubilidade e elevada concentração de nutrientes, com destaque ao nitrogênio, fósforo e potássio.

Nos sistemas de manejo orgânico os fertilizantes de origem sintética são proibidos desde a promulgação da lei 10.831 de 23 de dezembro de 2003. Neste caso, a manutenção ou a recuperação da fertilidade do solo fundamenta-se na utilização de fertilizantes de origem natural, esterco, biofertilizantes e estratégias relacionadas a adubação verde, principalmente com o cultivo de fabáceas que possibilitam ampla ciclagem de nutrientes e, por meio de simbiose com bactérias, promovem o ingresso do nitrogênio gasoso. Outro veículo de fertilização utilizado condiz com a confecção de compostos orgânicos, cujas formulações possibilitam o reaproveitamento de resíduos agrícolas ou agroindustriais.

Dentre os compostos orgânicos, destaca-se o composto fermentado farelado que é amplamente utilizado para a fertilização de hortaliças. Este composto, originado de técnicas desenvolvidas no Japão, pode ser formulado com resíduos agrícolas ou agroindustriais disponíveis na região, colaborando com a redução de impactos ambientais, fortalecendo os conceitos da economia circular e promovendo a reciclagem de nutrientes. Ademais, no momento do preparo do composto, são utilizados inóculos microbianos que atuam no processo de fermentação. Esses inóculos também podem contribuir para a revitalização do solo e promover alterações no crescimento vegetal, fato que caracteriza o composto fermentado um bioinsumo.

Na literatura os trabalhos de pesquisa desenvolvidos com os compostos fermentados farelados são incipientes, principalmente no que concerne aos aspectos biológicos referentes a inserção de comunidades microbianas ou até mesmo da promoção dos microrganismos presentes no solo frente a adição de farelos ricos em nutrientes. Além disso, pouco se conhece acerca do microbioma associado às diferentes espécies de hortaliças em nível rizosférico, quando fertilizadas com esses compostos e cultivadas sob o manejo orgânico em áreas agrícolas consolidadas.

Partindo desse pressuposto, pesquisas voltadas à eficiência agronômica dos compostos fermentados no sistema de produção de hortaliças, à caracterização das comunidades microbianas advindas de diferentes fontes de inóculos e dos compostos derivados, assim como a caracterização do microbioma no ambiente rizosférico podem se tornar uma estratégia importante no que tange a melhoria das características químicas e biológicas das áreas agricultáveis. Diante do exposto, as hipóteses científicas deste trabalho de tese foram:

- A presença das fabáceas *Cajanus cajan* e *Tephrosia sinapou* consorciadas ao milho fertilizado com composto fermentado promove mudanças na comunidade microbiana associada a este cereal, sob o manejo orgânico;
- O cultivo diversificado de hortaliças em um sistema de produção orgânica fundamentado na fertilização vegetal, é agroeconomicamente viável;
- A comunidade bacteriana de hortaliças cultivadas em um sistema de produção orgânica fundamentado na fertilização vegetal, é distinta;
- Compostos fermentados formulados com farelos de folhas de *Cajanus cajan*, *Tephrosia sinapou* e *Flemingia macrophylla* são eficientes na fertilização da pimenteira biquinho cultivada em ambiente protegido;
- Compostos fermentados inoculados com populações microbianas obtidas a partir da colonização de iscas coletadas sob distintas coberturas vegetais influenciam a eficiência agrônômica da fertilização do tomateiro cultivado em ambiente protegido.

O trabalho de tese foi estruturado em quatro capítulos cujo objetivo geral foi avaliar a eficiência agrônômica da fertilização com compostos fermentados fundamentada no papel das comunidades microbianas e na nutrição de hortaliças submetidas ao manejo orgânico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Principais fertilizantes utilizados em sistemas de manejo orgânico

2.1.1 Fontes concentradas

A fertilização em sistemas de manejo orgânico é baseada em fontes permitidas pela legislação vigente (Sediyama *et al.*, 2014), sendo estas limitadas e com maior valor agregado quando comparadas aos fertilizantes sintéticos utilizados na agricultura dita convencional. Por isso, é de suma importância a reciclagem de nutrientes por meio de compostagens utilizando-se resíduos agrícolas ou agroindustriais, assim como a ciclagem de nutrientes nas áreas agrícolas adotando-se técnicas como a adubação verde (Cardoso *et al.*, 2014).

Atualmente, os principais fertilizantes fosfatados comerciais são o termofosfato que contém em média 17% de P_2O_5 solúvel e o fosfato de rocha reativo que apresenta 10% de solubilidade, ambos determinados em ácido cítrico. Além do fósforo, em menor magnitude, o termofosfato fornece cálcio, magnésio, boro, zinco, cobre, manganês e silício. As fontes de potássio são o sulfato de potássio que contém 48% de K_2O solúvel em água, fornecendo também expressivas quantidades de enxofre. Recentemente surgiram no mercado novas fontes deste nutriente originárias de rochas, carecendo de estudos científicos para recomendações.

As fontes mais abundantes de cálcio são o calcário, expressivamente utilizado para a correção de acidez do solo, fornecendo também o magnésio quando da utilização do calcário dolomítico e o sulfato de cálcio, popularmente conhecido como gesso agrícola, atuando no fornecendo de cálcio em profundidade devido a maior solubilidade. O gesso também fornece grandes quantidades de enxofre. Outra fonte abundante de cálcio, de fácil acesso e muito utilizada pelos agricultores é a farinha de osso, que além desse elemento contém teores significativos de fósforo.

2.2 Fontes orgânicas multielementares

2.2.1 Farelo de mamona

O farelo de mamona é um resíduo obtido após a extração do óleo das sementes da oleaginosa *Ricinus communis*, espécie amplamente cultivada no Brasil. O farelo contém elevados teores proteicos, mas devido à presença de uma proteína tóxica, a ricina, e a presença de um complexo alergênico denominado CB-1A, sua utilização em dietas de animais fica restrita ao processo prévio de destoxificação (Araújo *et al.*, 2018). Por esse motivo, a sua utilização como fertilizante orgânico tornou-se amplamente recomendada na agricultura.

O farelo de mamona contém em média 5% de nitrogênio em sua constituição, sendo considerado a fonte permitida para uso na agricultura orgânica, em escala, com os maiores teores de nitrogênio e que tem proporcionado resultados satisfatórios quanto ao desempenho de diferentes culturas (Kirinus *et al.*, 2018; Mello *et al.*, 2018). Simultaneamente, este fertilizante fornece expressivas quantidades de P, K, Ca e Mg. Além disso, este insumo apresenta ação nematicida, promovendo a mortalidade de fitonematoides que causam grandes prejuízos aos agricultores (Izidoro Júnior *et al.*, 2021).

No entanto, apesar de o farelo de mamona ser uma fonte com crescentes recomendações na agricultura e que apresenta elevada eficiência agrônômica, a manipulação humana com frequência pode ocasionar sintomas alérgicos (Pina *et al.*, 2005), desde erupções cutâneas, espirros, irritações nos olhos e sonolência. Tais sintomas merecem atenção no que tange à saúde

humana, carecendo estudos e possível recomendação de equipamentos de proteção individual, visando a atenuação dos sintomas alérgicos.

Outro fator intrínseco relacionado a aquisição deste fertilizante orgânico condiz com o custo, principalmente quando adquirido em baixa escala por meio de sacas. Por se tratar de um resíduo, o valor da saca de 50kg inicialmente apresentava baixo custo, mas com o aumento da demanda como fertilizante, observou-se grandes oscilações no preço do produto que chegou a custar 80 reais em 2017 (Xavier *et al.*, 2019) e, durante a pandemia de COVID 19, na Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro, atingiu-se o valor de 90 reais a saca de 50kg.

2.2.2 Estercos derivados da avicultura e bovinocultura

Os principais esterco utilizados são o de aves e o bovino, cujos teores de nutrientes apresentam grande oscilação na composição a depender da alimentação dos animais. De maneira geral, os teores de N, P, K, Ca e Mg no esterco de aves situam-se, respectivamente, na faixa de 32,3; 6,1; 0,3; 5,0 e 0,9 g kg⁻¹, ao passo que, no esterco bovino os teores dos respectivos nutrientes estão situados na faixa de 32,2; 2,2; 1,0; 2,7 e 1,2 g kg⁻¹ (Pelá *et al.*, 2017). Além do fornecimento de nutrientes, essas fontes contribuem com expressivas quantidades de matéria orgânica que atuam diretamente no condicionamento do solo.

Apesar dos benefícios, a utilização de esterco pode ser limitada, em virtude da disponibilidade em determinadas regiões e também da influência direta dos custos relacionados ao transporte quando à aquisição do insumo é realizada em locais distantes. Além disso, para uso na agricultura orgânica, os esterco necessitam de prévia compostagem, sendo vetada a utilização direta (Brasil, 2021), fato que encarece o insumo devido a demanda de força de trabalho para a realização do processo. Simultaneamente, podem ocorrer perdas de nitrogênio por volatilização de amônia durante a compostagem.

Outro aspecto que pode limitar a utilização dos esterco, principalmente o de aves, condiz com a contaminação do solo com metais pesados, a depender da alimentação das aves e do local de aquisição, principalmente se o processo de compostagem não for empregado (Souza *et al.*, 2019). As concentrações de metais pesados em hortaliças fertilizadas com adubos orgânicos, com destaque a cama de frango, podem ser altamente relevantes, assim como descrito por Sousa *et al.* (2020), cujos autores relataram para a cultura do tomateiro alta contaminação com chumbo em aproximadamente 80% das amostras de frutos, fato que representa perigo a saúde humana.

Corroborando com esses resultados, Ferreira *et al.* (2021) ressaltaram que o incremento de matéria orgânica nos solos, principalmente pela fertilização com a cama de frango, foi capaz de aumentar a disponibilidade do Mn nos solos da Região Metropolitana de Belém. Outros resultados de pesquisa também indicam que fatores associados ao manejo em áreas declivosas e adubações intensivas com fertilizantes minerais e cama de frango contribuem para biodisponibilidade de Cd e Pb no solo, visto que, a maioria dos teores desses elementos que foram encontrados nas folhas de couve superam os valores máximos estabelecidos pelo órgão regulador brasileiro (Gonçalves *et al.*, 2022).

2.2.3 Adubação verde

A adubação verde é uma técnica multifuncional que contribui diretamente para a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo e, quando o manejo precede o cultivo de culturas de interesse econômico, proporciona aumento de produtividades de diferentes espécies (Oliveira *et al.*, 2015; Cordeiro *et al.*, 2018; Goulart *et al.*, 2021). As espécies mais utilizadas são as fabáceas em virtude da associação mutualística formada com as bactérias fixadoras de nitrogênio (Mercante *et al.*, 2014), que contribuem para o ingresso deste nutriente no sistema. A depender da espécie cultivada a fixação biológica pode contribuir com 85% do nitrogênio do total contido na planta (Sant'anna *et al.*, 2018).

Além dos benefícios gerados com a fixação biológica de nitrogênio, as fabáceas contribuem com a ciclagem dos demais nutrientes essenciais ao crescimento vegetal. Espécie como o feijão-de-porco apresenta potencial de ciclagem de cálcio quando comparada a outros adubos verdes (Padovan *et al.*, 2011; Brito *et al.*, 2017; Pereira *et al.*, 2017; Goulart *et al.*, 2021). Após a mineralização, também ocorrem aumentos dos estoques de fósforo e potássio no solo, aumentando a fertilidade e fornecendo carbono aos agroecossistemas (Leite *et al.*, 2022).

As fabáceas herbáceas são as mais utilizadas, principalmente por apresentarem crescimento acelerado, alta produção de fitomassa e maior taxa de cobertura do solo por intervalo de tempo (Guerra *et al.*, 2014). Outros pontos que refletem à expressiva utilização das espécies herbáceas estão relacionados a maior disponibilidade de sementes nos meios de comercialização, conhecimento científico associado a divulgação dos seus benefícios e maior número de espécies que se adequam as unidades de produção, principalmente no que tange a inserção em sistemas consorciados com as culturas de interesse econômico.

Quanto as fabáceas arbustivas, com exceção do feijão-guandu (*Cajanus cajan*) que é muito conhecido por ser utilizado na alimentação humana e animal, as demais são difundidas em menor magnitude, destacando-se às tefrócias (*Tephrosia sinapou* e *Tephrosia vogelli*) (Gonçalves Júnior *et al.*, 2012), a flemingia (*Flemingia macrophylla*) e a *Crotalaria grahamiana*. Este grupo apresenta algumas características peculiares, destacando-se a perenidade no caso da flemingia e a semiperenidade nas demais, fato que favorece o manejo de podas e o aproveitamento da fitomassa por longos períodos de tempo.

Os resíduos obtidos por meio das podas podem ser utilizados diretamente no solo ou serem destinados a produção de fertilizantes, com destaque ao composto fermentado tipo bokashi. Goulart (2020) demonstrou que o farelo de mamona pode ser integralmente substituído pelos farelos das fitomassas das fabáceas guandu, tefrócia e leucena, proporcionando compostos de alta qualidade e contribuindo com a menor dependência de insumos externos, haja vista que, a fitomassa das fabáceas pode ser produzida localmente e transformada em fertilizante orgânico.

2.2.4 Compostos fermentados tipo bokashi

O composto fermentado tipo bokashi é um fertilizante amplamente utilizado para a fertilização de hortaliças, principalmente em sistemas de base ecológica. Esse composto contribui com o fornecimento de macro e micronutrientes em proporções equilibradas e microrganismos que são adicionados no momento do preparo do composto, por meio de diferentes fontes de inóculos. No Brasil, a sua utilização iniciou-se no final da década de 80 por meio da disseminação da técnica por imigrantes japoneses (Siqueira; Siqueira, 2013). Atualmente existem diversas formulações estipuladas empiricamente pelos agricultores que preconizam a utilização de insumos disponíveis na região.

Os benefícios da utilização do composto fermentado quando comparado aos demais fertilizantes orgânicos estão relacionados a revitalização do solo, por meio da microbiota

adicionada no momento da fertilização (Siqueira; Siqueira, 2013). Durante o processo fermentativo os microrganismos apresentam um papel fundamental na redução do pH do meio, principalmente pela alta produção de ácido lático que confere cheiro agradável, semelhante ao exalado durante o processo de panificação (Pian, 2019). No solo, principalmente em áreas potencialmente degradadas, a reposição constante de microrganismos associada à matéria orgânica pode contribuir com o aumento de produtividade das culturas.

Para a confecção do composto, recomenda-se a utilização de insumos facilmente encontrados na região. Dentre os insumos, destacam-se os farelos de trigo, de arroz, de mamona, o bagaço de malte, a casca de café e o farelo de bagaço de cana-de-açúcar (Oliveira *et al.*, 2014; Pian, 2019; Goulart, 2020). Outro insumo rico em N que pode ser utilizado nas formulações de compostos fermentados é o farelo da fitomassa de fabáceas (Goulart, 2020). Neste caso, a fitomassa pode ser produzida localmente, especificamente nas dependências da propriedade agrícola, fato que pode contribuir para a redução de custos quanto à aquisição de insumos, principalmente as fontes nitrogenadas.

Quanto às fontes de inóculo utilizadas na inoculação dos compostos, estas podem ser oriundas de produtos comerciais que geralmente contém *Lactobacillus plantarum* e *Saccharomyces cerevisiae*. Além do produto comercial, resultados de pesquisa mencionam o kefir (Oliveira *et al.*, 2014) e, de modo empírico, os microrganismos podem ser coletados sob a serrapilheira de espécies permanentes, tais como de bambuzal e mata nativa. Para a coleta em condições de campo, recomenda-se a instalação de iscas contendo arroz cozido em água, sem temperos, por um período máximo de 15 dias (Siqueira; Siqueira, 2013).

3. Microrganismos e produção agrícola

O solo é um ambiente repleto de microrganismos que desempenham funções distintas no meio ambiente. No que se refere aos sistemas agrícolas, principalmente em sistemas desequilibrados, parte desses microrganismos podem ocasionar doenças e comprometer o desempenho produtivo das culturas de interesse econômico. Por outro lado, em sistemas equilibrados, pode ocorrer a predominância de microrganismos que produzem substâncias orgânicas úteis às plantas (Andrade, 2021). Os microrganismos atuam de diversas formas proporcionando condições favoráveis a maior absorção de nutrientes (Rashid *et al.*, 2016), solubilização de fosfatos, expansão do sistema radicular, fixação biológica de nitrogênio (Pereira *et al.*, 2013), além de atuarem como antagonistas aos fitopatógenos.

Durante muitos anos os conceitos relacionados a produtividade das espécies cultivadas estiveram associados aos aspectos químicos inerentes à adição contínua de fertilizantes, em sua maioria de origem sintética, que disponibilizavam os nutrientes acentuadamente e proporcionavam altos rendimentos as lavouras (Campagnolla; Macêdo, 2022). No entanto, com o passar do tempo, ocorreram grandes perdas de solo devido ao manejo adotado que em sua maioria não priorizava a adição de matéria orgânica nos sistemas e adicionalmente contava com revolvimento contínuo do solo, expondo-o aos processos erosivos (Singh; Benbi, 2016).

Atualmente, independentemente do sistema de cultivo, as discussões acerca do manejo das áreas agrícolas estão associadas ao constante fornecimento de matéria orgânica ao solo, por meio de insumos advindos de processos de compostagem, esterco, adubação verde seguida de corte e incorporação da fitomassa. Além disso, as plantas de cobertura de solo são amplamente utilizadas com vistas a adoção do sistema de plantio direto. Em adendo, houve uma grande expansão quanto a utilização de bioinsumos (Souza *et al.*, 2022), com destaque aos microrganismos solubilizadores de fosfato, fixadores de nitrogênio e hiperparasitas.

Outro conceito importante está relacionado ao microbioma vegetal, que difere entre espécies e pode ser influenciado pelo manejo do solo (Correa-galeote *et al.*, 2018). Atualmente,

diversos estudos têm abordado a importância das comunidades microbianas no aumento de produtividade das espécies cultivadas. Os diferentes tipos de solo exercem influência nas comunidades microbianas em virtude das suas características intrínsecas relacionadas ao material de origem. Mesmo em áreas consolidadas, utilizando-se a mesma espécie vegetal em diferentes tipos de solo, podem ser detectados filos predominantes. No entanto, a composição da comunidade microbiana pode ser distinta (Schreiter *et al.*, 2014), indicando a influência do solo.

O manejo da fertilização promove modificações nas comunidades microbianas. Tais modificações foram relatadas em diferentes tipos de solo, observando-se alterações nos grupos funcionais no microbioma do solo (Zhao *et al.*, 2020). Na presença de fertilizantes químicos pode ocorrer menor diversidade fúngica e bacteriana, ao passo que, a adição de fertilizantes orgânicos ou bioativados promove impactos semelhantes na composição da comunidade bacteriana e ocasionam menores perturbações na composição da comunidade fúngica quando comparados aos fertilizantes químicos (Cai *et al.*, 2017).

A consorciação de culturas também influencia as comunidades microbianas, cujas diferentes espécies podem proporcionar modificações no microbioma local. Em sistemas consorciados de leguminosas e cereais ocorre um aumento da diversidade da comunidade bacteriana do solo, resultando em aumentos na absorção de nutrientes pelas culturas e melhor gestão dos nutrientes do solo (Fu *et al.*, 2018). Os sistemas consorciados de leguminosas e cereais também modificam o microbioma fúngico, proporcionando maior diversidade e riqueza de espécies quando comparado aos respectivos monocultivos (Mwakilili *et al.*, 2021). Estudos realizados por Zhang *et al.* (2021) também ressaltaram que os sistemas consorciados modificam as comunidades microbianas do solo e da rizosfera.

4. CAPÍTULO I

CARACTERIZAÇÃO DO MICROBIOMA ASSOCIADO AO MILHO E AS FABÁCEAS ARBUSTIVAS GUANDU E TEFRÓSIA CULTIVADOS EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

4.1 RESUMO

A inserção de fabáceas adubos verdes em sistemas de cultivo de milho proporciona diversos benefícios, principalmente os relacionados a gestão de fitomassa rica em nitrogênio que possibilita a redução dos custos de aquisição deste macronutriente na fertilização da cultura subsequente. Apesar dos benefícios consolidados na literatura, ainda existe uma grande lacuna referente ao conhecimento científico no que tange a caracterização da comunidade microbiana predominante das diferentes espécies consortes, visando a elucidação da contribuição dos adubos verdes frente a cultura de interesse econômico. A partir disso, objetivou-se caracterizar a comunidade bacteriana do solo rizosférico associada ao milho e às fabáceas arbustivas *Cajanus cajan* e *Tephrosia sinapou* cultivados em consórcios. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com onze tratamentos e três repetições. Deste modo, para a avaliação da comunidade bacteriana, os tratamentos avaliados foram: rizosfera de guandu em monocultivo, rizosfera de tefrósia em monocultivo, rizosfera de milho em monocultivo, rizosfera de guandu cultivado na linha de semeadura do milho, rizosfera do milho consorciado ao guandu na mesma linha, rizosfera da tefrósia cultivada na linha de semeadura do milho, rizosfera do milho consorciado à tefrósia na mesma linha, rizosfera de guandu cultivado na entrelinha do milho, rizosfera do milho consorciado ao guandu na entrelinha, rizosfera da tefrósia cultivada na entrelinha do milho, rizosfera do milho consorciado à tefrósia na entrelinha. Após a formação das espigas de milho, no estágio R3, foram coletadas amostras de terra nos diferentes ambientes rizosféricos para a extração de DNA e realização do sequenciamento em larga escala das diferentes espécies, cujas amostras foram mantidas em um superfreezer (-80 °C). Constatou-se que as fabáceas guandu e tefrósia, independentemente se cultivadas na linha ou na entrelinha do milho, não promovem alterações na comunidade bacteriana associada ao cereal. Os *phyla* mais abundantes na área experimental são *Actinobacteriota*, *Proteobacteria* e *Acidobacteriota* correspondendo a 68,6% das ASVs do total. As características edafoclimáticas se sobrepõem as coberturas vegetais no que se refere a abundância relativa dos *phyla*, exceto *Proteobacteria*, *Acidobacteriota* e *Bacteroidota*. Os taxa *Bacillus*, *SC-I-84* e *Comamonadaceae* estão presentes no milho, com baixa expressão nos adubos verdes cultivados na mesma linha de semeadura, indicando a influência da cobertura vegetal nessa comunidade bacteriana.

Palavras-chave: microbioma vegetal, agricultura orgânica, adubação verde

4.2 ABSTRACT

The insertion of green manures in corn cultivation systems provides several benefits, mainly those related to the management of nitrogen-rich phytomass, which makes it possible to reduce the costs of acquiring this macronutrient in the fertilization of the subsequent crop. Despite the benefits consolidated in the literature, there is still a large gap regarding scientific knowledge regarding the characterization of the predominant microbial community of the different consort species, aiming to elucidate the contribution of green manures to crops of economic interest. From this, the objective was to characterize the bacterial community of the rhizospheric soil associated with corn and the fabaceous shrubs *Cajanus cajan* and *Tephrosia sinapou* cultivated in intercrops. The experimental design was in randomized blocks with eleven treatments and three replications. Thus, to evaluate the bacterial community, the treatments evaluated were: pigeon pea rhizosphere in monoculture, tephrosia rhizosphere in monoculture, corn rhizosphere in monoculture, pigeon pea rhizosphere cultivated in the corn sowing line, corn rhizosphere intercropped with pigeon pea in same row, rhizosphere of tephrosia cultivated in the corn sowing line, rhizosphere of corn intercropped with tephrosia in the same row, rhizosphere of pigeon pea cultivated between the rows of corn, rhizosphere of corn intercropped with pigeon pea in between the rows, rhizosphere of tephrosia cultivated between the rows of corn, corn rhizosphere intercropped with tephrosia between the rows. After the formation of corn cobs, at the R3 stage, soil samples were collected in the different rhizospheric environments to extract DNA and carry out large-scale sequencing of the different species, the samples of which were kept in a superfreezer (-80 °C). It was found that the fabaceous pigeon pea and tephrosia, regardless of whether they are grown in the corn row or between the row, do not promote changes in the bacterial community associated with the cereal. The most abundant phyla in the experimental area are *Actinobacteriota*, *Proteobacteria* and *Acidobacteriota*, corresponding to 68.6% of the total ASVs. Edaphoclimatic characteristics overlap with vegetation cover in terms of relative abundance of *phyla*, except *Proteobacteria*, *Acidobacteriota* and *Bacteroidota*. The taxa *Bacillus*, *SC-I-84* and *Comamonadaceae* are present in corn, with low expression in green manures grown in the same sowing line, indicating the influence of vegetation cover on this bacterial community.

Keywords: plant microbiome, organic agriculture, green manure

4.3 INTRODUÇÃO

A inserção de fabáceas adubos verdes em sistemas de cultivo de milho proporciona diversos benefícios, com destaque aos relacionados ao fornecimento de fitomassa ao solo, rica em nitrogênio, que possibilita a redução dos custos de aquisição deste macronutriente essencial na cultura subsequente (Chieza *et al.*, 2017). Além disso, a adubação verde protege o solo de processos erosivos, auxilia no controle de plantas espontâneas, proporciona ampla ciclagem de nutrientes, cujo manejo constante desta técnica contribui para o aumento do teor de matéria orgânica do solo (Cardoso *et al.*, 2014). A consorciação com o milho possibilita a obtenção de renda e, simultaneamente, a produção fitomassa das diferentes espécies, que após a mineralização contribui para o aumento de produtividade das culturas cultivadas em sucessão (Oliveira *et al.*, 2015; Batista *et al.*, 2016; Cordeiro *et al.*, 2018; Goulart *et al.*, 2021).

Outro aspecto positivo relacionado ao manejo de solos por meio de fertilizações com adubos verdes diz respeito ao estabelecimento de microrganismos benéficos nos sistemas de cultivo (Yang *et al.*, 2021). As espécies utilizadas apresentam características distintas entre si e também em relação a vegetação de ocorrência espontânea, cujos cultivos podem propiciar modificações nas comunidades microbianas. Esses aspectos foram descritos por Longa *et al.* (2017), cujos autores relataram que o cultivo de adubos verdes promoveu alterações no microbioma do solo, proporcionando maior riqueza e mudanças significativas nas comunidades encontradas, as quais bactérias e fungos responderam de forma semelhante à aplicação das espécies vegetais destinadas a essa finalidade.

Ademais, em sistemas consorciados com culturas de interesse econômico, este manejo pode aumentar a atividade enzimática e reduzir a abundância relativa de patógenos, além de favorecer o estabelecimento de microrganismos promotores de crescimento vegetal e proporcionar maiores rendimentos em comparação ao cultivo exclusivo da cultura principal (Ablimit *et al.*, 2022). A adoção deste manejo também propicia o aumento de vários gêneros microbianos conhecidos por fixarem nitrogênio e solubilizarem fosfato, os quais destacam-se o *Bradyrhizobium*, *Serratia spp.* e *Bacillus spp.* (Yuan *et al.*, 2023). Na literatura existem poucos trabalhos que abordam a composição das comunidades microbianas associadas a fabáceas adubos verdes, com menor destaque para as espécies arbustivas que também apresentam alta aptidão para tal finalidade. Essas espécies podem ser cultivadas na entrelinha do milho ou na mesma linha de semeadura, pois toleram o sombreamento parcial.

Diante do exposto, salienta-se a relevância de estudos voltados a caracterização das comunidades microbianas de diferentes espécies adubos verdes, cujo conhecimento científico pode se tornar uma estratégia importante na tomada de decisão quanto a recomendação de espécies consortes ou visando a cultura cultivada em sucessão. Esse conhecimento é de suma importância e associado a fertilização e ao manejo agroecológico das áreas agrícolas pode contribuir para uma agricultura durável. Posto isto, objetivou-se caracterizar a comunidade bacteriana do solo rizosférico associada ao milho e às fabáceas arbustivas *Cajanus cajan* e *Tephrosia sinapou* cultivados em consórcios.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazendinha Agroecológica Km 47, localizada em Seropédica, Baixada Fluminense-RJ. A área experimental possui histórico de constantes fertilizações por meio de adubação verde com fabáceas herbáceas em monocultivo ou consorciadas ao milho. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo e se encontrava em pousio após o cultivo de variedades de feijoeiro comum para produção de grãos. Anteriormente à instalação do experimento, foram coletadas amostras de terra da área experimental na camada de 0-20 cm de profundidade que posteriormente foram encaminhadas ao laboratório de química agrícola da Embrapa Agrobiologia para a realização da análise de fertilidade, conforme metodologia descrita por Nogueira e Souza (2005). Os resultados analíticos revelaram: pH = 6,4; $Al^{+++} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Ca^{++} = 3,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg^{++} = 1,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $K^+ = 90,14 \text{ mg dm}^{-3}$ e P disponível = $88,25 \text{ mg dm}^{-3}$.

O solo foi inicialmente manejado com trator agrícola, adotando-se aração no ponto friável e uma gradagem. Após esse manejo inicial procedeu-se a abertura dos sulcos de plantio e adubação com o composto fermentado, na dose equivalente a $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ (correspondente ao fornecimento de 100 kg de N total contido no composto ha^{-1}), parcelado em duas aplicações, 50 kg ha^{-1} no plantio e 50 kg ha^{-1} em cobertura, aos 30 dias após a semeadura. O composto fermentado foi preparado por meio da mistura de 40% de folíolos de leucena e 60% de farelo de trigo, considerando o percentual de matéria seca, corrigido em estufa de circulação de ar forçada em temperatura de 65°C .

Após a pesagem, os folíolos e o farelo de trigo foram misturados e inoculados com uma solução do produto comercial Embiotic que contém *Lactobacillus plantarum* 10^4 UFC/ml e *Saccharomyces cerevisiae* 10^3 UFC/ml. Anteriormente à inoculação realizou-se a ativação e a diluição da solução inoculante. Para o preparo da solução ativada foram utilizados 50 mL do Embiotic, 50g de açúcar mascavo e 400 mL de água, mantidos em garrafa plástica por um período de sete dias. A solução final foi diluída em água na concentração de 1% (v/v) no momento do preparo do composto. A solução foi adicionada às misturas para se alcançar teores de umidade na faixa de 35 a 40%, verificada por meio de compressão manual de uma porção da mistura até a obtenção de um torrão estável, sem esfarelamento ou escorrimento de líquido. Logo após, a mistura foi compactada e acondicionada em recipiente hermético por um período mínimo de 21 dias.

O experimento foi implantado no final do mês de setembro de 2018, a partir da semeadura simultânea do milho (variedade BRS Caatingueiro) de ciclo superprecoce e das fabáceas arbustivas, guandu variedade BRS Mandarin e tefrósia (*Tephrosia sinapou*) em diferentes arranjos espaciais. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com onze tratamentos e três repetições. Deste modo, para a avaliação da comunidade bacteriana os tratamentos avaliados foram: rizosfera de guandu em monocultivo, rizosfera de tefrósia em monocultivo, rizosfera de milho em monocultivo, rizosfera de guandu cultivado na linha de semeadura do milho, rizosfera do milho consorciado ao guandu na mesma linha, rizosfera da tefrósia cultivada na linha de semeadura do milho, rizosfera do milho consorciado à tefrósia na mesma linha, rizosfera de guandu cultivado na entrelinha do milho, rizosfera do milho consorciado ao guandu na entrelinha, rizosfera da tefrósia cultivada na entrelinha do milho, rizosfera do milho consorciado à tefrósia na entrelinha.

A variedade de milho e as fabáceas foram semeadas no espaçamento de 0,8 metros entrelinhas e 0,20 m entre plantas, independentemente do arranjo espacial, perfazendo uma população de 62,500 plantas ha⁻¹ após o desbaste. Após a formação das espigas de milho, no estádio R3, foram coletadas amostras de terra nos ambientes rizosféricos para a extração de DNA e realização do sequenciamento em larga escala das diferentes espécies, cujas amostras foram mantidas em um superfreezer (-80 °C). As plantas foram cuidadosamente retiradas do solo com auxílio de pá reta, e o excesso de terra foi removido por meio do esfrelamento do torrão após a agitação contínua da planta. Ao final do processo de agitação, os fragmentos de terra aderidos às raízes foram removidos para a formação de amostras.

O DNA foi extraído a partir de 0,25g do solo rizosférico de milho e de adubos verdes (*Tephrosia sinapou* e *Cajanus cajan*) solteiros ou em consórcios com o adubo verde consorciado na linha ou na entrelinha com o kit DNeasy PowerSoil Pro (Qiagen) e teve sua integridade avaliada por eletroforese em gel de agarose (1%) no equipamento Nanodrop (Thermo Fisher Scientific). O gene RNAr 16S de procariotos foram sequenciados com a tecnologia Illumina, seguindo as recomendações de Caporaso et al. (2012). A região V4 do gene RNAr 16S foi amplificada com os primers 515F (5'-GTGYCAGCMGCCGCGGTAA-3-) e 806R (5'-GGACTACNVGGGTWTCTAAT-3') O sequenciamento foi realizado pela NGS Soluções Genômicas, Piracicaba, SP.

Os reads de 16S rRNA recebidos da NGS soluções foram processados em RStudio (www.rstudio.com) usando o pacote DADA2 (Callahan *et al.*, 2016). Esse pacote realiza avaliação de qualidade, filtragem e 'poda' dos reads, estimação de erros, inferência das amostras (sequências) e montagem de variantes de sequências amplificadas (ASVs). Os ASVs foram anotados taxonomicamente usando IDTAXA e banco de dados SILVA_SSU_r138_2019 (<https://www.arb-silva.de/>) no pacote DECIPHER (Wright *et al.*, 2016). Análises de diversidade alpha e beta foram realizadas usando o pacote Phyloseq (McMurdie; Holmes, 2013). Usou-se os dados normalizados usando 'total sum scaling' (TSS). Beta-diversidade foi analisada usando escalonamento dimensional não-métrico (NMDS) e a significância de separação de grupos foi avaliada mediante PERMANOVA (Adonis, pacote Vegan). O heatmap foi criado usando o pacote Pheatmap (Kolde; Kolde 2015). Os gráficos foram plotados com o pacote ggplot2 (Wickham, 2016).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras da rizosfera de tefrósia e guandu cultivados, respectivamente, na entrelinha (EL) e em monocultivo (MC), estão distribuídas à esquerda do eixo x da análise de NMDS, que explica a maior parte da distribuição dos tratamentos (Figura 1). Já as demais amostras, rizosferas de milho e rizosferas de tefrósia e guandu coletadas na linha (L) do milho, encontram-se agrupadas à direita do eixo x. Observa-se que as amostras da rizosfera de milho associado ao guandu cultivado na entrelinha, assim como, a rizosfera de milho na linha estão mais à direita em relação as mesmas amostras com tefrósia. Ressalta-se a diferença das amostras das rizosferas de guandu cultivado na linha com a de guandu na entrelinha, e a semelhança da primeira com as rizosferas de milho associado ao guandu, sugerindo a influência da comunidade da rizosfera de milho sobre a do guandu na linha. A tefrósia também apresenta um comportamento similar. Já as amostras em monocultivo estão localizadas na parte inferior do eixo y. As alterações observadas podem ser em função da espécie vegetal ou então da aplicação do composto fermentado nas linhas de semeadura do milho.

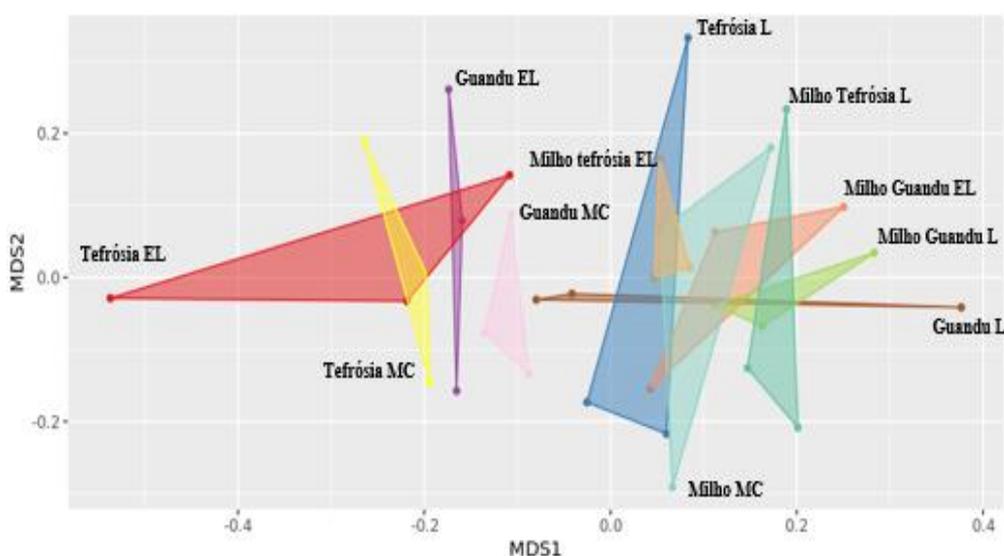


Figura 1. Beta diversidade da comunidade bacteriana associada ao solo rizosférico do milho e das fabáceas guandu e tefrósia cultivados em monocultivos, consorciados na linha e consorciados na entrelinha. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.

A composição da comunidade bacteriana foi distinta, observando-se alguns gradientes representados pelos principais *phyla* (Figura 2). Os *phyla* *Actinobacteriota* e *Proteobacteria* corresponderam a 51,92% da abundância relativa presente no solo rizosférico das fabáceas e do milho, seguidos pelo filo *Acidobacteriota* com 16,63% e *Firmicutes* que totalizou 8,7%. Além disso, em menor magnitude, o filo *Verrucomicrobiota* correspondeu a 5,37%, *Chloroflexi* a 3,94%, *Myxococcota* a 3,84%, *Bacteroidota* a 2,76%, *Gemmatimonadota* a 2,56%, *Planctomycetota* a 1,57% e *Nitrospirota* a 1,52%. Ressalta-se que também foram identificadas bactérias que permaneceram sem classificação taxonômica, compondo uma abundância relativa menor que 1,5%.

Na presença do milho em monocultivo ou consorciado na mesma linha, independentemente da fabácea, observou-se maior abundância relativa dos *phyla* *Proteobacteria* e *Bacteroidota*. De maneira oposta, houve uma redução da abundância relativa desses *phyla* na rizosfera do guandu e da tefrósia quando cultivados em monocultivo ou consorciados na entrelinha de cultivo do milho. Quanto ao filo *Acidobacteriota*, as maiores abundâncias relativas foram encontradas na rizosfera do guandu e da tefrósia quando cultivados em monocultivo e na rizosfera do guandu consorciado ao milho na entrelinha. Para os demais *phyla* os resultados foram semelhantes, demonstrando que as características edafoclimáticas se sobrepõem as coberturas vegetais no que se refere a abundância relativa dos *phyla*.

Tais resultados evidenciam que as fabáceas guandu e tefrósia consorciadas na linha ou na entrelinha de cultivo, em nível de filo, não alteram a comunidade microbiana do milho. Assim como descrito neste estudo para a comunidade microbiana, Sanz *et al.* (2022) constatou que há uma predominância dos *phyla* *Proteobacteria*, *Bacteroidota* e *Actinobacteriota* nos grãos, nas folhas do cereal e no solo, independentemente do fertilizante utilizado, mineral, esterco de suíno sólido ou líquido. Ademais, os autores relataram que os fertilizantes utilizados pouco contribuíram para o microbioma dos solos, que apresentavam grande predomínio do filo *Firmicutes* e baixa abundância do filo *Proteobacteria*.

Resultados similares para esses filios também foram relatados por Latif *et al.* (2022), cujos autores destacaram maior abundância relativa dos *phyla* *Proteobacteria* e *Actinobacteriota* na rizosfera do milho e do trigo. Mesmo em diferentes estádios fenológicos a presença de membros do filo *Proteobacteria* é expressiva em solos cultivados com milho, assim como *Acidobacteriota*, *Actinobacteriota*, *Bacteroidota* e *Chloroflexi* (Ibrahim, *et al.*, 2023).

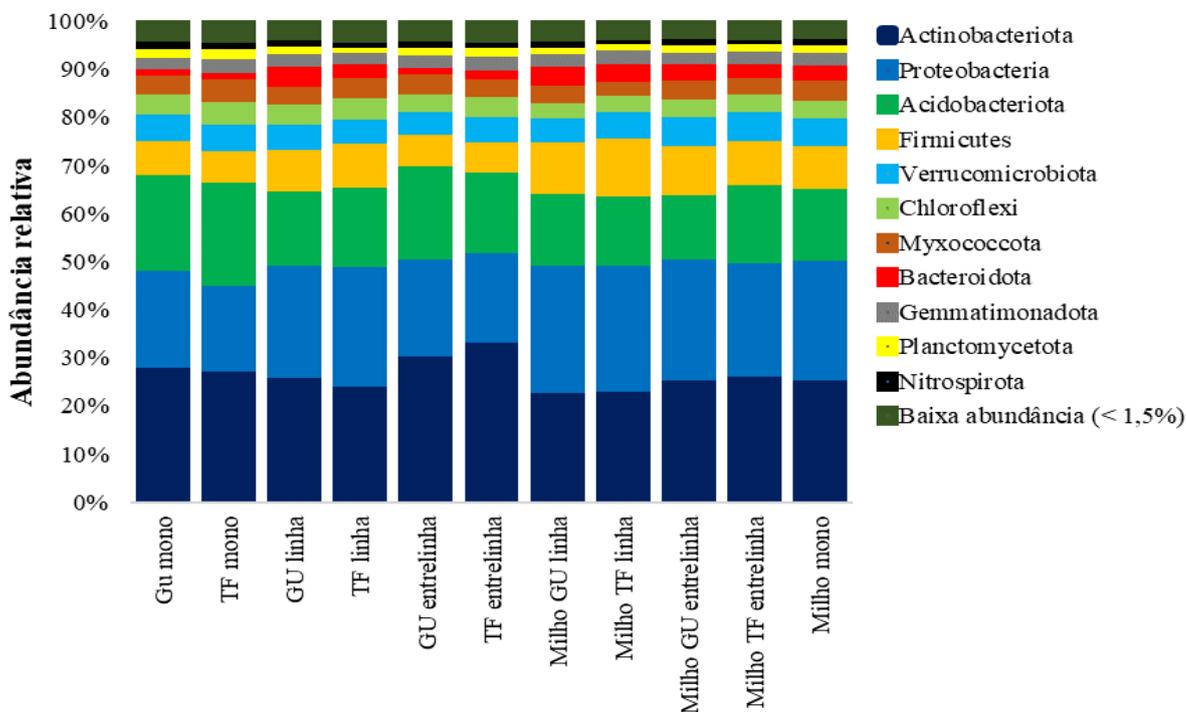


Figura 2. Abundância relativa em nível de filo da comunidade bacteriana associada ao solo rizosférico do milho e das fabáceas guandu e tefrósia cultivados em monocultivos, consorciados na linha e consorciados na entrelinha. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.

O mapa de calor da abundância de espécies foi realizado a partir de 41 grupos taxonômicos mais abundantes agrupados no eixo horizontal em relação aos 11 tratamentos agrupadas no eixo vertical (Figura 3). Os grupos *Bacillus*, *SC-I-84*, *Comamonadaceae*, *Micrococcaceae*, *Microvirga*, *Chitinophagaceae*, *Intrasporangiaceae*, *RCP2-54*, *Xanthomonadaceae*, *Vicinamibacteraceae* e *MB-A2-108* apresentaram diferença significativa em relação aos tratamentos. Esses grupos representam 79.393 das ASVs. Os três primeiros taxa não correspondem ao padrão observado na análise MDS, pois eles estão presentes apenas no milho e aparecem com baixa expressão nos adubos verdes cultivados na linha, indicando a influência da cobertura vegetal na comunidade bacteriana.

A abundância relativa em nível de taxa, na rizosfera do milho, diferiu significativamente da rizosfera das fabáceas para o gênero *Bacillus*, *SC-I-84*, a família *Comamonadaceae* e *Microvirga*, independentemente do arranjo de cultivo. Desta maneira, para os taxa mencionados, não houve alterações na comunidade microbiana do milho com a inserção das fabáceas no sistema de cultivo. Tem-se o gênero *Bacillus* com ampla expressão na rizosfera de milho podendo representar mais de um terço dos microrganismos identificados (Qaisrani *et al.*, 2019).

Para a família *Chitinophagaceae*, observou-se que houve um aumento dos membros dessa família na rizosfera do guandu e da tefrósia quando consorciados na mesma linha de cultivo do milho em comparação aos respectivos monocultivos e consórcios na entrelinha do milho. Esse aumento possivelmente foi influenciado pela presença do milho no sistema. Quanto à *MB-A2-108*, observou-se que os monocultivos das fabáceas e os consórcios na entrelinha sobressaíram-se aos respectivos cultivos na linha, que provavelmente foram influenciados pela rizosfera do milho.

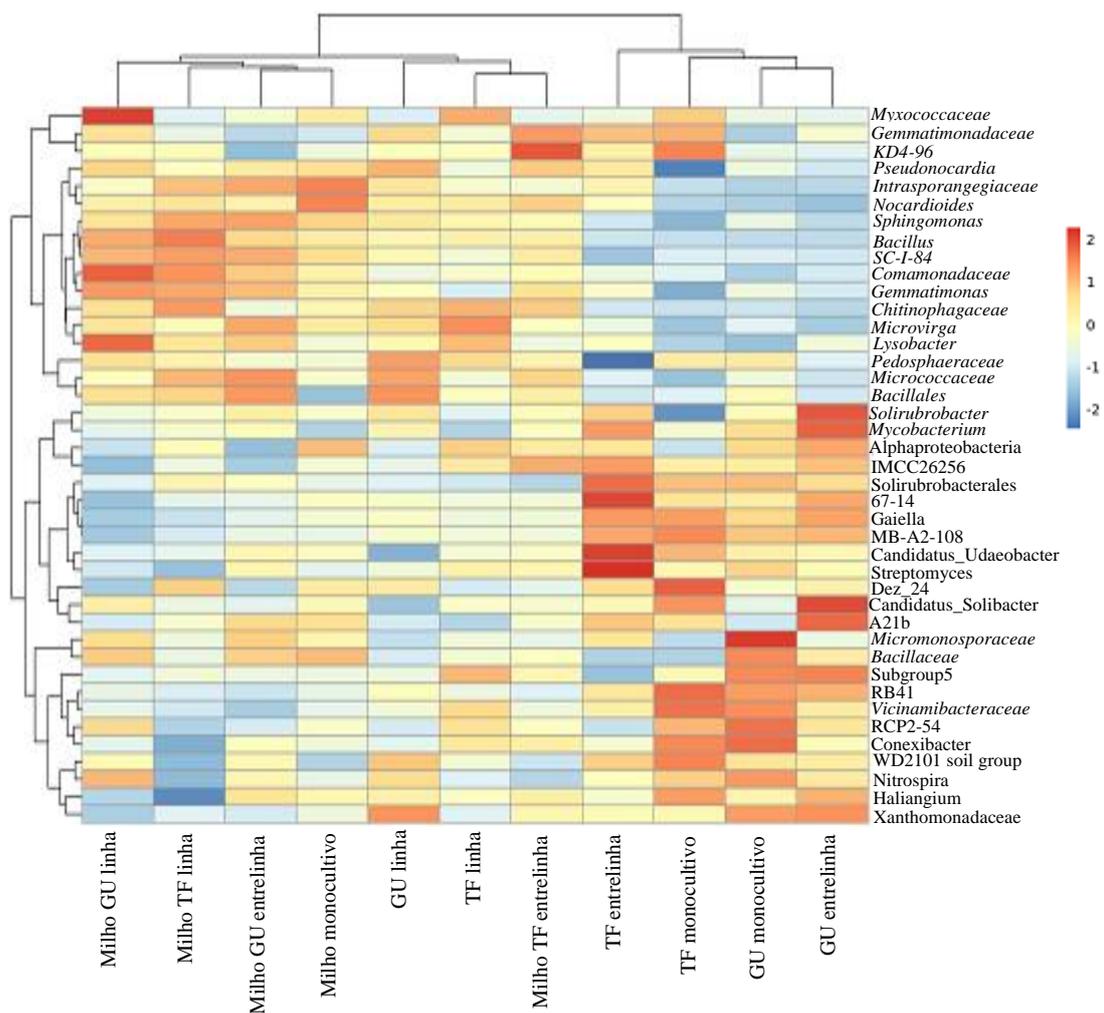


Figura 3. Mapa de calor dos taxa bacterianos das comunidades rizosféricas do milho e dos adubos verdes com base na análise da sequência de 16S rDNA. Cores diferentes significam que a abundância relativa exibiu variações entre os tratamentos (as cores vermelhas representam abundâncias mais elevadas).

4.6 CONCLUSÕES

As fabáceas guandu e tefrósia, independentemente se cultivadas na linha ou na entrelinha do milho, não promovem alterações na comunidade bacteriana associada ao cereal.

Os *phyla* mais abundantes na área experimental são *Actinobacteriota*, *Proteobacteria* e *Acidobacteriota* correspondendo a 68,6% das ASVs.

As características edafoclimáticas se sobrepõem as coberturas vegetais no que se refere a abundância relativa dos *phyla*, exceto *Proteobacteria*, *Acidobacteriota* e *Bacteroidota*.

Os taxa *Bacillus*, *SC-I-84* e *Comamonadaceae* estão presentes no milho, com baixa expressão nos adubos verdes cultivados na mesma linha de semeadura, indicando a influência da cobertura vegetal nessa comunidade bacteriana.

5. CAPÍTULO II

ATRIBUTOS AGROECONÔMICOS E DIVERSIDADE BACTERIANA DE UM SISTEMA DE CULTIVO ORGÂNICO DIVERSIFICADO DE HORTALIÇAS NAS CONDIÇÕES DA BAIXADA FLUMINENSE

5.1 RESUMO

Determinou-se os índices agroeconômicos de um módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças e realizou-se a caracterização da comunidade bacteriana no ambiente rizosférico de diferentes hortaliças. Para a obtenção dos índices agroeconômicos, foram quantificadas as atividades conduzidas no módulo, incluindo adubações, força de trabalho, aquisição de mudas, estimativa de comercialização na feira orgânica da Glória, feira agroecológica da agricultura familiar de Seropédica e feira convencional, além de input e output de nutrientes do sistema no período de 2020 a 2022. Para a caracterização da comunidade bacteriana foram coletadas amostras de solo rizosférico de diferentes hortaliças e solo distante do ambiente rizosférico, nas entrelinhas das respectivas hortaliças. As amostras de terra foram congeladas em um superfreezer e posteriormente realizou-se a extração de DNA e sequenciamento em larga escala. Constatou-se que o sistema de cultivo orgânico diversificado de hortaliças é economicamente viável considerando a comercialização no circuito carioca de feiras orgânicas e em feira agroecológica da agricultura familiar no município de Seropédica, gerando receita líquida mensal média, considerando o período de 2020 a 2022, de R\$ 11.906,81 e R\$ 8.749,29 reais, respectivamente. Dentre os custos mensurados no sistema, a força de trabalho, considerando um valor médio no período de 2020 a 2022, foi responsável por 67,07%, cuja capina manual representou o custo mais elevado. Em 2020 e 2021 o balanço parcial de nutrientes foi negativo para o potássio, cálcio e magnésio, ao passo que, em 2022 foi negativo somente para o potássio gerando um déficit de 24,9 kg no sistema. A comunidade bacteriana associada às hortaliças cultivadas no módulo de cultivo orgânico difere entre espécies. As maiores riquezas e a diversidade de espécies foram encontradas nos ambientes rizosféricos da couve e da alface lisa. O gênero *Bacillus* foi predominante nas diferentes espécies estudadas.

Palavras-chave: comunidade bacteriana, hortaliças, agricultura orgânica

5.2 ABSTRACT

The agroeconomic indices of a diversified organic vegetable cultivation module were determined and the bacterial community was characterized in the rhizospheric environment of different vegetables. To obtain agroeconomic indices, the activities conducted in the module were quantified, including fertilization, workforce, acquisition of seedlings, estimated sales at the Glória organic fair, Seropédica family farming agroecological fair and conventional fair, in addition to input and nutrient output from the system in the period from 2020 to 2022. To characterize the bacterial community, samples of rhizospheric soil from different vegetables and soil distant from the rhizospheric environment were collected, between the rows of the respective vegetables. The soil samples were frozen in a superfreezer and DNA extraction and large-scale sequencing were subsequently carried out. It was found that the diversified organic vegetable cultivation system is economically viable considering commercialization in the Rio circuit of organic fairs and in an agroecological family farming fair in the municipality of Seropédica, generating average monthly net revenue, considering the period from 2020 to 2022, of R\$ 11.906.81 and R\$ 8.749.29 reais, respectively. Among the costs measured in the system, the workforce, considering an average value in the period from 2020 to 2022, was responsible for 67.07%, with manual weeding representing the highest cost. In 2020 and 2021, the partial nutrient balance was negative for potassium, calcium and magnesium, while in 2022 it was negative only for potassium, generating a deficit of 24.9 kg in the system. The bacterial community associated with vegetables grown in the organic cultivation module differs between species. The greatest richness and diversity of species were found in the rhizospheric environments of cabbage and flat lettuce. The genus *Bacillus* was predominant in the different species studied.

Keywords: bacterial community, vegetables, organic agriculture

5.3 INTRODUÇÃO

Os sistemas agroecológicos são baseados em tecnologias que visam a sustentabilidade das áreas agrícolas, veiculadas por meio de técnicas de manejo que contribuem para a recuperação ou a manutenção da biodiversidade e da fertilidade dos solos. Para a nutrição das plantas são utilizadas prioritariamente fertilizações com compostos orgânicos, cultivos de adubos verdes, aplicações de biofertilizantes e rotação de culturas, excluindo-se qualquer prática que cause danos ao meio ambiente (Benincá; Bonatti, 2020). Nesse sistema, o solo é considerado um organismo vivo, cujo incremento constante de matéria orgânica contribui para o desenvolvimento dos microrganismos que atuam de diversas formas benéficas quanto às melhorias relacionadas ao crescimento vegetal, podendo se tornar supressivo.

Um modelo de referência em produção sustentável é o módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças da Fazendinha Agroecológica Km 47, cujo manejo prioriza a rotação de culturas, fertilizações envolvendo o cultivo de adubos verdes no início da primavera e manejo de corte ao final do verão. Além disso, são realizadas fertilizações com um composto fermentado farelado, cuja formulação é constituída de resíduos agroindustriais e microrganismos (Mata, 2012). O manejo da área em questão é realizado há doze anos, iniciando-se no ano de 2010 sobre um solo classificado como Planossolo de baixa fertilidade natural, que atualmente atingiu elevados teores de nutrientes em virtude das constantes fertilizações orgânicas respaldadas por um balanço global de nutrientes (Pian, 2019).

O cultivo das espécies anuais de adubos verdes é realizado, majoritariamente, em sistema consorciado ao milho, tendo como finalidade a produção de fitomassa das fabáceas, rica em N, fitomassa do milho e grãos destinados a produção de fubá. Ademais, este manejo também é preconizado com vistas a redução de fitoparasitas, diversificação do sistema e proteção do solo (Silva, 2018). Após o pleno crescimento das espécies, realiza-se o manejo de corte, cujas fitomassas são incorporadas ao solo e, logo após, realiza-se o encanteiramento do solo e procede-se com a fertilização utilizando-se um composto fermentado. Em seguida, são cultivadas aproximadamente 30 espécies de hortaliças. Este manejo a longo prazo tem proporcionado a colheita de hortaliças de elevado padrão, altas produtividades e bons indicadores de solo e do sistema como um todo.

Pensando nesses indicadores, denota-se que o conhecimento da comunidade microbiana estabelecida em sistemas agrícolas sustentáveis consolidados é de suma importância para o entendimento do conceito de um microbioma local ou até mesmo a influência exercida pela espécie cultivada. Desta maneira, por meio de monitoramento, manter ou reconstituir a comunidade microbiana utilizando-se compostos fermentados previamente inoculados com os microrganismos. Partindo desse pressuposto, determinou-se os índices agroeconômicos de um módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças fundamentado na fertilização com composto fermentado e, simultaneamente, realizou-se a caracterização da comunidade bacteriana no ambiente rizosférico de diferentes hortaliças.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

A atividade experimental foi conduzida no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças da Fazendinha Agroecológica Km 47, estabelecido em 2010, nas condições da Baixada Fluminense. O solo da área experimental é classificado como Planossolo (Santos, *et al.*, 2018), cuja fertilização é majoritariamente realizada por meio de adubação verde com espécies herbáceas das famílias *Fabaceae* e *Poaceae*, e adubação com composto fermentado formulado até ano de 2020 com os farelos de trigo e de mamona 60:40 (% m/m), respectivamente (Mata, 2012). Em 2021 e 2022, substituiu-se parcialmente o farelo de trigo pelo bagaço de malte por se tratar de uma fonte abundante, de baixo custo e disponível no Estado do Rio de Janeiro.

O módulo compõe uma área de um hectare, abrangendo espécies produtoras de fitomassa e hortaliças. Desde a implantação do sistema, o monitoramento é realizado anualmente por meio da quantificação das fitomassas das espécies permanentes que compõe a área experimental e das espécies de ciclo anual que são cultivadas no período primavera-verão e outono-inverno. Além disso, realiza-se o balanço total de nutrientes quantificando-se os ingressos via fertilização e as exportações por ocasião das colheitas das hortaliças.

5.4.1 Produção do composto fermentado

Para a produção do composto fermentado utilizado no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças realizou-se a mistura das fontes (Figura 1), que atualmente são o bagaço de malte (50%) e o farelo de trigo (10%) utilizados como fontes energéticas, acrescidas do farelo de mamona (40%) como fonte complementar, considerando o percentual de matéria seca. Após a homogeneização das fontes, com auxílio de pás e enxadas, realizou-se a inoculação com uma solução ativada oriunda do produto comercial Embiotic, que continha inicialmente 10^4 UFC/mL de *Lactobacillus plantarum* e 10^3 UFC/mL de *Saccharomyces cerevisiae*. Para o preparo da solução ativada foram utilizados 50 mL do produto comercial, 50g de açúcar mascavo e 400 mL de água, acondicionados em garrafa plástica por um período de sete dias.

Anteriormente, quando se utilizava o farelo de trigo conjugado ao farelo de mamona, a mistura apresentava teor de umidade inicial de 12%. A partir disso adicionava-se a solução inoculante ativada em açúcar mascavo e diluída em água a 1% (v/v) até a obtenção de teores de umidade oscilando entre 35 e 40%. Com a utilização do bagaço de malte que possui teor de umidade na ordem de 70%, não se realiza a diluição da solução inoculante, aplicando-se apenas a solução ativada na concentração de $0,5\text{mL kg}^{-1}$ de matéria seca. Após a inoculação e homogeneização do bagaço de malte, do farelo de trigo e do farelo de mamona, realizou-se a compactação da mistura em recipientes herméticos, permanecendo por um período mínimo de 21 dias.



Figura 1. Mistura das fontes fareladas e recipiente utilizado para o desencadeamento do processo fermentativo em condições microaerófilas. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.

5.4.2 Espécies permanentes produtoras de fitomassa

O módulo abriga três faixas destinadas à produção de capim elefante (*Penisetum purpureum*) (Figura 2A), realizando-se dois cortes anuais, nos quais as fitomassas são destinadas para a manutenção da cobertura morta dos canteiros compondo 50% da mistura, conjugadas ao completo de 50% da fitomassa de gliricídia (*Gliricidia sepium*). As gliricídias (Figura 2B) estão dispostas em três bancos de produção de fitomassa e faixas intercalares (Figura 2C), totalizando uma população de 1160 plantas, realizando-se três cortes anuais. Além dessas espécies, o módulo abriga dois bancos de produção de fitomassa de flemingia (*Flemingia macrophylla*) (Figura 2D), uma faixa de capim vetiver (*Vetiveria Zizanioides*), ambas espécies destinadas à produção de composto orgânico e uma faixa contendo as tefrosias (*Tephrosia sinapou* e *Tephrosia vogelli*).

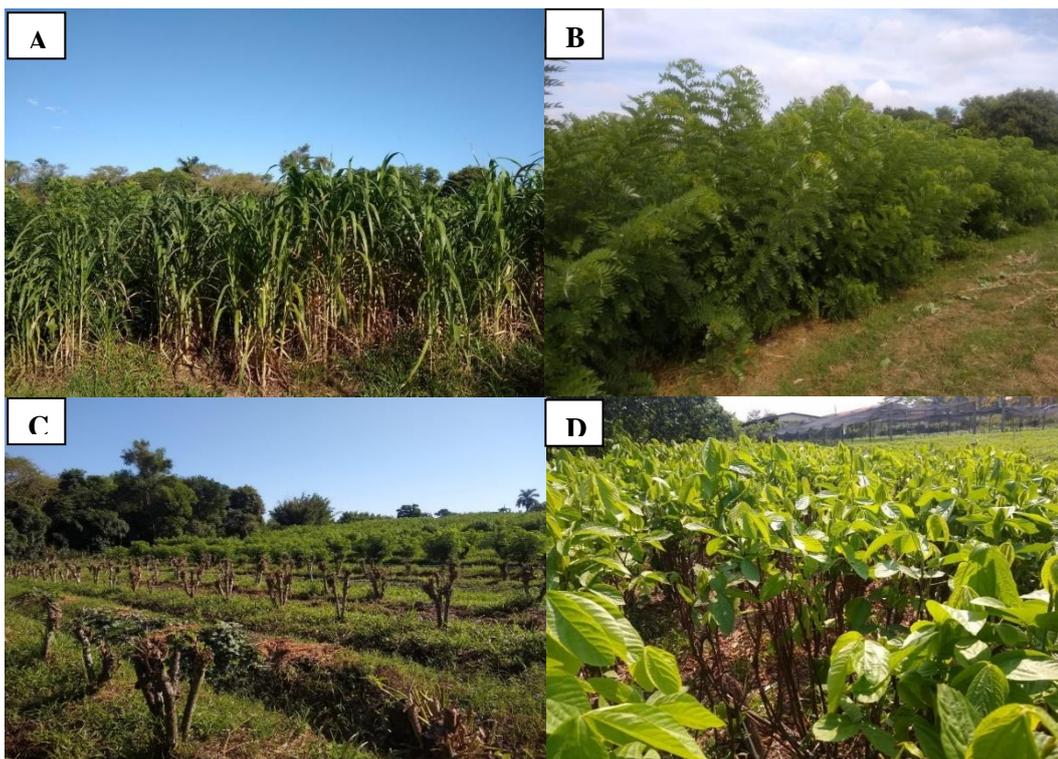


Figura 2. (A) banco de produção de fitomassa de capim elefante; (B) banco de produção de fitomassa de gliricídia; (C) faixas intercalares de gliricídia; (D) banco de produção de fitomassa de flemingia. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.

5.4.3 Espécies anuais cultivadas no período primavera-verão

No final do mês de setembro inicia-se os plantios das culturas de interesse econômico, com destaque ao milho que ocupa uma área constituída de 31 canteiros com comprimentos de 56m. O milho variedade BRS Catingueiro (Figura 3A), é superprecoce e tolerante a longos períodos de estiagens, sendo destinado a produção de grãos e posteriormente moído para a produção de fubá. Na mesma área, aproximadamente aos 35 dias após a semeadura do milho, realiza-se nas linhas de cultivo a semeadura da fabácea mucuna cinza (*Mucuna pruriens*). Neste momento, o milho apresenta uma altura média de 0,8m em relação ao solo e a mucuna não compromete as características fitotécnicas do cereal.

No mês de janeiro realiza-se a colheita das espigas de milho, quebrando-se as plantas para promover o pleno crescimento da mucuna. Assim, a fabácea apresenta vasto crescimento (Figura 3B) até o momento do manejo de corte (Figura 3C) que é pontualmente programado para a última semana do mês de março. O manejo adotado permite a geração de renda com a produção de milho e, ao mesmo tempo, o fornecimento de fitomassa ao solo das espécies consorciadas.

Além do manejo da área supracitada, no mesmo período e em glebas menores, realiza-se o cultivo de feijão-de-porco par fins de adubação verde, consórcio de crotalária e milheto, cultivos exclusivos de gergelim preto e branco, quiabo (var. Santa Cruz 47), batata-doce (var. Rosinha do Verdan e IAPAR 69), banana e bertalha de acordo com o cronograma de produção (Figura 4).

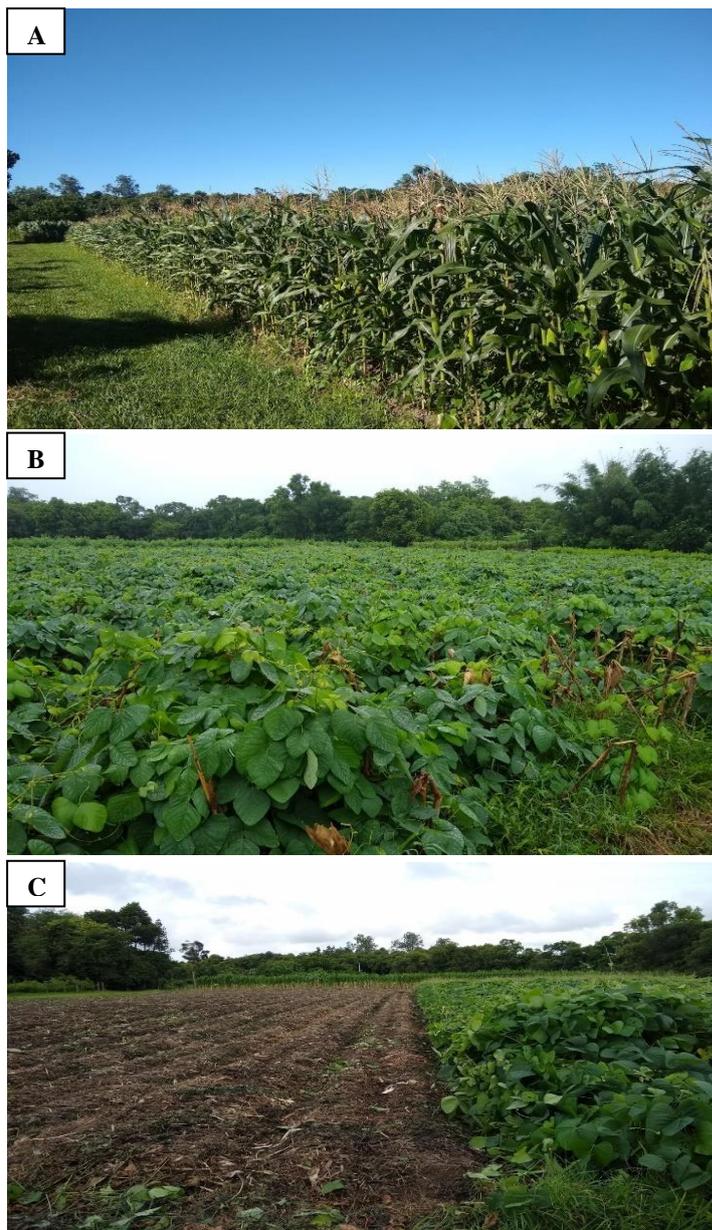


Figura 3. (A) Milho BRS Caatingueiro aos 70 dias após a semeadura; (B) Mucuna cinza aos 120 dias após a semeadura cultivada em consórcio com o milho; (C) Mucuna cinza no momento do manejo de corte no módulo de cultivo orgânico de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.

5.4.4 Espécies anuais cultivadas no período outono-inverno

No início do mês de abril inicia-se o cultivo intensivo de hortaliças nas diferentes glebas que compõem o sistema de produção da área encanteirada, de acordo com o cronograma apresentado na figura 4. Por ocasião das semeaduras diretas ou transplântio das mudas realiza-se a rotação de culturas visando os conceitos agroecológicos, cujas sementes utilizadas, em sua maioria, são de origem comercial. Além disso, o manejo da irrigação é veiculado por fitas gotejadoras com distância entre válvulas de 0,20m, acionado uma vez ao dia.

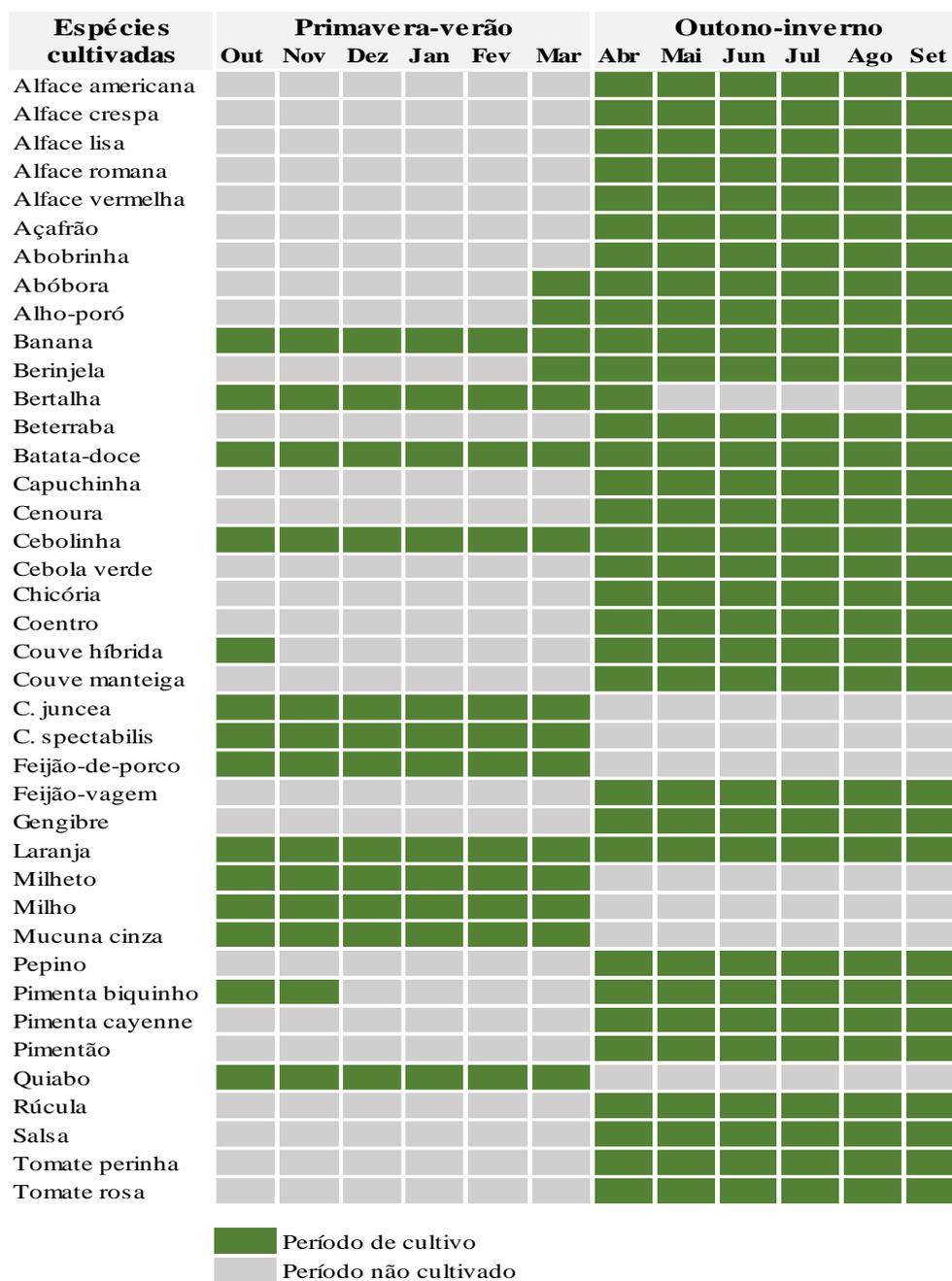


Figura 4. Cronograma de produção de espécies cultivadas no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.

5.4.5 Índices econômicos e balanço de nutrientes do sistema

Ao final de cada ano agrícola contabilizou-se todos os custos monetários referentes à força de trabalho, aquisição de mudas, fertilizantes, mecanização e sementes para a avaliação da viabilidade financeira do sistema, estimando-se a comercialização na feira orgânica da Glória, feira agroecológica da agricultura familiar no município de Seropédica e feira convencional localizada no mesmo município. Da mesma forma, contabilizou-se todos os nutrientes que ingressaram no sistema via fertilização e as exportações de nutrientes por intermédio das colheitas para posterior determinação do balanço. Para isso, foram retiradas amostras dos compostos orgânicos, dos adubos verdes e das fitomassas das hortaliças com

posterior secagem e moagem em moinho tipo Willey. As amostras foram analisadas no laboratório de química agrícola da Embrapa Agrobiologia.

5.4.6 Caracterização da comunidade bacteriana do solo

Para a caracterização da comunidade bacteriana associada as hortaliças, o delineamento adotado foi o de blocos casualizados, cujos tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 6 x 2, sendo o primeiro fator formado por espécies (alface crespa, alface lisa, couve, rúcula, beterraba e cenoura) e o segundo fator formado por locais de coleta (solo rizosférico e solo não rizosférico). As coletas foram realizadas quando as espécies alcançaram o estágio do terço final de maturidade. Nessas ocasiões, foram retiradas as amostras de terra e mantidas em um superfreezer (-80 °C). Para a coleta no ambiente da rizosfera as plantas foram cuidadosamente removidas com o auxílio de pá reta, cujo excesso de terra foi retirado por meio do esfrelamento do torrão após a agitação contínua da planta. No que se refere a amostragem feita distante do ambiente rizosférico, foram coletadas amostras de terra na profundidade de 0- 0,10 m, nas entrelinhas das respectivas hortaliças.

O DNA foi extraído a partir de 0,25g do solo rizosférico de milho e de adubos verdes (*Tephrosia sinapou* e *Cajanus cajan*) solteiros ou em consórcios com o adubo verde consorciado na linha ou na entrelinha com o kit DNeasy PowerSoil Pro (Qiagen) e teve sua integridade avaliada por eletroforese em gel de agarose (1%) no equipamento Nanodrop (Thermo Fisher Scientific). O gene RNAr 16S de procariotos foram sequenciados com a tecnologia Illumina, seguindo as recomendações de Caporaso et al. (2012). A região V4 do gene RNAr 16S foi amplificada com os primers 515F (5'-GTGYCAGCMGCCGCGGTAA-3-) e 806R (5'-GGACTACNVGGGTWTCTAAT-3') O sequenciamento foi realizado pela NGS Soluções Genômicas, Piracicaba, SP.

Os reads de 16S rRNA recebidos da NGS soluções foram processados em RStudio (www.rstudio.com) usando o pacote DADA2 (Callahan *et al.*, 2016). Esse pacote realiza avaliação de qualidade, filtragem e 'poda' dos reads, estimação de erros, inferência das amostras (sequências) e montagem de variantes de sequências amplificadas (ASVs). Os ASVs foram anotados taxonomicamente usando IDTAXA e banco de dados SILVA_SSU_r138_2019 (<https://www.arb-silva.de/>) no pacote DECIPHER (Wright *et al.*, 2016). Análises de diversidade alpha e beta foram realizadas usando o pacote Phyloseq (McMurdie; Holmes, 2013). Usou-se os dados normalizados usando 'total sum scaling' (TSS). Beta-diversidade foi analisada usando escalonamento dimensional não-métrico (NMDS) e a significância de separação de grupos foi avaliada mediante PERMANOVA (Adonis, pacote Vegan). O heatmap foi criado usando o pacote Pheatmap (Kolde; Kolde 2015). Os gráficos foram plotados com o pacote ggplot2 (Wickham, 2016).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.5.1 Custos fixos do sistema

Os custos fixos para a implantação do módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças estão descritos na tabela 1, os quais foram adaptados de Mata (2016), Silva (2018) e Souza (2022). O maior custo fixo foi atribuído à aquisição do sistema de irrigação, seguido das ferramentas.

Tabela 1. Custos fixos para implantação do módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.

Custos Fixos	Vi	Ci	Vr	Vu	Deprec.	Oport	Cf	Ca
	R\$	%	R\$	ano	R\$/mês	R\$/mês	R\$/mês	R\$/ano
Cerca	2460,00	10,64	246,00	20	9,22	4,61	23,68	284,16
Sistema de irrigação	6293,30	27,21	629,33	7	67,42	33,71	101,13	1213,56
Telados	2961,20	12,80	740,30	10	18,50	9,25	27,75	333,00
Galpão e tanque	3210,00	13,88	963,00	30	6,24	3,12	9,36	112,32
Ferramentas	4064,31	17,57	406,43	8	38,10	19,5	57,6	691,20
B. Fitomassa/pomar	2701,43	11,68	-	25	9,00	4,5	13,5	162,00
Arrendamento da terra	1440,00	6,23	-	-	-	-	-	72,00
Valor Total	23130,24	100,00			148,48	74,69	233,02	2868,24

B= Banco; Vi = Valor inicial; Ci = Custo de implantação; Vr = valor residual; Manut. = Manutenção; Vu = Vida útil; Deprec. = Depreciação; Oport. = Oportunidade; Cf = Custo fixo; Ca = Custo anual. Adaptado de Mata (2016), Silva (2018) e Souza (2022).

5.5.2 Custos variáveis do módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças 2020 a 2022

Aquisição de sementes e mudas

A agricultura de base ecológica é amplamente diversificada e algumas espécies com destaque a cenoura, o coentro, a rúcula, o rabanete e o feijão-vagem são amplamente cultivados, necessitando de constantes aquisições de sementes para a manutenção da oferta nos meios de comercialização. O custo das sementes é variável a depender da espécie e da cultivar utilizada, sendo um fator inerente ao custo final de produção (Tabela 2). No módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças, algumas espécies são cultivadas por meio de sementes e outras por transplante após a aquisição das mudas produzidas na própria unidade de experimentação.

As espécies mencionadas anteriormente não são semeadas em bandejas em virtude da deformação do órgão de maior interesse econômico como no caso das raízes de cenoura e dos caules de rabanete. Por outro lado, o coentro e a rúcula apresentam ciclos muito curtos (25 a 35 dias) e a semeadura em bandejas não é recomendada, pois a espécie finalizará o ciclo na própria bandeja. No caso do feijão-vagem, em pequena escala, pode-se proceder-se com a produção de mudas, mas em larga escala não é recomendado, em virtude do alto vigor em condições de campo, dispensando o custo com força de trabalho na produção das mudas. Desta maneira, para as hortaliças citadas, recomenda-se a aquisição de sementes para a realização de semeadura direta.

Tabela 2. Custo das sementes de hortaliças utilizadas para semeadura direta no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.

Ano	Custos com sementes de hortaliças*					Total (R\$)
	Cenoura	Coentro	Rúcula	Rabanete	Vagem	
	-----500g-----				kg	
2020	99,06	28,60	83,24	110,00	85,00	405,90
2021	103,00	32,40	89,40	125,00	102,00	451,80
2022	106,30	35,50	97,00	130,00	114,60	483,40

*Valores referentes às cultivares: Brasília, Português, folha larga, Genius e Alessa, respectivamente.

No que se refere à aquisição de mudas de hortaliças, a quantidade e a diversidade de espécies estão diretamente associadas ao cronograma de plantio, que pode apresentar diferenças quanto ao custo nos diferentes anos agrícolas (Tabela 3). No módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças há um predomínio do cultivo de hortaliças folhosas desde a instalação do sistema (MATA, 2012). Tais hortaliças contribuem com maior custo dentre as espécies cultivadas como observado na tabela abaixo.

Tabela 3. Aquisição de mudas de hortaliças utilizadas no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.

Espécies	Aquisição de mudas 2020			Total
	----Quantidade utilizada----		Valor da bandeja	
	Mudas	Bandejas	----- (R\$) -----	
Alface Americana	3000*	15	25	375
Alface crespa	20000	100	25	2500
Alface lisa	16000	80	25	2000
Alface romana	1000	5	25	125
Alface vermelha	6000	30	25	750
Bertalha	2000	10	25	250
Beterraba	2400	12	25	300
Chicória	20000	100	25	2500
Couve	200	1	30	30
Salsa	5760	20	25	500
Tomate	200	1	40	40
Total	76560	374	-----	9.370,00
Aquisição de mudas 2021				
Alface Americana	3000	15	25	375
Alface crespa	26000	130	25	3250
Alface lisa	16000	80	25	2000
Alface romana	1000	5	25	125
Berinjela	200	1	50	50
Bertalha	1000	5	25	125
Beterraba	7200	36	25	900
Brócolis ramoso	200	1	30	30
Cebola	4608	16	25	400
Chicória	20000	100	25	2500
Couve	200	1	30	30
Pimentão	200	2	50	100
Pimenta biquinho	200	2	40	80
Pimenta de cayenne	200	2	40	80
Salsa	5760	20	25	500
Tomate	200	2	42,5	85
Total	85968	418	-----	10.630,00

Continuação.....

Aquisição de mudas 2022				
Alface Americana	3000	15	25	375
Alface crespa	20000	100	25	2500
Alface lisa	16000	80	25	2000
Alface romana	1000	5	25	125
Alface vermelha	6000	30	25	750
Alho-poró	2400	12	40	480
Berinjela	200	1	50	50
Bertalha	1000	5	25	125
Beterraba	7200	36	25	900
Cebola	9216	32	25	800
Chicória	20000	100	25	2500
Couve	200	1	30	30
Pimentão	200	1	50	50
Pimenta biquinho	200	1	40	40
Pimenta de cayenne	200	1	40	40
Salsa	5760	20	25	500
Tomate	200	1	40	40
Total	92776	441	-----	11.305,00

*As mudas de cada espécie são adquiridas considerando o excedente de uma bandeja por ocasião do transplante visando as reposições de mortalidades.

5.5.3 Custos com a confecção dos compostos fermentados 2020 a 2022.

O custo do composto fermentado depende de fatores intrínsecos, ou seja, das matérias-primas utilizadas nas formulações. No módulo de cultivo orgânico de hortaliças, da implantação do sistema em 2010 até o ano de 2020, predominou-se a formulação constituída da mistura de 60% de farelo de trigo (FT) conjugada ao complemento de 40% de farelo de mamona (FM) (% m/m), considerando o percentual de matéria seca. O farelo de trigo é uma fonte energética que contribui substancialmente com o fornecimento de carboidratos, imprescindíveis ao desencadeamento do processo fermentativo; além disso, apresenta teores de nutrientes consideráveis (Pian, 2019). No entanto, é uma fonte que apresenta alto valor e oscilações de mercado. Em 2020 o valor da tonelada do farelo de trigo custava 1625,00 reais (Figura 5), ao passo que, em 2022 a mesma quantidade foi cotada em 2000 reais, ou seja, um aumento de 23% em dois anos. A partir disso, iniciou-se, no ano de 2021, a substituição parcial do farelo de trigo pelo bagaço de malte (BM), que atualmente apresenta baixo valor de mercado, cuja tonelada em percentual de matéria seca custa em média 283 reais como ilustrado na figura abaixo.

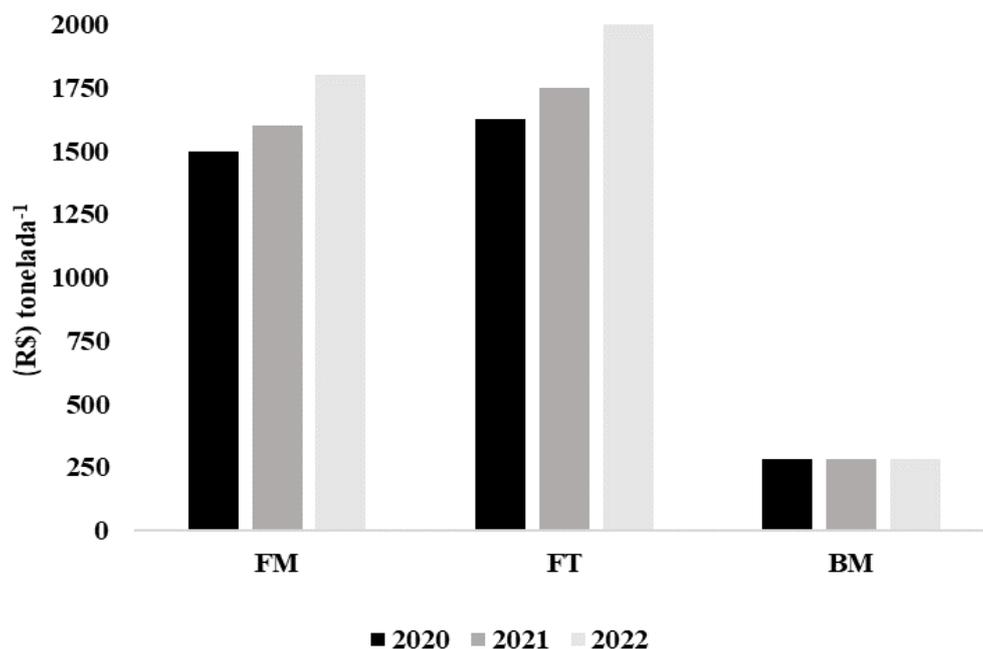


Figura 5. Custo das matérias-primas utilizadas nas formulações dos compostos fermentados. FT = 65, 70 e 80 reais o saco de 40kg. FM = 75, 80 e 90 reais o saco de 50kg. BM= 85 reais a tonelada (300kg de matéria seca). Valores de referência (R\$) para os anos de 2020, 2021 e 2022, respectivamente. FT = farelo de trigo; FM= farelo de mamona; BM= bagaço de malte.

De acordo com a demanda nutricional das hortaliças cultivadas no ano de 2020, foram necessários 3029 kg de composto fermentado com custo final de R\$ 4769,85 reais (Tabela 4). No ano de 2021 houve um aumento de 8% no consumo de composto fermentado quando comparado ao ano de 2020. Apesar disso, houve uma redução de 34,6% no custo do composto, fato atribuído a substituição parcial do farelo de trigo pelo bagaço de malte. No ano seguinte, 2022, o consumo de composto fermentado foi ligeiramente inferior ao ano de 2021; no entanto, o custo foi 7,55% superior. Esse aumento de custo foi atribuído a oscilação de preço do farelo de mamona que em 2021 custava R\$ 1600 reais a tonelada e em 2022 subiu para R\$ 1800 reais, considerando a aquisição local de sacos de 50kg como observado na figura 6. Da mesma forma, mesmo que em baixa proporção na formulação, o farelo de trigo também sofreu reajuste e contribuiu com o aumento de custo do composto.

Tabela 4. Custo dos compostos fermentados utilizados no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.

Ano agrícola	Custo do composto fermentado*				Custo (R\$)
	Consumo	FM	FT	BM	
2020	3029	1218,2	1810,8	0	4769,85
2021	3263	1304,8	326,2	1631,0	3120,00
2022	3179	1271,6	317,9	1589,5	3368,67

*Valores cotados no Estado do Rio de Janeiro nos diferentes anos agrícolas

Em concordância com os resultados mencionados anteriormente, percebe-se que no ano de 2020, considerando a tonelada de composto produzida, a fonte energética (farelo de trigo) representou 62% do custo final do composto. Nos anos de 2021 e 2022, esse valor reduziu para 33% e 32%, respectivamente, considerando a combinação do farelo de trigo e o bagaço de malte (Figura 6). Esses resultados reforçam a importância da reciclagem de nutrientes por meio do reaproveitamento de resíduos agrícolas disponíveis localmente para a economia sustentável dos sistemas agrícolas, com destaque àqueles cuja gestão é de base familiar. Nota-se que com a aquisição do bagaço de malte e inserção na formulação do composto, o maior custo foi direcionado para o farelo de mamona que compõe a fração com maior teor de nitrogênio. No ano de 2020 o farelo de mamona foi responsável por 38% dos custos do composto fermentado, alcançando 67 e 68% dos custos em 2021 e 2022, respectivamente.

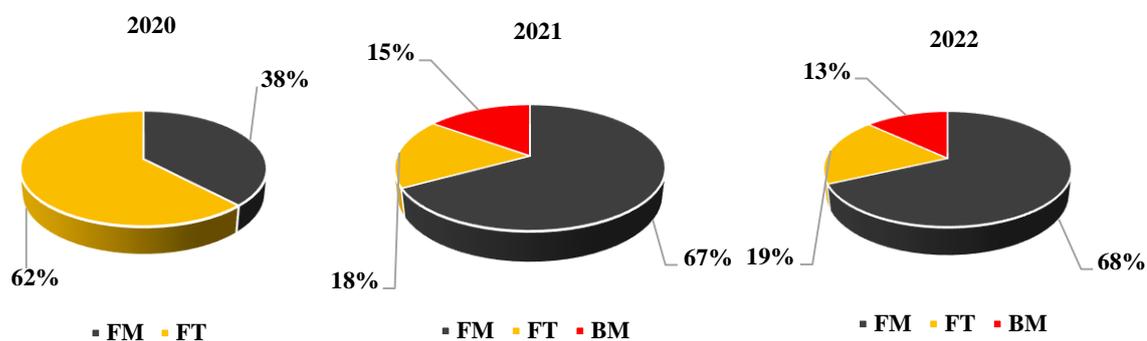


Figura 6. Contribuição das matérias-primas no custo dos compostos fermentados utilizados no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022. FT = farelo de trigo; FM= farelo de mamona; BM= bagaço de malte.

5.5.4 Custos com força de trabalho interna e externa de 2020 a 2022.

A olericultura demanda tratamentos culturais intensivos em virtude do ciclo curto das espécies e constantes semeaduras e transplantes. Na avaliação dos custos das atividades relacionadas a força de trabalho no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças foi levado em consideração um valor médio nos anos agrícolas de 2020, 2021 e 2022 (Tabela 5). Essa decisão foi tomada devido as dificuldades vivenciadas em 2020 e 2021 em decorrência da pandemia de COVID-19 que culminou com a redução da escala de trabalho de todos os envolvidos nas atividades de campo da Fazendinha.

A atividade mais onerosa mensurada no sistema foi a capina manual com um custo anual de 8160 reais, que corresponde a 24,51% das despesas relacionadas a força de trabalho. Esse manejo é imprescindível para a eliminação de plantas espontâneas que crescem nas áreas encanteiradas, em virtude da impossibilidade da realização de capinas com enxadas nas linhas e entrelinhas de cultivo. Um manejo que pode reduzir esse custo condiz com a utilização de cobertura morta, com intuito de limitar o crescimento das plantas espontâneas. Essa prática é utilizada no módulo de produção de hortaliças. No entanto, com as limitações relacionadas à pandemia de COVID 19 e renovação das capineiras esse manejo foi suspenso.

Outro manejo oneroso para o sistema foi a contratação de maquinário para o encanteiramento da área, que custou em média 3780 reais por ano, no qual representa 11,35% do total dos custos, ao passo que, o manejo da irrigação custou 3650 reais, representando 10,96 % dos custos. Além disso, os transplantios, a colheita das hortaliças cultivadas nos canteiros e

a instalação de fitas gotejadoras que são etapas fundamentais no sistema de cultivo de hortaliças foram responsáveis por um custo de 7100 reais, equivalente a 21,33% do custo total investido na força de trabalho.

Na mesma área experimental, Souza (2002) relatou resultados semelhantes, os quais a capina foi a atividade mais onerosa, equivalente a 18,91% dos custos totais com a força de trabalho. Pian (2019) também destaca a capina como a atividade que necessita de maior investimento, cujo custo total da força de trabalho foi de 16,91%. Semelhantemente, Mata (2016) relatou para os anos de 2012, 2013 e 2014 custos mais elevados com a capina manual, cujos valores corresponderam respectivamente a 32,63; 32,73 e 31,13% do custo relacionado a força de trabalho.

Tabela 5. Custo médio relacionado a força de trabalho utilizada no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.

Manejo	Força de trabalho utilizada nas atividades de 2020 a 2022					
	Frequência	Trabalhadores	Ch ¹	Ch total	Hora (R\$)	Custo (R\$)
Corte de gliricídia	3 cortes ao ano	3	24	72	10	720
Capim elefante	2 cortes ao ano	3	24	48	10	480
Corte flemingia	3 vezes ao ano	3	12	36	10	360
Corte vetiver	3 vezes ao ano	3	12	36	10	360
Corte tefrócias	1 vezes ao ano	3	12	12	10	120
Gradagem	4 vezes ao ano	1	2	8	180	1440
Encanteiramento ²	21 vezes ao ano	1	1	21	180	3780
Utilização de tobata	10 vezes ao ano	1	5,7	57	10	570
Produção composto	3 vezes ao ano	3	12	36	10	360
Semeadura milho	1 vez ao ano	3	24	24	10	240
Instalação aspersão	1 vez ao ano	3	24	24	10	240
Adubação milho	1 vez ao ano	1	8	8	10	80
Amontoa milho	1 vez ao ano	3	24	24	10	240
Roçadas ³	1 vez ao mês	1	182	182	10	1820
Colheita milho	1 vez ao ano	3	24	24	10	240
Capina tomate	1 vez ao mês	1	6	6	10	60
Condução tomate ⁴	1 vez semana ⁻¹	1	48	48	10	480
Adubação policultivo ⁵	1 vez semana ⁻¹	1	37	37	10	370
Gotejamentos	1 vez semana ⁻¹	2	115	230	10	2300
Transplântios ⁶	20 vezes ao ano	3	12	240	10	2400
Outras semeaduras ⁷	4 vezes ao ano	1	4	16	10	160
Desbaste cenoura	4 vezes ao ano	1	8	32	10	320
Colheita policultivo	20 vezes ao ano	3	4	12	10	2400
Outras colheitas ⁸	1 vez semana ⁻¹	1	95,8	95,8	10	958
Outras capinas ⁹	Anual	3	24,5	73,5	10	735
Capina manual ¹⁰	Semanal	3	272	816	10	8160
Manejo de irrigação	Diário	1	1	365	10	3650
Controle fitossanitário	Quinzenal	1	1	24	10	240
Total	-----	-----	-----	-----	-----	33.283,00

¹Considerando uma carga horária (ch) diária de 8 horas.

²Considerando 4h para o plantio de milho e 1 hora por semana no período de abril a agosto.

³Considerando 12 roçadas ao ano com dois dias de trabalho.

⁴Considerando os tratos culturais de desbrota e tutoramento.

⁵Considerando a adubação dos canteiros e espécies cultivadas em covas

⁶Considerando o período de abril a agosto gastando-se 4h transplântio⁻¹.

⁷Semeaduras de cenoura, rúcula, rabanete, coentro e vagem.

⁸Considerando quando disponível 2h por semana para colheita de tomate, berinjela, pimenta, quiabo, pimentão.

⁹Considerando capinas das espécies (berinjela, pimentas, batata-doce, quiabo, abobrinha, abóbora)

¹⁰Considerando o período de abril a setembro com fluxo contínuo de 85 cultivos (2 capinas cultivo⁻¹). Três trabalhadores mondaram 5 canteiros dia⁻¹.

Os insumos utilizados para o controle biológico, preventivo e outras fontes fertilizantes estão descritos na tabela 6. No sistema utiliza-se a calda bordalesa para a prevenção de doenças foliares na cultura do tomateiro, o *Bacillus thuringiensis* principalmente na cultura do milho para o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), mas também é utilizado na cultura da rúcula e da couve para o controle do curuquerê-da-couve (*Ascia monuste*). Outro manejo importante, o tutoramento dos tomateiros, é realizado por meio da condução vertical da planta com auxílio dos fitilhos fixados no solo e em fios de arame na parte alta.

O farelo de mamona, o termofosfato e o sulfato de potássio são utilizados para a reposição dos nutrientes nas áreas da capineira e do banco de produção de fitomassa da gliricídia. Ressalta-se que em 2020 o custo com o farelo de mamona foi maior, fato atribuído a renovação da capineira que necessitou de uma adubação de base, cujo farelo de mamona foi utilizado como fonte de nutrientes.

Tabela 6. Custos com insumos biológicos, caldas e outros fertilizantes utilizados no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.

Insumos	Quantidade	(R\$) unitário	Custo total
2020			
Calda bordalesa	2kits	10,00	20,00
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3L	60,00	180,00
Fitilho	2 rolos	42,00	84,00
Farelo de mamona	4 sacos	80,00	320,00
Sulfato de potássio	2 sacos	350,00	700,00
Total (R\$)	-----	-----	1304,00
2021			
Calda bordalesa	2kits	10,00	20,00
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3L	65,00	195,00
Fitilho	2 rolos	42,00	84,00
Farelo de mamona	8 sacos	80,00	640,00
Termofosfato	2 sacos	60,00	120,00
Sulfato de potássio	2 sacos	470,00	940,00
Total (R\$)	-----	-----	1999,00
2022			
Calda bordalesa	2kits	10,00	20,00
<i>Bacillus thuringiensis</i>	4L	65,00	260,00
Fitilho	2 rolos	42,00	84,00
Farelo de mamona	4 sacos	80,00	320,00
Termofosfato	2 sacos	80,00	160,00
Sulfato de potássio	2 sacos	490,00	980,00
Total (R\$)	-----	-----	1824,00

No que se refere aos custos de comercialização (Tabela 7), as despesas foram mais elevadas no comércio orgânico nos três anos agrícolas. Tal fato se justifica pelos custos inerentes à mensalidade da certificadora, exclusiva de sistemas de manejo orgânico. Além disso, a participação nas feiras geralmente é realizada por um vendedor diarista e, em instantes anteriores ao início da comercialização, há a necessidade de pagar uma taxa destinada ao responsável pelas montagens e desmontagens das barracas, que ocorre semanalmente. No ano de 2021 os custos com a comercialização foram mais onerosos, principalmente por conta do aumento dos preços dos combustíveis que refletiram no custo do frete.

Tabela 7. Custos com a comercialização das espécies cultivadas no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazenda Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.

Natureza despesa	Valor semanal	Orgânico	Agroecológico	Convencional
	(R\$)			
2020				
Mensalidade ABIO	60,00	720,00	-	-
Participação na feira	20,00	1040,00	-	-
Diária do vendedor	80,00	4160,00	-	-
Entrega da produção	200,00	-	10400,00	-
Transporte da produção	150,00	-	-	7800,00
Frete (Seropédica-RJ x Glória-RJ)	200,00	10400,00	-	-
Total		16320,00	10400,00	7800,00
2021				
Mensalidade ABIO	65,00	780,00	-	-
Participação na feira	20,00	1040,00	-	-
Diária do vendedor	100,00	5200,00	-	-
Entrega da produção	400,00	-	20800,00	-
Transporte da produção	200,00	-	-	10400,00
Frete (Seropédica-RJ x Glória-RJ)	400,00	20800,00	-	-
		27820,00	20800,00	10400,00
2022				
Mensalidade ABIO	70,00	840,00	-	-
Participação na feira	22,00	1144,00	-	-
Diária do vendedor	100,00	5200,00	-	-
Entrega da produção	300,00	-	15600,00	-
Transporte da produção	150,00	-	-	7800,00
Frete (Seropédica-RJ x Glória-RJ)	300,00	15600,00	-	-
Total	-	22784,00	15600,00	7800,00

Quanto aos custos variáveis (Tabela 8), a força de trabalho constituiu a atividade com maior percentual nos custos, correspondendo a 67,74; 67,26 e 66,21%, respectivamente, 2020, 2021 e 2022. Índices semelhantes foram descritos por Silva (2018), cuja autora relatou valores superiores a 80%. Semelhantemente, Pian (2019) quantificou nos anos agrícolas de 2015 e 2016 maiores contribuições da força de trabalho nos custos variáveis, com percentuais de 77% e 81%, respectivamente. No estudo de Souza (2022), na mesma área experimental, a força de trabalho contribuiu com 51,80% dos custos, demonstrando que esse componente pode apresentar grandes oscilações a depender do manejo adotado anualmente.

Outro componente que contribuiu expressivamente com os custos variáveis, independentemente do ano agrícola, foi a aquisição de mudas, no qual foi responsável por 19,07; 21,48 e 22,49% dos custos, respectivamente, 2020, 2021 e 2022. Esses índices foram superiores aos relatados por Silva (2018) e Pian (2019), nos quais as autoras relataram que as mudas das hortaliças representaram, respectivamente, 5,72 e 9,88% dos custos variáveis. Ressalta-se que houve um grande aumento no custo de comercialização das mudas, cuja bandeja de folhosas com capacidade para 200 mudas custava de 10 a 15 reais em 2015 e atualmente custa de 25 a 30 reais.

O composto fermentado que é o principal fertilizante utilizado na nutrição das hortaliças foi responsável por 9,71; 6,30 e 6,70% dos custos variáveis nos respectivos anos agrícolas. Tais resultados foram semelhantes aos relatos por Silva (2018), Pian (2019) e Souza (2022), cujos autores relataram custos variando de 6,04 a 10,86%. O manejo correto da adubação é imprescindível para a obtenção de altas produtividades, e por meio da avaliação econômica percebe-se que a contribuição no custo final é baixa e a utilização de resíduos abundantes e facilmente disponíveis pode contribuir para reduzir ainda mais esses custos.

Tabela 8. Custos variáveis totais do módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.

Custos variáveis	Ano 2020	
	Valor (R\$)	%
Força de trabalho	33283,00	67,74
Mudas	9370,00	19,07
Sementes	406,44	0,82
Composto fermentado	4769,85	9,71
Outros fertilizantes	1020,00	2,07
C. fitossanitário e fitilho	284,00	0,57
Total	49133,39	
Custos variáveis	Ano 2021	
	Valor (R\$)	%
Força de trabalho	33283,00	67,26
Mudas	10630,00	21,48
Sementes	451,80	0,91
Composto fermentado	3120,00	6,30
Outros fertilizantes	1700,00	3,43
C. fitossanitário e fitilho	295,00	0,59
Total	49479,8	
Custos variáveis	Ano 2022	
	Valor (R\$)	%
Força de trabalho	33283,00	66,21
Mudas	11305,00	22,49
Sementes	483,40	0,96
Composto fermentado	3368,67	6,70
Outros fertilizantes	1460,00	2,90
C. fitossanitário e fitilho	364,00	0,72
Total	50264,27	

5.5.5 Produção de fitomassa das espécies utilizadas para adubação verde e produção de composto orgânico.

Além da produção econômica de hortaliças o módulo de cultivo orgânico abriga diversas espécies que são utilizadas para gestão de fitomassa no sistema, com intuito de agregar processos biológicos naturais e essenciais, como a fotossíntese e fixação biológica de nitrogênio (Tabela 9). Tais espécies são cultivadas em monocultivo por meio de faixas formando barreiras “quebra vento”, banco de produção de fitomassa perene e também consorciadas com as culturas de interesse econômico.

No ano de 2020 foram produzidos 11403,1 kg de fitomassa seca dessas espécies no sistema, em 2021 alcançou-se um quantitativo de 8706,00 kg e em 2022 a produção foi de 10453,4 kg. As fitomassas do capim elefante e da gliricídia são destinadas a cobertura morta dos canteiros e contribuem em maior magnitude com a fitomassa do sistema, sendo possível a obtenção de três cortes ao ano. Em 2021 e 2022 não foram produzidas fitomassas de capim elefante em virtude da renovação da capineira.

As fitomassas de flemingia e do capim vetiver são utilizadas para a produção de composto no sistema, sendo obtidas por meio de três cortes ao ano. No que se refere a fitomassa da crotalária juncea e do milheto, ambas são utilizadas para fins de adubação verde em sistema consorciado, principalmente nas áreas que possuem os telados de tela tipo sombrite com redução de 30% de radiação solar. Além disso, a crotalária juncea contribui com a redução de fitonematoides no sistema.

Outra espécie utilizada é a mucuna cinza, cujo cultivo é realizado em consórcio com o milho para fins de adubação verde. A semeadura da leguminosa é realizada aos 35 dias após a

semeadura do milho, e por apresentar crescimento volúvel consegue se estabelecer e crescer no sistema contribuindo com aportes de fitomassa seca na ordem de 1030,4; 1180 e 930 kg, respectivamente, 2020, 2021 e 2022.

Tabela 9. Produção de fitomassa, teores e acúmulos de nitrogênio (N) das espécies permanentes ou temporárias cultivadas no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.

Características fitotécnicas 2020				
Espécies	Local	Fitomassa seca (kg)	Teor N (g kg⁻¹)	Acúmulo N (kg)
Capim elefante	Bancos	1270	6,40	8,12
Gliricídia	Bancos	5180	28,40	147,11
Flemingia	Bancos	110,0	28,10	3,09
Vetiver	Faixa	180,7	7,14	1,28
Crotalária juncea	Telado 1 e 2	402,8	27,00	10,87
Milheto	Telado 1 e 2	109,2	9,44	1,03
Mucuna cinza	Canteiros	1030,4	32,90	33,90
Milho	Canteiros	3120	8,20	25,58
Total	-----	11403,1	-----	230,98
Características fitotécnicas 2021				
Capim elefante	Bancos	-----	-----	-----
Gliricídia	Bancos	4235,00	26,70	113,07
Flemingia	Bancos	180,00	27,33	4,92
Vetiver	Faixa	167,00	6,48	1,08
Feijão-de-porco	Telado 1	64,00	27,40	1,75
Mucuna cinza	Canteiros	1180,00	32,16	37,94
Milho	Canteiros	2880	6,90	19,87
Total	-----	8706,00	-----	178,63
Características fitotécnicas 2022				
Capim elefante	Bancos	-----	-----	-----
Gliricídia	Bancos	5665	27,14	153,74
Flemingia	Bancos	210,00	29,21	6,13
Vetiver	Faixa	235,00	8,20	1,92
Feijão-de-porco	Telado 1	83,40	26,64	2,22
Mucuna cinza	Canteiros	930,00	32,22	29,96
Milho	Canteiros	3330	7,24	24,10
Total	-----	10453,4	-----	218,07

No que se refere a produção total de espécies de interesse econômico (Tabela 10), foram produzidos 14044,1; 12387,00 e 10359,16 kg, respectivamente 2020, 2021 e 2022. A produção do primeiro ano foi superior, observando-se queda nos demais anos agrícolas. Ressalta-se que a produção pode ser influenciada pelas espécies cultivadas, pelas condições climáticas da estação e também pelos níveis de nutrientes no solo, com destaque ao potássio que é o nutriente mais exportado pela maioria das hortaliças. No cultivo realizado no ano de 2017, Silva (2018) relatou produção total de 12790 kg, ao passo que, Pian (2019) alcançou produções de 16050,1 e 15306,6 kg em 2015 e 2016, respectivamente. Souza (2020) também obteve produção na ordem de 16203,00 kg. Tais resultados corroboram com descrito que a produção pode variar de acordo com os diferentes anos agrícolas.

As receitas obtidas nos diferentes cenários de comercialização foram distintas (Tabelas 11, 12 e 13), sendo superiores no comércio de hortaliças orgânicas, intermediário no comércio agroecológico e inferior no comércio dito convencional. Esse resultado se justifica pelo maior valor agregado pago aos alimentos produzidos em sistemas certificados, onde se enquadra o

sistema orgânico. Semelhantemente, apesar de não possuir certificação, os alimentos agroecológicos também apresentam maior valor quando comparados ao convencional, fato atribuído aos aspectos sustentáveis de produção.

Tabela 10- Produção de espécies de interesse econômico e consumo de composto fermentado no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.

Espécies	Produção			Composto fermentado*		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Abóbora	43,50	47,00	54,1	16,0	16,0	16,0
Abobrinha	17,80	220,00	10,0	16,0	24,0	16,0
Alface crespa	2910,3	2150,0	1477,6	448,0	582,0	448,0
Alface lisa	1356,7	1513,0	1005,4	358,4	358,4	358,4
Alface americana	545,5	976,00	901,4	67,2	67,2	67,2
Alho-poró	-----	-----	51,0	-----	-----	22,4
Alface romana	473,0	232,00	234,28	44,8	22,4	22,4
Alface vermelha	693,2	-----	509,2	134,4	-----	134,4
Açafrão	5,00	3,00	3,5	10,4	10,4	10,4
Banana	200	-----	-----	50,0	-----	-----
Beterraba	31,00	190,00	190	22,4	67,2	67,2
Bertalha	212,5	195,00	167	22,4	22,4	22,4
Batata-doce IAPAR 69	48,50	-----	96,7	-----	-----	-----
Batata-doce Rosinha	40,00	50,0	-----	-----	-----	-----
Batata-doce Beniimo	-----	-----	450	-----	-----	-----
Berinjela	-----	156,00	84,74	-----	84,0	84,0
Brócolis	7,0	-----	22,0	12,0	-----	12,0
Cenoura	1351,7	1250,00	319,1	89,6	89,6	67,2
Cebolinha	152,4	123,00	173,92	41,6	41,6	41,6
Cebola verde	-----	334,00	241,9	-----	44,8	89,6
Chicória	1821	1374,7	1380,73	448,0	448,0	448,0
Coentro	114,4	70,00	34,0	41,6	41,6	41,6
Couve Hi-Crop	203,0	270,4	437,8	44,8	44,8	89,6
Couve Manteiga	-----	20,00	-----	-----	36	-----
Feijão-vagem	227,3	214,10	274,91	67,2	67,2	67,2
Gengibre	73,50	15,10	-----	10,4	10,4	10,4
Laranja seleta	320,00	250,00	150	-----	-----	-----
Laranja lima	1257	930,00	804,75	-----	-----	-----
Milho grão	312,00	330,00	510	694,4	694,4	694,4
Pimenta biquinho	-----	50,00	-----	-----	84,0	-----
Pimenta cayenna	-----	4,00	3,87	-----	12,0	52,0
Pepino	204,6	270,00	237,3	67,2	67,2	67,2
Pimentão	-----	36,70	21,5	-----	26,0	84,0
Quiabo	52,00	100,00	-----	52,0	52,0	-----
Rabanete	547,00	435,00	143	-----	-----	-----
Rúcula	427,70	350,00	203,20	-----	-----	-----
Salsa	65,1	90,00	114,0	41,6	41,6	41,6
Taioba	10,00	-----	-----	10,4	-----	-----
Tomate rosa	274,2	63,00	-----	104	104	-----
Tomate pera	47,2	75,00	52,26	104	104	104
Total	14044,1	12387,00	10359,16	3.029,0	3.263,0	3179,2

*Considerando uma dose de 100 kg de N ha⁻¹, correspondente a aplicação de 400g de composto fermentado fresco m⁻².

Tabela 11- Produção de hortaliças e demais culturas de interesse econômico, preços praticados na feira orgânica da Glória, na feira da agricultura familiar, na feira convencional do município de Seropédica e a receita estimada nos três cenários de comercialização em 2020.

Espécies	Forma de Comercialização	Produção (kg)	Produção (unid)	Preço de comercialização (R\$)			Receita (R\$)		
				Orgânico	Agroecológico	Convencional	Orgânico	Agroecológico	Convencional
Abóbora	kg	43,50	----	4,0	2,50	1,99	174,0	108,75	86,56
Abobrinha	kg	17,80	----	8,0	5,0	3,20	142,4	89,00	56,96
Alface crespa	Unidade	2910,3	14000	3,0	2,0	0,66	42000,00	28000,00	9240,00
Alface lisa	Unidade	1356,7	11200	3,0	2,0	0,66	33600,00	22400,00	7392,00
Alface americana	Unidade	545,5	2100	3,0	2,0	1,50	6300,00	4200,00	3150,00
Alface romana	Unidade	473,0	840	3,0	2,0	1,50	2520,00	1680,00	1260,00
Alface vermelha	Unidade	693,2	4200	3,0	2,0	0,66	12600,00	8400,00	2772,00
Açafrão	kg	5,00	----	40,0	30,0	30,0	200,0	150,0	150,0
Banana	kg	200	----	6,0	4,0	2,0	1200,0	800,0	400,0
Beterraba	kg	31,00	----	8,0	4,0	2,65	248,0	124,0	82,15
Bertalha	maço 300g	212,5	708	3,0	2,0	0,66	2124,0	1416,0	467,28
Batata-doce IAPAR 69	kg	48,50	----	8,0	4,0	2,90	388,0	194,0	140,65
Batata-doce Rosinha	Kg	40,00	----	8,0	4,0	2,90	320,0	160,0	116,0
Brócolis	maço 300g	7,0	23	4,0	3,0	2,90	92,0	69,0	66,70
Cenoura	kg	1351,7	----	8,0	4,0	2,99	13517,0	5406,8	4041,58
Cebolinha	maço 300g	152,4	508	2,0	2,0	0,66	1016,0	1016,0	335,28
Chicória	Unidade	1821	16800	3,0	2,0	0,66	50400	33600	11088
Coentro	maço 300g	114,4	381,0	3,0	2,0	0,66	1143,0	762,00	251,46
Couve híbrida	maço 300g	203,0	676,0	3,0	2,0	0,66	2028,0	1352,00	446,16
Feijão-vagem	300g	227,3	757	3,0	3,0	4,0	2271,0	2271,0	3028,0
Gengibre	kg	7,5	----	20,0	13,0	8,0	150,00	97,5	60,0
Laranja seleta	kg	320,00	----	10,0	7,0	2,20	3200,0	2240,0	704,0
Laranja lima	kg	1257	----	10,0	6,0	1,95	12570,0	7542,0	2451,95
Fubá	kg	312,00	----	18,0	12,0	3,20	5616,0	3744,0	998,4
Pepino	kg	204,6	----	6,0	3,50	2,99	1227,6	716,1	611,754
Quiabo	kg	52,00	----	12,0	12,0	12,0	624,0	624,0	624,0
Rabanete	maço 600g	547,00	912	3,0	2,0	0,66	2736,0	1823,0	601,92
Rúcula	maço 300g	427,70	1426	3,0	2,0	0,66	4278,0	2852,0	941,16
Salsa	maço 300g	65,1	217	3,0	2,0	0,66	651,0	434,0	143,22
Taioba	maço 300g	10,00	33	3,0	2,0	2,0	99,0	66,0	66,0
Tomate rosa	bandeja 300g	274,2	914	7,0	5,0	6,0	6398,0	4570,0	5484,0
Tomate perinha	bandeja 300g	47,2	157	7,0	5,0	6,0	1099,0	785,0	942,0
Total	----	13978,1	----	----	----	----	210932,00	137692,20	58199,18

Tabela 12- Produção de hortaliças e demais culturas de interesse econômico, preços praticados na feira orgânica da Glória, na feira da agricultura familiar, na feira convencional do município de Seropédica e a receita estimada nos três cenários de comercialização em 2021.

Espécies	Forma de Comercialização	Produção (kg)	Produção (unid)	Preço de comercialização (R\$)			Receita (R\$)		
				Orgânico	Agroecológico	Convencional	Orgânico	Agroecológico	Convencional
Abóbora	kg	47,00	----	8,0	5,0	2,35	376,00	235,00	110,45
Abobrinha	kg	220,00	----	10,0	5,0	3,70	2200,00	1100,00	814,00
Alface crespa	unidade	2150,0	18200	3,0	3,0	0,66	54600,00	54600,00	12012,00
Alface lisa	unidade	1513,0	11200	3,0	3,0	0,66	33600,00	33600,00	7392,00
Alface americana	unidade	976,00	2100	3,0	3,0	0,66	6300,00	6300,00	1386,00
Alface romana	unidade	232,00	840	3,0	3,0	0,66	2520,00	2520,00	554,4
Açafrão	kg	3,00	----	40	30	30	120,00	90,00	90,00
Beterraba	kg	190,00	----	10,0	6,0	3,99	1900,00	1140,00	758,10
Bertalha	maço 300g	195,00	650	3,0	3,0	0,66	1950,00	1950,00	429,00
Batata-doce Rosinha	kg	50,0	----	10,0	5,0	3,0	500,00	250,00	150,00
Berinjela	kg	156,00	----	10,0	5,0	3,5	1560,00	780,00	546,00
Cenoura	kg	1250,00	----	10,0	6,0	3,7	12500,00	7500,00	4625,00
Cebolinha	maço 300g	123,00	410	3,0	3,0	0,66	1230,00	1230,00	270,60
Cebola verde	maço 600g	334,00	1113	8,0	6,0	6,0	8904,00	6678,00	6678,00
Chicória	unidade	1374,7	16800	3,0	3,0	0,66	50400,00	50400,00	11088,00
Coentro	maço 300g	70,00	233	3,0	3,0	0,66	699,00	699,00	153,78
Couve híbrida	maço 300g	270,4	901	3,0	3,0	1,0	2703,00	2703,00	270,4
Couve manteiga	maço 300g	20,00	66	3,0	3,0	1,0	60,00	60,00	20,00
Feijão-vagem	300g	214,10	714	5,0	4,0	4,0	1070,5	856,4	856,4
Gengibre	kg	5,10	----	20,0	13,0	8,0	102,00	66,30	40,80
Laranja seleta	kg	250,00	----	10	8,0	2,50	2500,00	2000,00	625,00
Laranja lima	kg	930,00	----	10	8,0	2,50	9300,00	5580,00	2325,00
Fubá	kg	330,00	----	8,0	6,0	3,15	2640,00	1980,00	1039,5
Pimenta biquinho	300g	50,00	167	4,0	3,0	3,0	668,00	501,00	501,00
Pimenta cayenna	300g	4,00	13	4,0	3,0	3,0	52,00	39,00	39,00
Pepino	kg	270,00	----	8,0	5,0	2,0	2160,00	1350,00	540,00
Pimentão	300g	36,70	122	8,0	4,0	2,0	976,00	488,00	244,00
Quiabo	kg	100,00	----	15,0	12,0	12,0	1500,00	1200,00	1200,00
Rabanete	maço 600g	435,00	725	4,5	3,0	2,0	3262,5	2175,00	1450,00
Rúcula	maço 300g	350,00	1167	3,0	3,0	0,66	3501,00	3501,00	770,22
Salsa	maço 300g	90,00	300	3,0	3,0	0,66	900,00	900,00	198,00
Tomate rosa	bandeja 300g	63,00	210	10,0	6,0	5,0	2100,00	1260,00	1050,00
Tomate perinha	bandeja 300g	75,00	250	10,0	6,0	5,0	2500,00	1500,00	1250,00
Total	---	12377,00	----	----	----	----	215354,00	195231,7	59476,65

Tabela 13- Produção de hortaliças e demais culturas de interesse econômico, preços praticados na feira orgânica da Glória, na feira da agricultura familiar, na feira convencional do município de Seropédica e a receita estimada nos três cenários de comercialização em 2022.

Espécies	Forma de Comercialização	Produção (kg)	Produção (unid)	Preço de comercialização (R\$)			Receita (R\$)		
				Orgânico	Agroecológico	Convencional	Orgânico	Agroecológico	Convencional
Abóbora	kg	54,1	----	10,00	5,0	4,99	541,00	270,50	269,95
Abobrinha	kg	10,0	----	12,00	5,0	4,35	120,00	50,00	43,50
Alface crespa	unidade	1477,6	14000	3,50	3,0	1,5	49000,00	42000,00	21000,00
Alface lisa	unidade	1005,4	11200	3,50	3,0	1,5	39200,00	36600,00	16800,00
Alface americana	unidade	901,4	2100	3,50	3,0	2,0	7350,00	6300,00	3150,00
Alho-poró	unidade	51,0	840	4,00	2,0	3,5	3360,00	2520,00	2940,00
Alface romana	unidade	234,28	840	3,50	3,0	2,0	2940,00	2520,00	1680,00
Alface vermelha	unidade	509,2	4200	3,50	3,0	2,0	14700,00	12600,00	8400,00
Açafrão	kg	3,5	----	45,00	35,00	30,00	157,5	122,5	105,00
Beterraba	kg	215	----	14,00	8,00	4,00	3010,00	1720,00	860,00
Bertalha	maço 300g	167	556	3,50	3,0	2,0	1946,00	1668,00	1112,00
Batata-doce IAPAR 69	kg	96,7	----	12,00	7,0	3,70	1160,40	676,90	357,79
Batata-doce Rosinha	kg	450	----	12,00	7,0	3,70	5400,00	3150,00	1665,00
Berinjela	kg	84,74	----	12,00	5,0	4,30	1016,88	423,70	364,38
Brócolis	maço 300g	22	73	6,00	5,0	4,0	438,00	365,00	292,00
Cenoura	kg	319,1	----	14,00	5,0	3,29	4467,40	1595,50	1049,83
Cebolinha	maço 300g	173,9	579	3,50	3,0	2,50	2026,50	1737,00	1447,5
Cebola verde	maço 600g	241,9	403	8,00	6,0	6,0	3224,00	2418,00	2418,00
Chicória	unidade	1380,73	14000	3,50	3,0	2,0	49000,00	42000,00	28000,00
Coentro	maço 300g	34	113	3,50	3,0	3,0	395,50	339,00	339,00
Couve híbrida	maço 300g	437,8	1459	3,50	3,00	2,00	5106,50	4377,00	2918,00
Feijão-vagem	300g	274,91	916	7,00	5,00	4,0	6412,00	4580,00	3664,00
Laranja seleta	kg	150	----	12,00	8,00	5,65	1800,00	1200,00	847,50
Laranja lima	kg	804,75	----	12,00	8,00	3,99	9657,00	6438,00	3210,95
Fubá	kg	510	----	12,00	10,0	4,70	6120,00	5100,00	2397,00
Pimenta cayenna	300g	3,87	12,9	15,00	5,0	4,0	193,50	64,50	51,60
Pepino	kg	237,3	----	10,00	5,0	3,0	2373,00	1186,50	711,92
Pimentão	300g	21,5	72	8,00	5,0	3,29	576,00	360,00	236,88
Rabanete	maço 600g	143	238	6,00	3,5	3,0	1428,00	833,00	714,00
Rúcula	maço 300g	203	677	3,50	3,0	2,0	2369,50	2031,00	1354,00
Salsa	maço 300g	114	380	3,50	3,0	2,0	1330,00	1140,00	760,00
Tomate perinha	bandeja 500g	52,26	104,52	7,00	7,0	8,0	731,64	731,64	836,16
Total	----	10383,94	----	----	----	----	227550,30	187117,7	109996,00

Para os índices econômicos obtidos ao final dos anos agrícolas (Tabela 14), a comercialização destinada às feiras orgânicas apresentou a maior receita líquida, na ordem de 142.610,37, 134.401,49 e 151.633,49 reais, respectivamente, 2020, 2021 e 2022. Quanto à relação custo/benefício, cujos valores iguais ou superiores a 1 indicam situações economicamente viáveis e valores inferiores indicam inviabilidade do sistema, nos três anos agrícolas a simulação do comércio em feiras orgânicas e agroecológicas mostraram-se viáveis considerando a comercialização plena da produção das espécies detalhadas.

Quanto a simulação na feira convencional, em 2020 e 2021, a receita líquida foi negativa, fato que condiz com situação de prejuízo caso a produção seja destinada a esse comércio. Ademais, como descrito anteriormente, pode-se observar o aspecto negativo pela relação custo/benefício que em 2020 foi de 0,97 e em 2021 foi de 0,94. Por outro lado, em 2022, a receita líquida obtida nesse sistema foi de 49063,49 reais, gerando uma relação custo/benefício de 1,80, ou seja, caracterizando-se um sistema viável.

Esse resultado alcançado com a comercialização em feira convencional é reflexo do aumento do preço dos alimentos como pode ser observado nas tabelas 11, 12 e 13 ilustradas anteriormente. Levando em consideração as hortaliças folhosas, com destaque para as alfaces que contribuíram majoritariamente para a receita, em 2020 e 2021 o preço cotado foi de 0,66 reais por unidade, ao passo que, em 2022 para as mesmas espécies o preço cotado variou de 1,5 a 2,0 reais. Além disso, em algumas ocasiões o preço na feira convencional equiparou-se ao encontrado na feira agroecológica.

Tabela 14. Índices econômicos do módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020 a 2022.

Índice econômico	Cenário de comercialização						
	Ano de 2020						
	Orgânica (R\$)	%	Agroecológico (R\$)	%	Convencional (R\$)	%	
Custo fixo anual	2.868,24	4,20	2.868,24	4,6	2.868,24	4,9	
Custo variável	49.133,39	71,9	49.133,39	78,7	49.133,39	82,1	
Custo com comercialização	16.320,00	23,9	10.400,00	16,7	7.800,00	13,0	
Custo operacional total	68.321,63	100	62.401,63	100	59.801,63	100	
Receita bruta	210.932,00		137.692,20		58.189,18		
Receita bruta mensal	17.577,66		11.474,33		4.849,09		
Receita líquida	142.610,37		75.290,37		-1612,45		
Receita líquida mensal	11.884,20		6.274,20		-134,37		
Relação custo-benefício	3,08		2,20		0,97		
Índice econômico	Ano de 2021						
	Custo fixo anual	2.868,24	3,50	2.868,24	3,9	2.868,24	4,52
	Custo variável	50.264,27	62,1	50.264,27	68,0	50.264,27	79,11
Custo com comercialização	27.820,00	34,4	20.800,00	28,1	10.400,00	16,37	
Custo operacional total	80.952,51	100	73.932,51	100	63.532,51	100	
Receita bruta	215.354,00		195.231,7		59.476,65		
Receita bruta mensal	17.946,16		16.269,30		4.956,39		
Receita líquida	134.401,49		121.299,19		-4.055,86		
Receita líquida mensal	11.200,12		10.108,26		-337,98		
Relação custo-benefício	2,66		2,64		0,94		
Índice econômico	Ano de 2022						
	Custo fixo anual	2.868,24	3,80	2.868,24	4,20	2.868,24	4,70
	Custo variável	50.264,27	66,2	50.264,27	73,1	50.264,27	82,50
Custo com comercialização	22.784,00	30,0	15.600,00	22,7	7.800,00	12,80	
Custo operacional total	75.916,51	100	68.732,51	100	60.932,51	100	
Receita bruta	227.550,00		187.117,7		109.996,00		
Receita bruta mensal	18.962,5		15.593,14		9.166,33		
Receita líquida	151.633,49		118.385,19		49.063,49		
Receita líquida mensal	12.636,12		9.865,43		4.088,62		
Relação custo-benefício	2,99		2,72		1,80		

5.5.6 Balanço parcial de nutrientes de 2020 a 2022

O balanço parcial de nutrientes obtido por meio do ingresso via composto fermentado no ano agrícola de 2020, cujo composto formulado, respectivamente, com os farelos de trigo e de mamona (60:40 p/p) apresentava, em g kg⁻¹, 40 de N; 7,82 de P; 10,02 de K; 5,21 de Ca e 2,5 de Mg, foi negativo para os nutrientes K, Ca e Mg (Tabela 15). Isso indica que a quantidade de nutrientes fornecida pelo composto, na dose estipulada, não atendeu a demanda do sistema, gerando um déficit de K na faixa de 32,2 kg, de cálcio 16,7 kg e de Mg 5,65 kg.

A cultura que contribuiu para a maior exportação de K foi a alface crespa, haja vista ter alcançado alta produção de fitomassa. Além disso, tratando-se de sistemas de produção de hortaliças o K é majoritariamente o nutriente mais exportado (Grangeiro *et al.*, 2006; Petrazzini *et al.*, 2014). Quanto ao Ca, os frutos das laranjeiras (lima) proporcionaram a maior extração 5,31 kg, seguidos da alface crespa 4,85 kg, chicória 3,58 kg e cenoura 3,23 kg. Cabe ressaltar que as laranjeiras não foram adubadas durante o ano agrícola, contribuindo apenas com a

exportação dos nutrientes. No que se refere ao Mg, a alface crespa proporcionou a maior extração 2,42 kg, seguida da chicória 1,67 kg, da alface lisa 1,07 kg e da laranja lima 1,06 kg.

Esses indicadores, obtidos na mesma área experimental, também foram relatados por Silva (2018), os quais a autora relatou um balanço negativo para o K, na ordem de 19,16 kg e 0,48 kg para o Mg. Semelhantemente, Pian (2019) observou balanços negativos no sistema, com um déficit de 15,09 kg de K, 7,54 de Ca e 4,36 de Mg no ano agrícola de 2015, ao passo que, em 2016 a autora relatou déficits de 10,79 kg de Ca e 6,14 de Mg. Souza (2022) também relatou déficit de K no sistema com um montante de 36,51 kg. No que tange ao K, assim como descrito anteriormente, é o nutriente que em diferentes anos agrícolas apresenta saldos negativos mais elevados.

A realização do balanço anual permite monitorar os nutrientes e associados aos teores determinados no solo, pode-se realizar reposições de determinado nutriente por meio de outra fonte fertilizante, ou até mesmo aumentar a dose do composto fermentado. De maneira geral os teores de K no solo da área experimental encontram-se em nível baixo (menor que 45 mg dm^3) considerando a análise com o extrator Mehlich 1. Os teores de P são considerados de altos (21 a 30 mg dm^3) a muito altos (maior que 30 mg dm^3). Quanto a relação Ca + Mg os teores são considerados médios variando de 2,1 a $6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Freire *et al.*, 2013).

No ano agrícola de 2021, o composto fermentado foi formulado, respectivamente, com o bagaço de malte, farelo de mamona e o farelo de trigo (50:40:10 p/p), apresentando, em g kg^{-1} , 50,06 de N; 6,6 de P; 8,7 de K; 9,2 de Ca e 2,71 de Mg. O balanço de nutrientes assim como observado em 2020, foi negativo para o K, Ca e Mg, com saldos negativos de 27,71, 6,68 e 4,43 para os respectivos nutrientes (Tabela 16).

O balanço negativo de K foi semelhante ao primeiro ano, ao passo que, para o Ca e o Mg observou-se uma redução do déficit. Possivelmente essa redução foi ocasionada pelos maiores teores desses elementos contidos no composto e impulsionados pela adição do bagaço de malte. De maneira contrária, houve uma redução dos teores de K na composição do composto, fato atribuído ao reduzido teor deste elemento no bagaço de malte. Parte desse nutriente é perdida com a drenagem do excesso de água ao sair da indústria cervejeira, haja vista que se trata de um elemento não estrutural. As culturas que contribuíram para a maior exportação de K foram a alface crespa 7,95 kg, alface lisa 6,05 kg, alface americana 4,8 kg e chicória 4,04 kg. Quanto ao Ca, as maiores exportações de nutrientes foram ocasionadas pelos frutos de laranja lima 4,09 kg, alface crespa 2,59 kg, chicória 2,53 kg, cenoura 2,46 kg e alface americana 2,22 kg. No que tange ao Mg, a alface crespa exportou 1,41 kg, a chicória 1,22 kg e a alface lisa 1,15 kg.

No ano agrícola de 2022, a formulação do composto fermentado seguiu idêntica à mencionada em 2021, contendo, em g kg^{-1} , 42 de N; 5,23 de P; 5,76 de K; 8,36 de Ca e 5,58 de Mg. O balanço de nutrientes diferentemente ao mencionado em 2020 e 2021, foi negativo somente para o K, com saldo negativo de 24,9 kg desse macronutriente (Tabela 17). As culturas que mais contribuíram para a exportação de K foram a alface crespa 5,140 kg, a batata-doce 4,625 kg, a alface lisa 4,136 kg, a laranja lima 3,29 kg, a chicória 2,72 kg e o fubá 2,377 kg.

Tabela 15- Balanço de N, P, K, Ca e Mg quantificado no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças considerando a área cultivada com as culturas de interesse econômico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2020.

Espécies	Produção	Umidade	Produção	Ingresso de nutrientes composto					Teores de nutrientes fitomassa seca					Quantidade exportada				
	(kg) Fresca	(%)	(kg) Seca	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Abóbora	43,50	86,50	5,87	0,40	0,0782	0,1020	0,0521	0,025	12,20	1,90	22,86	0,97	5,89	0,0716	0,01	0,13	0,01	0,03
Abobrinha	17,80	92,11	1,40	0,40	0,0782	0,1020	0,0521	0,025	14,40	2,30	29,30	1,2	4,99	0,0201	0,003	0,04	0,003	0,01
Alface crespa	2910,3	89,35	309,95	11,20	2,1896	2,8560	1,4588	0,700	36,46	6,94	43,73	15,66	7,82	11,300	2,15	13,55	4,85	2,42
Alface lisa	1356,7	91,14	120,20	8,96	1,75168	2,2848	1,1670	0,560	35,80	6,60	37,78	15,01	8,86	4,3031	0,79	4,54	1,80	1,07
Alface americana	545,5	90,20	53,46	1,68	0,32844	0,4284	0,2188	0,105	33,35	5,70	38,18	18,11	7,60	1,7828	0,30	2,04	0,97	0,41
Alface romana	473,0	90,70	43,99	1,12	0,21896	0,2856	0,1458	0,070	29,45	5,53	38,86	12,03	6,49	1,2955	0,24	1,71	0,53	0,29
Alface vermelha	693,2	92,15	54,42	3,36	0,65688	0,8568	0,4376	0,210	32,14	6,15	39,32	14,98	8,01	1,7490	0,33	2,14	0,82	0,44
Açafrão	5,00	74,68	1,27	0,26	0,05083	0,0663	0,0338	0,016	8,90	3,14	23,18	2,41	2,70	0,0113	0,003	0,03	0,003	0,003
Banana	200	79,14	41,72	1,25	0,24437	0,3187	0,1628	0,078	18,20	2,75	58,44	2,09	3,15	0,7593	0,11	2,44	0,09	0,13
Beterraba	31,00	87,14	3,99	0,56	0,10948	0,1428	0,0729	0,035	29,86	11,37	29,38	11,58	13,34	0,1191	0,05	0,12	0,05	0,05
Bertalha	212,5	92,17	16,64	0,56	0,10948	0,1428	0,0729	0,035	19,83	7,17	31,12	1,04	1,34	0,3299	0,12	0,52	0,17	0,22
B. IAPAR 69	48,50	70,14	14,48	-----	-----	-----	-----	-----	5,140	3,88	29,15	2,41	3,77	0,0744	0,06	0,42	0,03	0,05
Batata-doce Rosinha	40,00	63,17	14,73	-----	-----	-----	-----	-----	4,440	3,23	7,89	3,15	3,01	0,0654	0,05	0,12	0,05	0,04
Brócolis	7,0	89,12	0,76	0,30	0,05865	0,0765	0,0391	0,019	12,00	5,73	28,14	16,19	3,52	0,0091	0,003	0,02	0,01	0,003
Cenoura	1351,7	86,88	177,34	2,24	0,43792	0,5712	0,2917	0,140	33,12	5,02	18,13	18,19	4,97	5,8735	0,89	3,22	3,23	0,88
Cebolinha	152,4	87,80	18,59	1,04	0,20332	0,2652	0,1354	0,065	37,79	4,23	22,33	18,09	5,0	0,7025	0,08	0,42	0,34	0,09
Chicória	1821	89,17	197,21	11,20	2,1896	2,856	1,4588	0,700	23,50	6,90	38,77	18,16	8,48	4,6344	1,36	7,65	3,58	1,67
Coentro	114,4	80,12	22,74	1,04	0,20332	0,2652	0,1354	0,065	39,20	4,08	41,26	13,08	6,07	0,8914	0,09	0,94	0,30	0,14
Couve híbrida	203,0	91,78	16,69	1,12	0,21896	0,2856	0,1459	0,070	50,30	8,44	25,09	34,85	8,52	0,8395	0,14	0,42	0,58	0,14
Feijão-vagem	227,3	88,13	26,98	1,68	0,32844	0,4284	0,2188	0,105	30,97	4,65	27,71	10,44	5,12	0,8355	0,13	0,75	0,28	0,14
Gengibre	7,5	78,90	1,58	0,26	0,05083	0,0663	0,0338	0,016	11,49	2,18	14,33	1,37	2,14	0,0181	0,003	0,02	0,003	0,003
Laranja seleta	320,00	48,02	166,34	-----	-----	-----	-----	-----	9,51	1,55	6,54	8,04	1,09	1,5818	0,26	1,09	1,34	0,18
Laranja lima	1257	46,49	672,62	-----	-----	-----	-----	-----	7,44	1,70	6,33	7,89	1,57	5,0042	1,14	4,26	5,31	1,06
Fubá	312,00	12,0	274,56	17,6	3,39388	4,4268	2,2611	1,085	7,42	3,11	6,99	0,44	1,65	2,0372	0,85	1,92	0,12	0,45
Pepino	204,6	93,14	14,04	1,58	0,32844	0,4284	0,2188	0,105	31,15	4,53	37,00	10,09	5,70	0,4373	0,06	0,52	0,14	0,08
Quiabo	52,00	84,01	8,31	1,30	0,25415	0,3315	0,1693	0,081	30,00	3,17	11,82	32,18	7,99	0,2493	0,03	0,10	0,27	0,07
Rabanete	547,00	94,18	31,84	2,24	0,43792	0,5712	0,2917	0,140	34,10	5,63	32,55	23,15	7,49	1,0857	0,18	1,04	0,74	0,24
Rúcula	427,70	89,93	43,07	2,24	0,43792	0,5712	0,2917	0,140	31,10	6,82	24,55	32,10	5,55	1,3394	0,29	1,06	1,38	0,24
Salsa	65,1	92,11	5,14	1,04	0,20332	0,2652	0,1354	0,065	41,69	4,48	39,97	10,81	6,15	0,2142	0,02	0,21	0,06	0,03
Taioba	10,00	87,92	1,21	0,26	0,05083	0,0663	0,0338	0,016	25,44	5,60	38,73	11,03	5,19	0,0307	0,01	0,05	0,01	0,01
Tomate rosa	274,2	89,48	28,85	2,60	0,5083	0,663	0,3386	0,162	14,77	3,56	32,29	1,07	1,48	0,4261	0,10	0,93	0,03	0,04
Tomate pera	47,2	88,70	5,33	2,60	0,5083	0,663	0,3386	0,162	15,42	3,23	31,14	1,17	1,35	0,0821	0,02	0,17	0,01	0,01
Total	13978,1	-----	2395,32	79,95	15,63	20,39	10,41	4,99	-----	-----	-----	-----	-----	48,17	9,89	52,55	27,11	10,64
Balanço	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	+31,78	+5,74	-32,2	-16,7	-5,65

Tabela 16- Balanço de N, P, K, Ca e Mg quantificado no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças considerando a área cultivada com as culturas de interesse econômico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2021.

Espécies	Produção	Umidade	Produção	Ingresso de nutrientes composto					Teores de nutrientes fitomassa seca					Quantidade exportada fitomassa				
	(kg)	(%)	(kg)	(kg)					(g kg ⁻¹)					(kg)				
	Fresca		Seca	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Abóbora	47,00	86,39	6,40	0,4004	0,0528	0,0696	0,0736	0,0216	11,88	1,87	22,64	0,92	5,67	0,0761	0,011	0,144	0,005	0,036
Abobrinha	220,00	93,00	15,40	0,6007	0,0792	0,1044	0,1104	0,0325	13,76	2,41	29,14	1,32	4,33	0,2119	0,037	0,448	0,020	0,066
Alface crespa	2150,0	92,00	172	14,567	1,9206	2,5317	2,6772	0,7886	36,20	7,54	46,24	15,07	8,23	6,2264	1,296	7,953	2,592	1,415
Alface lisa	1513,0	91,17	133,54	8,9707	1,1827	1,5590	1,6486	0,4856	35,51	6,67	45,35	14,95	8,66	4,7421	0,891	6,058	1,997	1,156
A. americana	976,00	87,36	123,36	1,6820	0,2217	0,2923	0,3091	0,0910	33,47	5,82	39,32	18,05	7,85	4,1288	0,717	4,850	2,226	0,968
A romana	232,00	88,80	25,98	0,5606	0,0739	0,0974	0,1030	0,0303	31,50	5,71	36,86	10,74	7,37	0,8183	0,148	0,957	0,279	0,191
Açafrão	3,00	73,00	0,81	0,2603	0,0343	0,0452	0,0478	0,0140	9,00	3,31	22,14	2,37	2,63	0,0072	0,002	0,017	0,001	0,002
Beterraba	190,00	86,11	26,39	1,6820	0,2217	0,2923	0,3091	0,0910	29,26	11,92	34,49	14,24	13,2	0,7721	0,314	0,910	0,375	0,347
Bertalha	195,00	93,08	13,49	0,5606	0,0739	0,0974	0,1030	0,0303	19,78	6,82	14,18	19,25	14,7	0,2668	0,092	0,191	0,259	0,198
B. Rosinha	50,0	86,78	6,61	-----	-----	-----	-----	-----	6,14	2,99	8,60	3,33	3,11	0,0405	0,019	0,056	0,022	0,020
Berinjela	156,00	84,50	24,18	2,1025	0,2772	0,3654	0,3864	0,1138	31,66	5,71	18,33	3,29	5,89	0,7655	0,138	0,443	0,079	0,142
Cenoura	1250,00	89,85	126,87	2,2426	0,2956	0,3897	0,4121	0,1214	2,77	5,40	18,11	19,44	6,31	0,3514	0,685	2,297	2,466	0,800
Cebolinha	123,00	89,93	12,38	1,0412	0,1372	0,1809	0,1913	0,0563	35,39	4,16	24,13	19,36	4,91	0,4381	0,051	0,298	0,239	0,060
Cebola verde	334,00	86,66	44,55	1,1213	0,1478	0,1948	0,2060	0,0607	37,80	3,89	39,65	14,30	3,44	1,6839	0,173	1,766	0,637	0,153
Chicória	1374,7	89,00	151,21	11,213	1,4784	1,9488	2,0608	0,6070	23,01	6,87	26,72	16,72	8,10	3,4793	1,038	4,040	2,528	1,224
Coentro	70,00	83,12	11,81	1,0412	0,1372	0,1809	0,1913	0,0563	38,65	3,98	45,55	12,54	6,47	0,4564	0,047	0,538	0,148	0,076
Couve híbrida	270,4	85,70	38,66	1,1213	0,1478	0,1948	0,2060	0,0607	50,36	8,54	26,62	32,84	8,53	1,9469	0,330	1,029	1,269	0,329
C. manteiga	20,00	87,20	2,56	0,9010	0,1188	0,1566	0,1656	0,0487	40,34	7,65	29,36	33,44	7,55	0,1032	0,019	0,075	0,085	0,019
Feijão-vagem	214,10	90,01	21,38	1,6820	0,2217	0,2923	0,3091	0,0910	31,69	4,55	24,01	11,30	4,53	0,6775	0,097	0,513	0,241	0,096
Gengibre	5,10	77,23	1,16	0,2603	0,0343	0,0452	0,0478	0,0140	13,10	2,55	13,23	1,43	2,37	0,0151	0,002	0,015	0,001	0,002
Laranja seleta	250,00	45,28	136,8	-----	-----	-----	-----	-----	10,90	1,45	6,41	8,52	1,35	1,4911	0,198	0,876	1,165	0,184
Laranja lima	930,00	49,88	466,12	-----	-----	-----	-----	-----	13,56	1,707	6,32	8,79	1,13	6,3205	0,795	2,945	4,097	0,526
Fubá	330,00	12,5	288,75	17,380	2,2915	3,0206	3,1942	0,9409	6,25	3,72	5,46	0,55	1,44	1,8046	1,074	1,576	0,158	0,415
P. biquinho	50,00	67,11	16,44	2,1025	0,2772	0,3654	0,3864	0,1138	19,14	2,77	33,14	2,32	1,69	0,3146	0,045	0,544	0,038	0,027
P. cayenna	4,00	71,14	1,15	0,3003	0,0396	0,0522	0,0552	0,0162	16,76	3,68	35,13	1,34	2,54	0,0192	0,004	0,040	0,001	0,002
Pepino	270,00	94,56	14,68	1,6820	0,2217	0,2923	0,3091	0,0910	22,44	3,70	36,47	10,77	4,98	0,3294	0,054	0,535	0,0158	0,073
Pimentão	36,70	87,44	4,61	0,6507	0,0858	0,1131	0,1196	0,0352	23,71	4,38	41,25	2,54	3,44	0,1093	0,020	0,190	0,011	0,015
Quiabo	100,00	83,19	16,81	1,3015	0,1716	0,2262	0,2392	0,0704	29,90	2,97	12,32	31,11	7,63	0,5026	0,049	0,207	0,522	0,128
Rabanete	435,00	91,88	35,32	1,6820	0,2217	0,2923	0,3091	0,0910	31,97	5,27	33,50	20,36	7,12	1,1291	0,186	1,183	0,719	0,0251
Rúcula	350,00	90,87	31,95	0,6507	0,0858	0,1131	0,1196	0,0352	31,44	6,35	22,12	30,25	7,51	1,0045	0,202	0,706	0,966	0,239
Salsa	90,00	87,88	10,90	1,3015	0,1716	0,2262	0,2392	0,0704	42,65	4,33	42,65	10,13	7,58	0,4648	0,047	0,465	0,110	0,082
Tomate rosa	63,00	86,66	8,40	2,2426	0,2956	0,3897	0,4121	0,1214	14,84	3,98	29,82	0,58	1,44	0,1246	0,033	0,250	0,004	0,012
Tomate pera	75,00	87,45	9,41	2,2426	0,2956	0,3897	0,4121	0,1214	17,51	3,72	18,85	0,73	1,77	0,1647	0,035	0,177	0,006	0,016
Total	12377,00	-----	2000,231	89,80	11,84	15,61	16,50	4,86	-----	-----	-----	-----	-----	40,98	8,86	42,31	23,28	9,29
Balanço	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	+48,82	+2,98	-27,71	-6,68	-4,43

Tabela 17. Balanço de N, P, K, Ca e Mg quantificado no módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças considerando a área cultivada com as culturas de interesse econômico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.

Espécies	Produção	Umidade	Produção	Ingresso de nutrientes composto					Teores de nutrientes fitomassa seca					Quantidade exportada fitomassa				
	(kg)	(%)	(kg)	(kg)					(g kg ⁻¹)					(kg)				
	Fresca		Seca	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Abóbora	54,1	83,30	9,03	9,52	0,3998	0,0497	0,0548	0,0795	11,77	1,89	23,65	0,51	5,50	0,1063	0,017	0,213	0,004	0,049
Abobrinha	10,0	91,00	0,90	9,52	0,3998	0,0497	0,0548	0,0795	12,90	2,53	33,12	1,01	5,12	0,0116	0,002	0,029	0,0009	0,004
Alface crespa	1477,6	92,14	116,13	266,56	11,195	1,3941	1,5353	2,2284	37,22	4,41	44,26	15,44	7,73	4,3223	0,512	5,140	1,793	0,897
Alface lisa	1005,4	92,70	73,39	213,24	8,9564	1,1152	1,2283	1,7827	34,49	6,54	56,36	15,48	7,62	2,5312	0,479	4,136	1,136	0,559
A. americana	901,4	93,48	58,77	39,984	1,6793	0,2091	0,2303	0,3342	33,10	5,78	37,31	18,49	6,14	1,9453	0,339	2,192	1,086	0,360
Alho-poró	51,0	88,60	5,81	13,328	0,5597	0,0697	0,0767	0,1114	29,70	4,80	46,02	9,52	2,54	0,1725	0,027	0,267	0,055	0,014
Alface romana	234,28	91,56	19,77	13,328	0,5597	0,0697	0,0767	0,1114	32,86	5,52	34,96	10,40	5,95	0,6496	0,109	0,691	0,205	0,117
Alface vermelha	509,2	95,12	24,84	79,968	3,3586	0,4182	0,4606	0,6685	31,47	6,09	42,26	14,33	7,01	0,7817	0,151	1,050	0,356	0,174
Açafrão	3,5	74,15	0,90	6,188	0,2598	0,0323	0,0356	0,0517	7,82	3,17	24,01	2,21	2,19	0,0071	0,002	0,021	0,0019	0,001
Beterraba	215	89,44	22,704	39,984	1,6793	0,2091	0,2303	0,3342	30,23	11,37	30,54	14,46	12,31	0,6863	0,258	0,693	0,328	0,279
Bertalha	167	92,89	11,87	13,328	0,5597	0,0697	0,0767	0,1114	20,50	6,54	14,55	15,10	22,17	0,2433	0,077	0,172	0,179	0,263
B. IAPAR 69	96,7	73,11	26,00	2,1168	-----	-----	-----	-----	5,60	4,70	33,16	7,65	6,9	0,1456	0,122	0,862	0,198	0,179
B. Rosinha	450	71,29	129,19	0,3024	-----	-----	-----	-----	6,30	5,20	35,80	8,70	6,53	0,813897	0,671	4,625	1,123	0,843
Berinjela	84,74	82,31	14,99	49,98	2,0991	0,2613	0,2878	0,4178	25,58	4,63	45,06	2,77	3,50	0,3834	0,069	0,675	0,041	0,052
Brócolis	22	91,30	1,91	7,14	0,2998	0,0373	0,0411	0,0596	17,45	5,99	27,15	17,12	3,63	0,0333	0,011	0,051	0,032	0,006
Cenoura	319,1	89,20	34,46	39,984	1,6793	0,2091	0,2303	0,3342	24,90	5,33	17,40	21,11	5,65	0,8581	0,183	0,599	0,727	0,194
Cebolinha	173,9	89,17	18,83	24,752	1,0395	0,1294	0,1425	0,2069	36,90	4,18	28,40	18,56	4,93	0,6948	0,078	0,534	0,349	0,092
Cebola verde	241,9	85,37	35,38	53,312	2,2391	0,2788	0,3070	0,4456	27,48	4,15	38,93	14,65	3,70	0,9722	0,146	1,377	0,518	0,130
Chicória	1380,73	94,82	71,52	266,56	11,195	1,3941	1,5353	2,2284	22,87	6,30	38,15	20,96	7,92	1,6356	0,450	2,728	1,499	0,566
Coentro	34	90,23	3,32	24,752	1,0395	0,1294	0,1425	0,2069	38,20	3,95	52,31	13,82	6,23	0,1268	0,013	0,173	0,045	0,020
Couve híbrida	437,8	90,52	41,50	53,312	2,2391	0,2788	0,3070	0,4456	55,67	5,82	27,08	23,41	8,78	2,3103	0,241	1,123	0,971	0,364
Feijão-vagem	274,91	91,40	23,64	39,984	1,6793	0,2091	0,2303	0,3342	30,67	4,66	27,12	11,72	5,63	0,7251	0,110	0,641	0,277	0,133
Laranja seleta	150	47,30	79,05	-----	-----	-----	-----	-----	9,54	1,55	6,75	7,54	1,10	0,7541	0,122	0,533	0,596	0,086
Laranja lima	804,75	46,40	431,346	-----	-----	-----	-----	-----	7,36	1,78	7,63	6,12	1,13	3,1747	0,767	3,291	2,639	0,487
Fubá	510	12,36	444,964	17,3530	2,1608	2,3798	3,4540	2,3054	6,11	3,48	5,32	0,60	1,59	2,7187	1,555	2,377	0,268	0,710
Pimenta cayenna	3,87	72,00	1,08	1,2994	0,1618	0,1782	0,2586	0,1726	16,83	3,81	33,75	1,41	2,19	0,0181	0,004	0,036	0,001	0,002
Pepino	237,3	95,20	11,39	1,6793	0,2091	0,2303	0,3342	0,2231	30,00	5,51	34,58	9,93	4,32	0,3417	0,062	0,393	0,113	0,049
Pimentão	21,5	84,00	3,44	2,0991	0,2613	0,2878	0,4178	0,2788	23,24	4,60	37,84	2,66	2,99	0,0799	0,015	0,130	0,009	0,010
Rabanete	143	93,20	9,724	1,6793	0,2091	0,2303	0,3342	0,2231	34,63	5,48	30,61	22,35	6,76	0,3367	0,053	0,297	0,217	0,065
Rúcula	203	91,44	17,37	1,6793	0,2091	0,2303	0,3342	0,2231	31,55	6,52	24,55	31,03	9,41	0,5481	0,113	0,426	0,539	0,163
Salsa	114	87,11	14,69	1,0395	0,1294	0,1425	0,2069	0,1381	42,32	4,58	44,41	9,98	8,06	0,6216	0,067	0,652	0,146	0,118
Tomate pera	52,26	91,15	4,62	2,5989	0,3236	0,3564	0,5173	0,3452	15,45	3,86	31,12	1,04	1,34	0,0713	0,143	0,143	0,0048	0,006
Total	10383,94	-----	1764,63	82,55	10,28	11,32	16,43	10,97	-----	-----	-----	-----	-----	28,82	6,86	36,28	15,470	7,009
Balanço	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	+53,73	+3,42	-24,9	+0,183	+3,96

5.5.7 Caracterização das comunidades bacterianas do milho e das fabáceas

A análise de escalonamento multidimensional (NMDS) do solo não rizosférico revelou um agrupamento das amostras (Figura 7), independentemente da espécie cultivada, que não diferiram entre si. Isso indica que o solo distante do ambiente rizosférico se sobrepõe às espécies cultivadas, possivelmente por apresentar uma comunidade bacteriana homogênea impulsionada pelo manejo orgânico consolidado da área experimental. Tal manejo é realizado desde 2010, onde são realizadas adubações verdes e adubações com composto fermentado que abrangem integralmente a área cultivada com as hortaliças.

Por outro lado, às amostras de solo rizosférico sofreram influência das espécies cultivadas formando grupos distintos aos encontrados no ambiente não rizosférico e entre si. A rizosfera é uma região onde são liberados exsudados, cujos metabólitos podem estimular e aumentar a diversidade bacteriana a depender da espécie cultivada (Eisenhauer *et al.*, 2017). Tal fato pode ser observado pela separação das amostras coletadas nos ambientes rizosféricos das diferentes hortaliças. As amostras oriundas dos ambientes rizosféricos da couve e da cenoura compartilham muitos grupos, sendo diferentes das demais. O mesmo padrão foi observado para as amostras de rúcula e da beterraba, cujas hortaliças apresentaram grupos semelhantes e distanciaram-se das demais hortaliças. As alfaces crespas e lisa apresentaram grupos diferentes entre si e distintos das demais hortaliças, localizados à esquerda do eixo x.

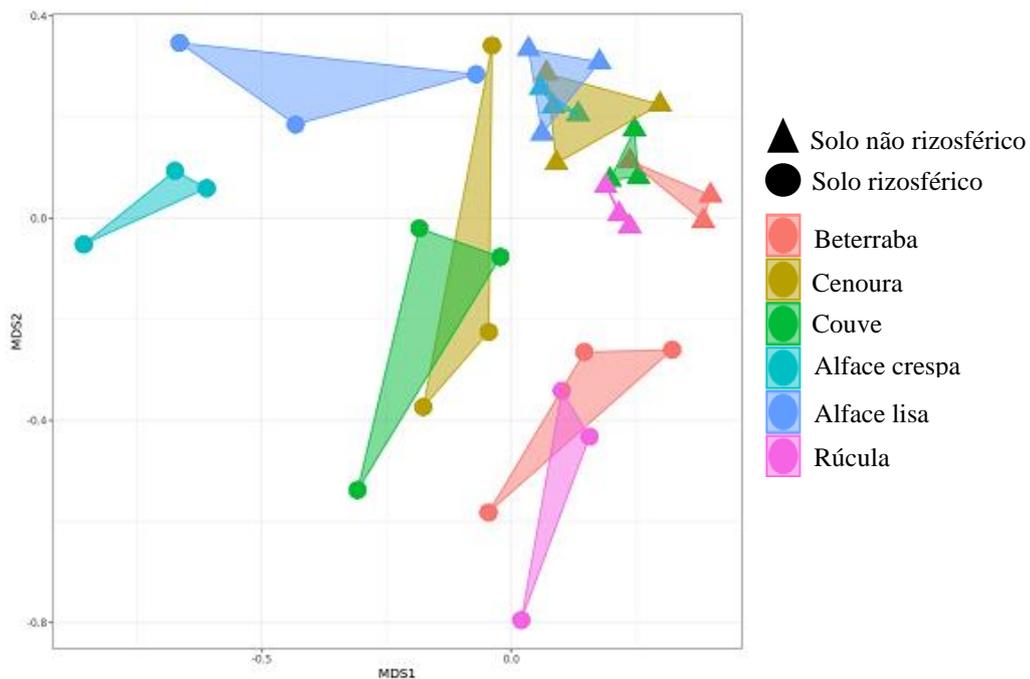


Figura 7. Beta diversidade da comunidade bacteriana associada às hortaliças cultivadas no módulo de cultivo orgânico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.

As diversidades alfa das comunidades bacterianas foram comparadas utilizando-se a riqueza (Chao 1) e a diversidade (Shannon e Simpson). A riqueza e a diversidade, com exceção da couve e da alface lisa, foram significativamente superiores no ambiente distante da rizosfera. Nesses casos, as características do solo sobressaíram-se as espécies cultivadas. Este fato é justificado pela seletividade proporcionada pelo ambiente rizosférico, cujas diferentes espécies produzem metabólitos excretados pelas raízes em diferentes estádios de crescimento. A liberação desses metabólitos no solo promove a interação com diferentes microrganismos (Alawiye; Babalola, 2019).

Os microrganismos do solo que coabitam a rizosfera são influenciados pela espécies cultivadas, cujas rizosferas podem, de maneira distinta, conter açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, mucilagem e células mortas das raízes que “alimentam” a comunidade microbiana. Esses exsudados podem influenciar positivamente ou negativamente a comunidade microbiana (Cappelli *et al.*, 2022). Estima-se que as plantas são capazes de secretar elevadas quantidades dos fotossintatos na rizosfera (Bais *et al.*, 2006; Pétriacq *et al.*, 2017; Navarro-Noya *et al.*, 2022). Cabe destacar que na literatura existem poucos trabalhos que abordam a riqueza e a diversidade das comunidades microbianas em sistema de produção de hortaliças, cuja maioria dos trabalhos envolvendo a temática estão voltados para as grandes *commodities*, com destaque ao milho e a soja (Oliveira *et al.*, 2022).

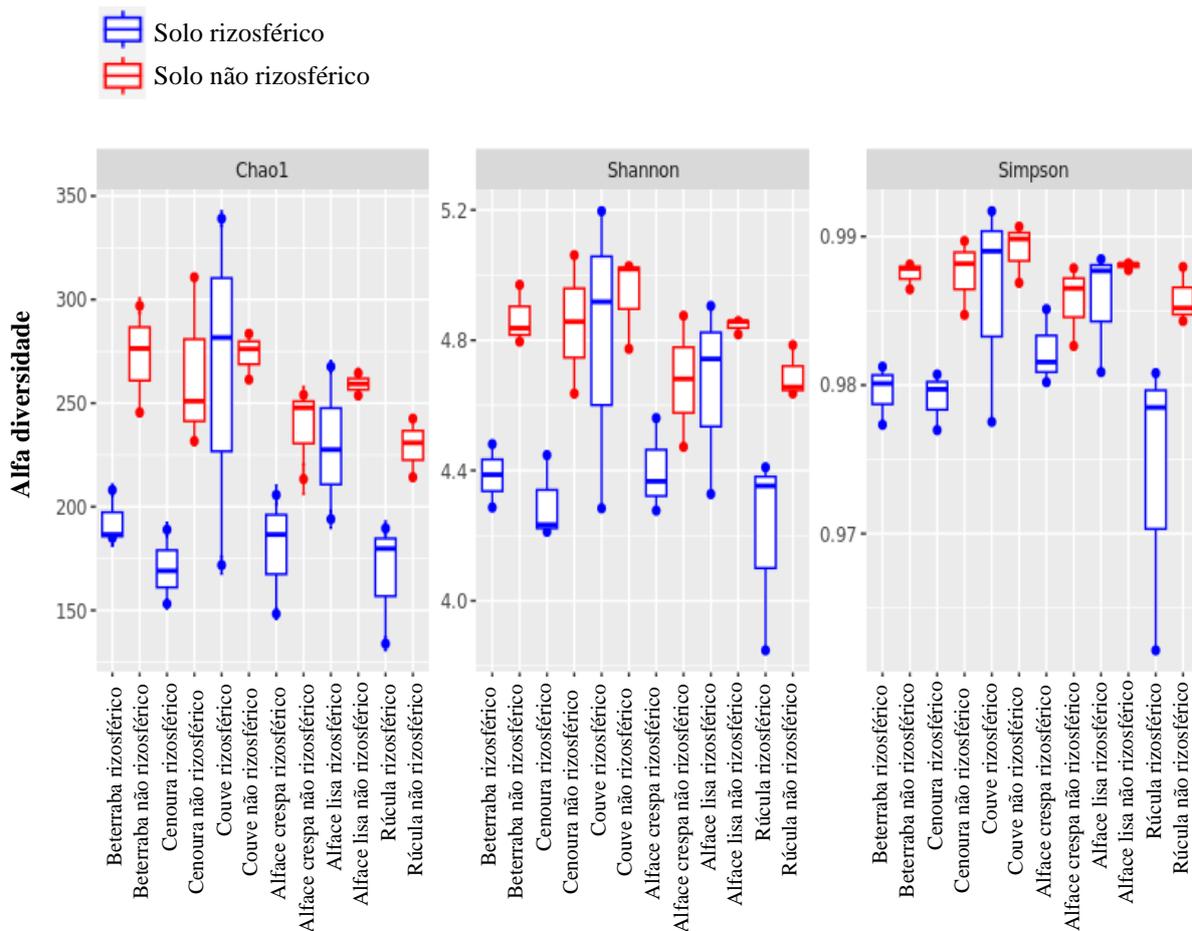


Figura 8. Riqueza e diversidade das comunidades bacterianas associadas as hortaliças cultivadas no módulo de cultivo orgânico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.

A abundância relativa em nível de filo da comunidade bacteriana apresentou um gradiente, independentemente da espécie e do ambiente de coleta das amostras. Nos diferentes ambientes de coleta e entre as espécies, a família *Bacillaceae* apresentou a maior abundância relativa, seguida das famílias *Xanthobacteraceae*, *Gaiellaceae* e *Planococcaceae* e *Beijerinckiaceae*. Ressalta-se que, comparando-se os ambientes de coleta, verificou-se que a abundância relativa da família *Bacillaceae* foi superior no solo não rizosférico, exceto para a rúcula. Esse comportamento pode estar associado a seletividade das espécies cultivadas em relação a microbiota do solo.

No ambiente rizosférico da couve constatou-se elevada abundância relativa da família *Planococcaceae*, diferindo significativamente das demais hortaliças. Cabe ressaltar que essa família engloba um conjunto diversificado de bactérias dentro da ordem *Bacillales* compreendendo 14 gêneros (viz. *Planococcus*, *Bhargavaea*, *Chryseomicrobium*, *Filibacter*, *Indiicoccus*, *Jeotgalibacillus*, *Kurthia*, *Marinibacillus*, *Paenisporosarcina*, *Planomicrobium*, *Psychrobacillus*, *Savagea*, *Sporosarcina* e *Ureibacillus*) (Shivaji *et al.*, 2014). As alfaces crespa e lisa também apresentaram maiores abundâncias relativas dessa família no ambiente rizosférico.

De maneira geral todas as famílias detectadas no ambiente não rizosférico foram encontradas na rizosfera das diferentes hortaliças diferindo apenas para as citadas anteriormente. É importante salientar que além das famílias mencionadas, outras foram detectadas em baixa abundância relativa, com representatividade na abundância relativa total quando comparadas em conjunto. No solo não rizosférico tais famílias apresentam abundâncias relativas semelhantes, ao passo que, no ambiente rizosférico as alfaces crespa e lisa sobressaíram-se as demais hortaliças, cujas abundâncias relativas foram superiores à 25%.

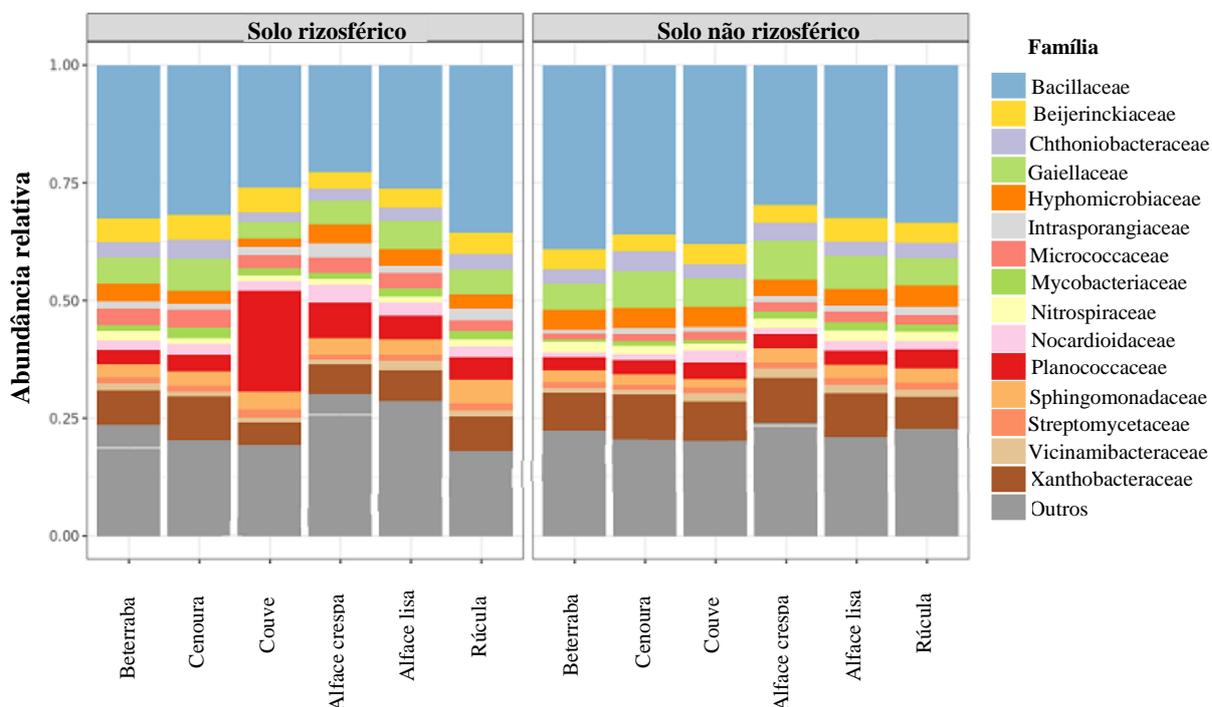


Figura 9. Abundância relativa em nível de família da comunidade bacteriana associada as hortaliças cultivadas no módulo de cultivo orgânico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.

A abundância relativa em nível de gênero da comunidade bacteriana foi distinta, detectando-se a ocorrência de quinze gêneros predominantes. Dentre esses gêneros, a maior abundância relativa observada foi do gênero *Bacillus*, independentemente da hortaliça e do local de coleta. Para as amostras coletadas no ambiente rizosférico da couve e das alfaces crespa e lisa observou-se uma redução da abundância relativa desse gênero quando as respectivas amostras foram comparadas às coletadas distantes dos ambientes rizosféricos. Nesses casos, como relatado na discussão da figura 9, pode ter ocorrido uma seletividade provocada pelas espécies cultivadas, sobressaindo-se as características do solo.

No solo e na rizosfera de diferentes espécies os microrganismos pertencentes ao gênero *Bacillus* são predominantes. Tais microrganismos atuam em diversos mecanismos que auxiliam o crescimento vegetal (Etesami *et al.*, 2023), sendo úteis por promoverem a sanidade no que se refere aos patógenos de solo e auxiliarem em melhorias na nutrição de culturas de interesse econômico (Ferreira; Bettiol, 2019). Além disso, podem atuar com eficácia como agentes de controle biológico de fitonematoides (Oliveira *et al.*, 2017) e no controle de lagartas que é amplamente difundido com a aplicação do *Bacillus thuringiensis* (Galzer; Azevedo Filho, 2016).

O gênero *Gaiella* apresentou a segunda maior abundância, sendo similar nas diferentes espécies. Assim como observado para o gênero *Bacillus*, as amostras coletadas no ambiente rizosférico da couve e das alfaces crespa e lisa apresentaram uma redução da abundância relativa do gênero *Gaiella* comparando-se as respectivas amostras coletadas distantes dos ambientes rizosféricos. Além dos quinze gêneros predominantes, foram identificados outros gêneros com menor abundância relativa. Esses gêneros foram agrupados, cuja composição foi de aproximadamente 20% da abundância relativa no ambiente não rizosférico. Quanto ao ambiente rizosférico, esses gêneros foram responsáveis por mais de 30% da abundância relativa na presença da couve e das alfaces crespa e lisa, sendo superiores as demais hortaliças.

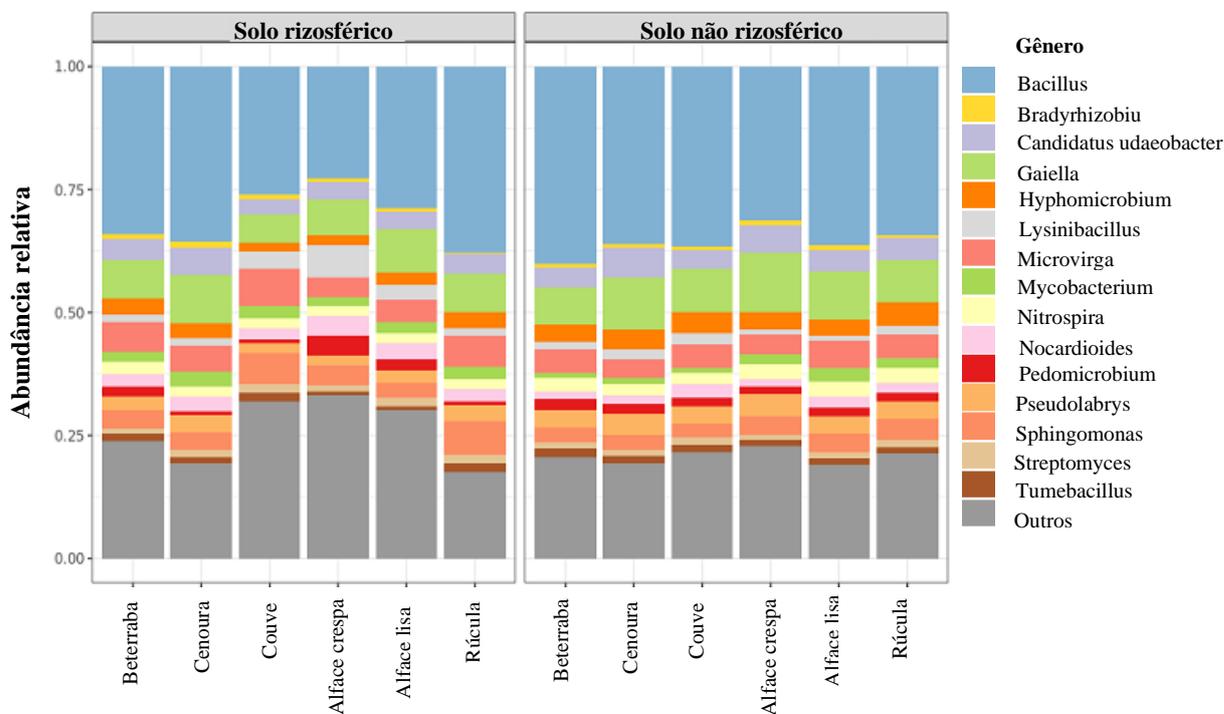


Figura 10. Abundância relativa em nível de gênero da comunidade bacteriana associada as hortaliças cultivadas no módulo de cultivo orgânico. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.

5.5.8 CONCLUSÕES

Constatou-se que o sistema de cultivo orgânico diversificado de hortaliças é economicamente viável considerando a comercialização no circuito carioca de feiras orgânicas e em feira agroecológica da agricultura familiar no município de Seropédica, gerando receita líquida mensal média, considerando o período de 2020 a 2022, de R\$ 11.906,81 e R\$ 8.749,29 reais, respectivamente.

Dentre os custos mensurados no sistema, a força de trabalho, considerando um valor médio no período de 2020 a 2022, foi responsável por 67,07%, cuja capina manual representou o custo mais elevado. Em 2020 e 2021 o balanço parcial de nutrientes foi negativo para o potássio, cálcio e magnésio, ao passo que, em 2022 foi negativo somente para o potássio gerando um déficit de 24,9 kg no sistema.

A comunidade bacteriana associada às hortaliças cultivadas no módulo de cultivo orgânico difere entre espécies. As maiores riquezas e a diversidade de espécies foram encontradas nos ambientes rizosféricos da couve e da alface lisa. O gênero *Bacillus* foi predominante nas diferentes espécies estudadas.

6. CAPÍTULO III

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE COMPOSTOS FERMENTADOS FORMULADOS COM FARELOS DE FITOMASSAS DE FABÁCEAS E RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NA FERTILIZAÇÃO DE PIMENTEIRA BIQUINHO

6.1 RESUMO

Objetivou-se avaliar as características químicas, físico-químicas, os efeitos nematocidas e a eficiência agrônômica de compostos fermentados formulados com farelos de fitomassas de fabáceas arbustivas e resíduos agroindústrias na fertilização de pimenteira biquinho. Para a determinação das características químicas e físico-químicas, o delineamento experimental foi em blocos casualizados, cujos tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 2 (farelo de trigo (FT) e bagaço de malte (BM)) x 4 (farelos de folhas de guandu (GU), de tefrósia (TF), de *Flemingia macrophylla* (FL) e do farelo de mamona (FM)). As formulações foram constituídas de uma mistura de 40% (FT ou BM) e 60% (GU, TF, FL ou FM). Após a confecção dos compostos e o período de incubação de 21 dias, determinou-se o valor pH, a condutividade elétrica, os teores de umidade e de N, P, K, Ca e Mg. Em seguida, instalou-se um bioensaio para a determinação da capacidade de fornecimento de N dos compostos fermentados, utilizando-se o milho como planta indicadora. Os tratamentos foram formados pelas formulações descritas na etapa anterior, acrescidas de um controle adicionando-se apenas solução nutritiva; da adição de N-ureia; e do FM. Quanto a fertilização da pimenteira biquinho, o delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4 (compostos com BM) x 5 doses de N (200, 400, 600, 800 e 1200kg N ha⁻¹) + 1 (controle sem adubação). O experimento foi conduzido em vasos com capacidade para 8 dm³, preenchidos com terra coletada de um Planossolo. Constatou-se que o composto fermentado formulado com o bagaço de malte, independentemente da fonte complementar, apresenta eficiência agrônômica semelhante ao derivado do farelo de trigo no que se refere a capacidade de fornecimento de nitrogênio. Os componentes fitotécnicos da pimenteira biquinho expressaram os maiores rendimentos com a utilização dos compostos fermentados formulados com as fitomassas das fabáceas, cuja magnitude do efeito é proporcional a dose aplicada. O composto fermentado contendo o farelo de mamona, no intervalo das doses aplicadas, apresentou efeito de toxidez total ou parcial às plantas da pimenteira biquinho em dosagens superiores a 400mg de N dm⁻³. Todavia, a aplicação desse composto reduziu significativamente o número de galhas ocasionadas pelos fitonematoides na dosagem de 200 mg de N dm⁻³ e proporcionou controle total em dosagens superiores.

Palavras-chave: agricultura orgânica, *Capsicum chinense*, fertilizantes orgânicos

6.2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the chemical, physical-chemical characteristics, nematicidal effects and agronomic efficiency of fermented compounds formulated with phytomass bran from fabaceous shrubs and agro-industrial residues in the fertilization of biquinho pepper trees. To determine the chemical and physical-chemical characteristics, the experimental design was in randomized blocks, whose treatments were arranged in a factorial arrangement 2 (wheat bran (Wb) and malt bagasse (Mb)) x 4 (pigeon pea leaf bran (GU), tephrosia (TF), *Flemingia macrophylla* (FL) and castor bean meal (Cb)). The formulations consisted of a mixture of 40% (Wb or Mb) and 60% (GU, TF, FL or Cb). After the preparation of the compounds and the 21-day incubation period, the pH value, electrical conductivity, moisture and N, P, K, Ca and Mg contents were determined. Next, a bioassay was installed to determine the N supply capacity of the fermented compounds, using millet as an indicator plant. The treatments were formed by the formulations described in the previous step, plus a control adding only nutrient solution; the addition of N-urea; and Cb. Regarding fertilization of the biquinho pepper tree, the experimental design was in randomized blocks in a factorial scheme 4 (compounds with Mb) x 5 doses of N (200, 400, 600, 800 and 1200kg N ha⁻¹) + 1 (control without fertilization). The experiment was conducted in pots with a capacity of 8 dm³, filled with soil collected from a Planosol. It was found that the fermented compound formulated with malt bagasse, regardless of the complementary source, presents agronomic efficiency similar to that derived from wheat bran in terms of nitrogen supply capacity. The phytotechnical components of the biquinho pepper plant expressed the highest yields with the use of fermented compounds formulated with the phytomass of the fabaceae, whose magnitude of effect is proportional to the dose applied. The fermented compound containing castor bean meal, in the range of doses applied, showed a total or partial toxicity effect on the biquinho pepper plants at doses greater than 400mg of N dm⁻³. However, the application of this compound significantly reduced the number of galls caused by phytonematodes at a dosage of 200 mg N dm⁻³ and provided total control at higher dosages.

Keywords: organic agriculture, *Capsicum chinense*, organic fertilizers

6.3 INTRODUÇÃO

Os compostos fermentados são amplamente utilizados para a fertilização nos diferentes sistemas agrícolas, principalmente no seguimento da olericultura, adequando-se aos diferentes níveis tecnológicos. Essa adequação é fortalecida pela diversidade de insumos que podem ser utilizados no estabelecimento das formulações e posterior confecção do composto. As fontes fareladas utilizadas, em sua maioria, apresentam teores de nutrientes elevados e quando combinadas proporcionam fertilizantes com eficiência agrônômica (Souza Júnior *et al.*, 2023). Tradicionalmente são utilizadas formulações estipuladas empiricamente a depender da disponibilidade local de insumos, fato que pode refletir na qualidade final do composto, com ênfase no processo fermentativo, nos aspectos nutricionais e no custo para os agricultores (Oliveira *et al.*, 2014).

Uma formulação amplamente difundida, principalmente no Estado do Rio de Janeiro, é constituída pela mistura de 60% de farelo de trigo e 40% de farelo de mamona, considerando o percentual de matéria seca (Siqueira; Siqueira, 2013). No entanto, apesar do composto apresentar eficiência agrônômica favorável ao uso como fertilizante, esses insumos que apresentavam baixo valor no mercado, atualmente se tornaram de alto custo (Xavier *et al.*, 2019). Além disso, o farelo de trigo é comumente utilizado para a alimentação de animais, fato que o torna menos acessível. Quanto ao farelo de mamona, uma limitação que pode restringir o uso como fertilizante diz respeito às alergias cumulativas que podem surgir como o manuseio do insumo (Pina *et al.*, 2005).

Neste cenário, estudos recentes demonstraram que a utilização de resíduos alternativos e abundantes podem contribuir para o desenvolvimento de formulações de compostos fermentados mais acessíveis aos agricultores. Goulart (2020) relatou que o farelo de mamona pode ser substituído integralmente pelos farelos das fitomassas das fabáceas guandu (*Cajanus cajan*), tefrósia (*Tephrosia sinapou*) e leucena (*Leucaena leucocephala*), proporcionando compostos de alta qualidade. Da mesma maneira, Pian (2019) destaca o potencial do bagaço de malte como substituinte do farelo de trigo nas formulações dos compostos. A utilização desses resíduos proporciona maior autonomia aos agricultores e fortalece os princípios da economia circular.

Partindo desse pressuposto, a utilização de farelos de fitomassas de fabáceas conjugado ao bagaço de malte em formulações de compostos fermentados pode ser uma alternativa que facilite a adoção da técnica pelos agricultores, em virtude da alta produção de fitomassa *in situ* pelas fabáceas, bem como, da reciclagem de nutrientes do bagaço de malte que é um insumo abundante no território nacional. Posto isto, objetivou-se avaliar as características químicas, físico-químicas, os efeitos nematicidas e a eficiência agrônômica de compostos fermentados formulados com farelos de fitomassas de fabáceas arbustivas e resíduos agroindústrias na fertilização de pimenteira biquinho.

6.4 MATERIAL E MÉTODOS

6.4.1 Obtenção das matérias-primas e processamento da fitomassa vegetal

As fitomassas de parte aérea da flemingia, do guandu e da tefrósia foram coletadas em bancos de produção de fitomassa estabelecidos na Fazendinha Agroecológica Km 47. As fitomassas dessas espécies foram cortadas com auxílio de tesouras de poda e mantidas em galpão coberto até a secagem natural ao ar. Posteriormente, foram eliminados os caules lignificados utilizando-se no trabalho experimental apenas as folhas e os ramos tenros localizados próximos ao ápice das plantas. Após a plena secagem ao ar, as fitomassas das fabáceas foram fragmentadas para a redução do tamanho com auxílio de máquina trituradora disposta de peneira com abertura de malha de 2 mm. O bagaço de malte foi adquirido na cervejaria do Grupo Petrópolis sediada em Teresópolis-RJ. Os demais insumos empregados na confecção dos compostos fermentados, tais como os farelos de mamona e de trigo foram adquiridos em mercado regional. Foram retiradas amostras para a determinação dos nutrientes contidos nas fitomassas (Tabela 1). As amostras foram secadas em estufa com temperatura média de 65°C até o alcance de massa constante, moídas em moinho tipo Willey e levadas ao laboratório de química agrícola da Embrapa Agrobiologia. Os procedimentos utilizados para a determinação dos teores de P, K, Ca e Mg foram norteados no manual de laboratórios: solo, água nutrição animal e alimentos (Nogueira; Souza, 2005), cujo P foi determinado pelo método colorimétrico, o K por fotometria de chama, o Ca e o Mg por absorção atômica. Quanto ao N, utilizou-se o método Dumas, no qual as amostras foram submetidas à combustão em uma atmosfera de oxigênio puro, sendo os gases derivados quantificados em um detector de condutividade térmica.

Tabela 1. Teores de nutrientes nas matérias-primas utilizadas nas formulações dos compostos fermentados, Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

Matéria-prima	Teores (g kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
Farelo de trigo	24,36	7,37	10,11	1,03	2,18
Bagaço de malte	37,70	4,03	0,80	1,13	2,38
Farelo de mamona	50,00	8,74	11,25	8,03	7,08
Farelo tefrósia	29,20	1,87	10,04	8,57	2,86
Farelo guandu	27,43	2,52	10,84	7,15	2,98
Farelo flemingia	26,71	1,95	9,56	9,22	2,17

6.4.2 Confeção e caracterização dos compostos fermentados

Os compostos foram confeccionados em escala laboratorial na sede da Embrapa Agrobiologia, localizada no município de Seropédica-RJ. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos dispostos em arranjo fatorial 2x4. O primeiro fator foi formado por duas fontes energéticas (farelo de trigo e bagaço de malte) e o segundo fator por fontes complementares (farelos de folhas de guandu, de tefrósia, de flemingia e do farelo de mamona). As formulações foram constituídas de uma mistura de 40% das fontes energéticas e 60% das fontes complementares. As matérias-primas foram misturadas de acordo com as combinações derivadas dos fatores de estudo e inoculadas com uma solução ativada e diluída contendo *Lactobacillus plantarum* 10⁴ UFC/mL e *Saccharomyces cerevisiae* 10³ UFC/mL. Para o preparo da solução ativada foram utilizados 50 ml do produto comercial Embiotic, 50g de

açúcar mascavo e 400 ml de água, acondicionados em garrafa plástica por um período de sete dias. No momento da utilização, a solução ativada foi diluída em água obedecendo a proporção de 1% (v/v). A solução foi cuidadosamente adicionada às misturas até a obtenção de um torrão estável, sem escorrimento de líquido.

Após a inoculação, as misturas foram compactadas e acondicionadas em recipientes herméticos com capacidade para 0,65 dm³, por um período de incubação de 21 dias. Após esse período, os recipientes foram abertos e procedeu-se a coleta de amostras para a determinação dos teores de umidade, valor pH, condutividade elétrica e teores de N, P, K, Ca e Mg.

6.4.3 Capacidade de fornecimento de N dos compostos fermentados

Após a obtenção dos resultados das análises químicas e físico-químicas dos compostos, instalou-se um bioensaio, em casa de vegetação, para a determinação da capacidade de fornecimento de N dos compostos (Leal *et al.*, 2010). Foram utilizados vasos plásticos preenchidos com amostras de terra coletadas de um solo classificado como Planossolo, cuja análise química realizada previamente na camada de 0-20 cm revelou os seguintes resultados: pH = 5,78; Al⁺⁺⁺ = 0,0 cmol_c dm⁻³; Ca⁺⁺ = 0,32 cmol_c dm⁻³; Mg⁺⁺ = 0,08 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 14,15 mg dm⁻³ e o P disponível = 7,21 mg dm⁻³. Utilizou-se o milheto (*Pennisetum glaucum*) como planta indicadora, semeado em alta densidade, mantendo-se após o desbaste 30 plantas. Os tratamentos, totalizando 11, foram dispostos no delineamento de blocos casualizados, sendo os tratamentos descritos na etapa anterior acrescidos de um tratamento controle somente com adição de solução nutritiva e dois tratamentos formados, respectivamente, pela aplicação de ureia e aplicação de farelo de mamona.

A unidade experimental foi constituída por vasos com coletores para evitar perdas com lixiviação de nutrientes, com capacidade para 0,65 dm³. Os tratamentos relativos à aplicação dos compostos, da ureia e do FM foram aplicados na dose equivalente a 250 mg N dm⁻³, correspondendo a 0,15 g de N total contido na fonte. Especificamente, a fertilização com ureia foi parcelada em duas aplicações, 50% no plantio e 50% aos 15 dias após a semeadura. Os compostos fermentados, à ureia e o FM foram misturados ao solo, sendo posteriormente adicionados aos vasos. A solução nutritiva descrita por Gruzman e Döbereiner (1968) foi aplicada na dose de 50ml vaso⁻¹ aos 7, 14 e 21 dias após a semeadura.

A coleta da biomassa de parte aérea e raízes do milheto foi realizada aos 30 dias após a semeadura. As raízes foram minuciosamente separadas da areia e lavadas em água corrente, eliminando-se a umidade superficial por meio de papel toalha. Em seguida, as raízes foram reunidas à parte aérea e o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e levados à estufa de ventilação forçada até o alcance de massa constante em temperatura de 65°C. Posteriormente, os materiais foram triturados em moinho tipo Willey e as amostras encaminhadas ao laboratório de química agrícola da Embrapa Agrobiologia para análise do teor de N por meio do método Dumas.

A proporção de N recuperado pelas plantas de milheto foi calculada com base na seguinte equação (Leal *et al.*, 2010):

$$\text{N recuperado (\%)} = ((\text{Ntrat} - \text{Ncontrole}) / \text{Nad}) \times 100$$

Onde: Ntrat= N total recuperado pelas plantas de milheto no tratamento;

Ncontr = N contido nas plantas de milheto do tratamento controle (sem adubação);

Nad= Dose de N total aplicada no tratamento.

6.4.4 Eficiência agrônômica na fertilização de pimenteira biquinho

Em posse dos resultados descritos na etapa anterior, foram selecionados os 4 compostos contendo o bagaço de malte para a avaliação da eficiência agrônômica no cultivo da pimenteira biquinho BRS Moema de coloração vermelha. O experimento foi instalado no campo experimental da Embrapa Agrobiologia. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4 (compostos) x 5 doses de N (200, 400, 600, 800 e 1200 mg de N dm⁻³ de terra) + 1 (controle sem adubação). A adubação foi parcelada em duas aplicações, 50% aos sete dias anteriores ao transplante e 50% aos 60 dias após o transplante. Os compostos foram formulados da seguinte maneira: 60%FL+40%BM; 60%GU+40%BM; 60%TF+40%BM; 60%FM+40%BM.

O experimento foi conduzido em vasos com capacidade para 8 dm³, preenchidos com terra coletada de um solo classificado como Planossolo (Santos *et al.*, 2018), apresentando as seguintes características na camada de 0-20 cm: pH = 5,72; Al⁺⁺⁺ = 0,0 cmolc dm⁻³; Ca⁺⁺ = 2,23 cmolc dm⁻³; Mg⁺⁺ = 0,57 cmolc dm⁻³; K⁺ = 71,94 mg dm⁻³ e P disponível = 82,37 mg dm⁻³, analisados através de metodologia proposta por Nogueira e Souza (2005). O solo utilizado foi coletado em área que contém fitonematoides formadores de galhas. Complementarmente as doses de N, realizou-se uma fertilização com pós de rochas fosfática (100 mg de P dm⁻³) e potássica (100 mg de K dm⁻³). Para o fornecimento de P, utilizou-se o fosfato natural, ao passo que, para o fornecimento de K utilizou-se uma rocha silicática-potássica (Ekosil).

Os compostos fermentados e os pós de rochas foram misturados às amostras de terra e mantidos incubados por um período de sete dias. Após esse período realizou-se o transplante das mudas de pimenteira biquinho. As mudas foram produzidas em ambiente protegido na Fazendinha Agroecológica Km 47 e transplantadas aos 45 dias após a semeadura (Figura 1A). A maturação inicial dos frutos iniciou-se aos 60 dias após o transplante (Figura 1B). Os vasos foram dispostos em fileiras espaçadas em 0,8m e 0,5m entre vasos. A colheita final foi realizada aos seis meses após o transplante. As avaliações constaram de: massa fresca dos frutos, número de frutos por planta, fitomassa seca de parte aérea, volume de raízes e quantificação dos danos ocasionados pelos fitonematoides.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando houve significância entre níveis dos fatores para as fontes energéticas, foi realizado o agrupamento das médias pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Além disso, quando pertinente, realizou-se análises de regressão com auxílio do software Sisvar (versão 5,6) (Ferreira, 2019).



Figura 1. (A) Detalhe do experimento após o transplante das mudas de pimenteira biquinho; (B) início da frutificação ocorrido aos 60 dias após o transplante das mudas da pimenteira biquinho. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2023.

6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores fonte energética e fonte complementar foi significativa para a variável teor de umidade (Tabela 2). Observou-se que em todas as formulações contendo o bagaço de malte os teores de umidade foram superiores aos encontrados quando realizou-se a substituição pelo farelo de trigo. Quanto as fontes complementares, constatou-se que independentemente da fonte energética, as formulações contendo os farelos de fitomassas das fabáceas apresentaram teores de umidade superiores aos encontrados nas formulações contendo o farelo de mamona. Ressalta-se que os teores de umidade, independentemente das formulações, estão situados dentro da faixa ideal preconizada aos compostos fermentados (Pian, 2019; Goulart, 2020).

Os maiores teores de umidade nos compostos formulados com o bagaço de malte justificam-se por esse resíduo apresentar elevado teor de umidade ao sair da indústria cervejeira, com percentual médio de 70%. Baixos teores de umidade em compostos fermentados limitam o processo de fermentação, fato que pode ser observado com mínimas alterações no valor pH ao final do período de incubação. Por outro lado, teores de umidade elevados prejudicam o processo fermentativo (Pian, 2019), fato que limita o crescimento das bactérias e leveduras responsáveis pela conversão de açúcares solúveis em ácido lático, ocorrendo elevação do valor pH e promovendo o crescimento de microrganismos diversos, inclusive fitopatogênicos.

Quanto ao valor pH, a interação entre os fatores fonte energética e fonte complementar foi significativa. Na presença do farelo de trigo, observou-se maior acidez nos compostos quando comparado ao bagaço de malte, possivelmente por se tratar de uma fonte com maiores teores de açúcares solúveis, os quais são utilizados pelos microrganismos para a conversão em ácidos orgânicos, com destaque ao lático (Tomich *et al.*, 2003). Os valores de pH dos compostos fermentados, independentemente da formulação, situam-se dentro da faixa ideal (Oliveira *et al.*, 2014; Pian, 2019; Goulart, 2020).

O valor pH é de alta relevância e pode ser considerado um indicativo de qualidade do composto, sobretudo a biológica, pois em condições ácidas ocorre a inibição de certos grupos de microrganismos, como no caso das bactérias do gênero *Clostridium*, que são nocivas à saúde humana (Hoffmann, 2001). Além disso, compostos que apresentam acidez possuem um cheiro agradável, semelhante ao exalado durante o processo de panificação, fato que facilita a manipulação. Por outro lado, compostos que apresentam valor pH elevado exalam cheiro de putrefação. Quanto à condutividade elétrica, observou-se que as formulações contendo o farelo de trigo apresentaram os maiores valores, fato atribuído aos elevados teores de K neste insumo. Da mesma maneira, as formulações contendo o FM apresentaram os maiores teores quando comparadas às formulações das fabáceas.

Tabela 2. Características físico-químicas de compostos fermentados formulados com resíduos agroindustriais e farelos de fitomassas de fabáceas. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

Fonte energética	Característica físico-química compostos fermentados				
	Umidade (%)				
	Guandu	Tefrósia	Flemingia	Mamona	Média geral
F. trigo	39,74 Ba	40,03 Ba	41,22 Ba	36,18 Bb	39,29 B
B. malte	54,83 Aa	51,58 Ab	55,85 Aa	42,41 Ac	51,17 A
Média geral	47,28 a	45,81 b	48,53 a	39,30 c	
CV (%)	3,40				
	Valor pH				
	Guandu	Tefrósia	Flemingia	Mamona	Média geral
F. trigo	3,94 Bb	4,15 Ba	4,09 Bb	4,14 Ba	4,08 B
B. malte	4,50 Ab	4,47 Ab	4,47 Ab	5,05 Aa	4,62 A
Média geral	4,22 a	4,31 a	4,28 a	4,59 b	
CV (%)	2,40				
	Condutividade elétrica uS cm ⁻¹				
	Guandu	Tefrósia	Flemingia	Mamona	Média geral
F. trigo	1290,75 Ab	1154,75 Ab	1189,50 Ac	1955,50 Aa	1397,62 A
B. malte	894,00 Bb	901,00 Bc	710,50 Bc	1596,25 Ba	1022,93 B
Média geral	1087,37 b	1027,87 b	950,00 c	1775,87 a	
CV (%)	5,40				

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha (fontes complementares) e maiúsculas na coluna (fontes energéticas), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e teste F da análise de variância no nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Para a variável teor de nutrientes, observou-se efeito interativo entre os fatores fonte energética e fonte complementar. Os teores de N foram superiores nas formulações contendo o bagaço de malte, haja vista se tratar de um insumo que apresenta elevados teores deste elemento. Independentemente da fonte energética, os compostos contendo o farelo de mamona apresentaram os maiores teores de N quando comparados aos compostos formulados com as fitomassas das fabáceas. Assim como o bagaço de malte, o farelo de mamona apresenta elevados teores de N em sua constituição que em média contém 50g kg⁻¹ de matéria seca (Corrêa *et al.*, 2020).

Quanto ao P e Mg, os maiores teores foram encontrados nas formulações contendo o farelo de trigo por se tratar de um insumo com concentrações superiores ao bagaço de malte *in natura*. No que se refere ao fator fonte complementar, os compostos contendo o FM apresentaram os maiores teores de P, independentemente da fonte energética, demonstrando que as fitomassas das fabáceas não foram capazes de contrabalancear os teores deste elemento essencial. Os teores de K foram superiores nas formulações contendo o farelo de trigo, fato atribuído aos maiores teores deste elemento no insumo *in natura*.

O bagaço de malte ao sair da indústria cervejeira apresenta elevado teor de umidade, e ao ser estocado em silos ou chão cimentado parte do potássio pode ser perdida por lixiviação. Na presença do farelo de trigo a fitomassa de flemingia apresentou os maiores teores deste elemento, ao passo que, na presença do bagaço de malte a fitomassa de tefrósia apresentou os maiores teores. Quanto ao Ca, na presença das fitomassas das fabáceas não houve diferença entre as fontes energéticas. Contudo, na presença do FM o composto contendo o bagaço de malte apresentou os maiores teores. Na presença do farelo de trigo não houve diferenças para os teores de Ca, independentemente da fonte complementar. Quanto aos compostos formulados com o bagaço de malte o FM auferiu maiores teores.

Tabela 3. Teores de N, P, K, Ca e Mg em compostos fermentados formulados com resíduos agroindustriais e farelos de fitomassas de fabáceas. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

Teores de macronutrientes (g kg ⁻¹)					
Fonte energética	Nitrogênio				
	Guandu	Tefrósia	Flemingia	Mamona	Média geral
F. trigo	25,5 Bb	26,8 Bb	27,2 Bb	34,5 Ba	2,85 B
B. malte	32,5 Ac	35,8 Ab	35,4 Ab	42,7 Aa	3,67 A
Média geral	2,90 c	3,13 b	3,13 b	3,86 a	
CV (%)	5,00				
Fonte energética	Fósforo				
	Guandu	Tefrósia	Flemingia	Mamona	Média geral
F. trigo	5,17 Ab	4,75 Ac	5,34 Ab	6,02 Aa	5,32 A
B. malte	3,87 Bb	3,73 Bb	3,61 Bb	5,27 Ba	4,12 B
Média geral	4,52 b	4,24 b	4,47 b	5,65 a	
CV (%)	6,35				
Fonte energética	Potássio				
	Guandu	Tefrósia	Flemingia	Mamona	Média geral
F. trigo	12,55 Ab	12,63 Ab	14,11 Aa	10,69 Ac	12,50 A
B. malte	7,93 Bb	9,90 Ba	8,70 Bb	5,86 Bc	8,10 B
Média geral	10,24 b	11,26 a	11,40 a	8,27 c	
CV (%)	6,00				
Fonte energética	Cálcio				
	Guandu	Tefrósia	Flemingia	Mamona	Média geral
F. trigo	3,81 Aa	6,26 Aa	2,89 Aa	4,88 Ba	4,46 A
B. malte	5,81 Ab	4,85 Ab	3,61 Ab	10,63 Aa	6,22 A
Média geral	4,81 b	5,55 b	3,25 b	7,75 a	
CV (%)	46,50				
Fonte energética	Magnésio				
	Guandu	Tefrósia	Flemingia	Mamona	Média geral
F. trigo	2,34 Ab	2,23 Ab	2,31 Ab	2,74 Aa	2,40 A
B. malte	1,89 Bb	2,05 Bb	1,69 Bc	2,70 Ba	2,08 B
Média geral	2,11 b	2,14 b	2,00 c	2,72 a	
CV (%)	4,60				

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha (fontes complementares) e maiúsculas na coluna (fontes energéticas), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e teste F da análise de variância no nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Quanto aos componentes fitotécnicos do milho obtidos por meio do bioensaio, não foram constatadas interações significativas entre os fatores fonte energética e fonte complementar (Tabela 4). Para a variável fitomassa seca não houve diferenças entre os tratamentos, independentemente da fonte utilizada. No que se refere aos teores e a taxa de recuperação N, as fontes energéticas proporcionaram resultados semelhantes, ao passo que, para as fontes complementares o farelo de mamona proporcionou os melhores resultados. Isso indica que para a obtenção de resultados equiparáveis são necessárias maiores dosagens dos compostos formulados com as fabáceas.

Os resultados obtidos com o bagaço de malte permitem inferir que este resíduo pode substituir o farelo de trigo em formulações de compostos fermentados, principalmente no que tange a eficiência de recuperação do nitrogênio aplicado. Além disso, a tonelada de farelo de trigo custa em média 1750 reais, considerando o valor de 70 reais pago na saca 40kg e o bagaço de malte 283 reais a tonelada de matéria seca. A substituição contribui para a redução dos custos e possibilita maior adoção da técnica por parte dos agricultores, principalmente os de base familiar.

Maiores taxas de recuperação de N, como observado na presença do farelo de mamona, indicam que o composto fermentado apresenta alta taxa de decomposição, culminando com

maior liberação líquida de N (Leal *et al.*, 2010). Por outro lado, baixos valores de recuperação de N pelas plantas de milho refletem em mineralização mais lenta, sendo necessário aumentar a dose do fertilizante aplicado para suprir a demanda das culturas, principalmente aquelas que apresentam ciclo curto como a maioria das hortaliças. Ressalta-se que a recuperação de nitrogênio com a utilização dos compostos formulados com as fabáceas foram semelhantes aos valores encontrados por Goulart (2020).

Tabela 4. Média geral da fitomassa seca de raízes e da parte aérea de milho, dos teores e taxa de recuperação de nitrogênio. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

Fonte energética (FE)	Componentes fitotécnicos milho		
	Fitomassa seca g vaso ⁻¹	Teor de N g kg ⁻¹	Recuperação de N (%)
F. trigo	7,19 A	7,43 A	26,19 A
B. malte	6,80 A	7,86 A	26,96 A
F. complementar (FC)			
Guandu	6,93 A	7,77 B	25,20 B
Tefrósia	7,38 A	6,45 B	23,67 B
Flemingia	6,64 A	6,72 B	26,61 B
Mamona	7,03 A	9,71 A	36,83 A
Interação FE x FC	0,0523	0,4039	0,1079
CV (%)	27,90	22,80	17,90

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e teste F da análise de variância no nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Nas análises que contemplaram os tratamentos adicionais, o farelo de mamona *in natura* proporcionou a maior produção de fitomassa seca do milho, ao passo que, a fertilização com ureia expressou o pior resultado. Tal fato justifica-se pela alta solubilidade da ureia que provocou queima inicial das plantas de milho, mesmo com o parcelamento do fertilizante. Quanto a recuperação de N, assim como esperado devido à alta solubilidade, o fertilizante ureia proporcionou a maior taxa de recuperação 64%, seguido do farelo de mamona 44,39% e do composto formulado com o bagaço de malte e o farelo de mamona 39,43% que não diferiram entre si.

Na literatura existem poucos trabalhos que abordam a eficiência agrônômica dos compostos fermentados, sendo estes com amplo potencial para a fertilização, principalmente de hortaliças. Souza Júnior (2020) em diferentes formulações contendo o BM relatou eficiência de recuperação de N máxima de 36,4% utilizando terra coletada de um Planossolo e quando se utilizou areia como substrato a eficiência caiu para 13,8%. Em outro estudo, Pian (2019) relatou uma eficiência de recuperação de N na ordem de 44,06% com um composto formulado com o BM e o FM, e 33,37% quando se substituiu o FM pelo farelo de fitomassa de gliricídia. Tais resultados corroboram com os descritos neste estudo.

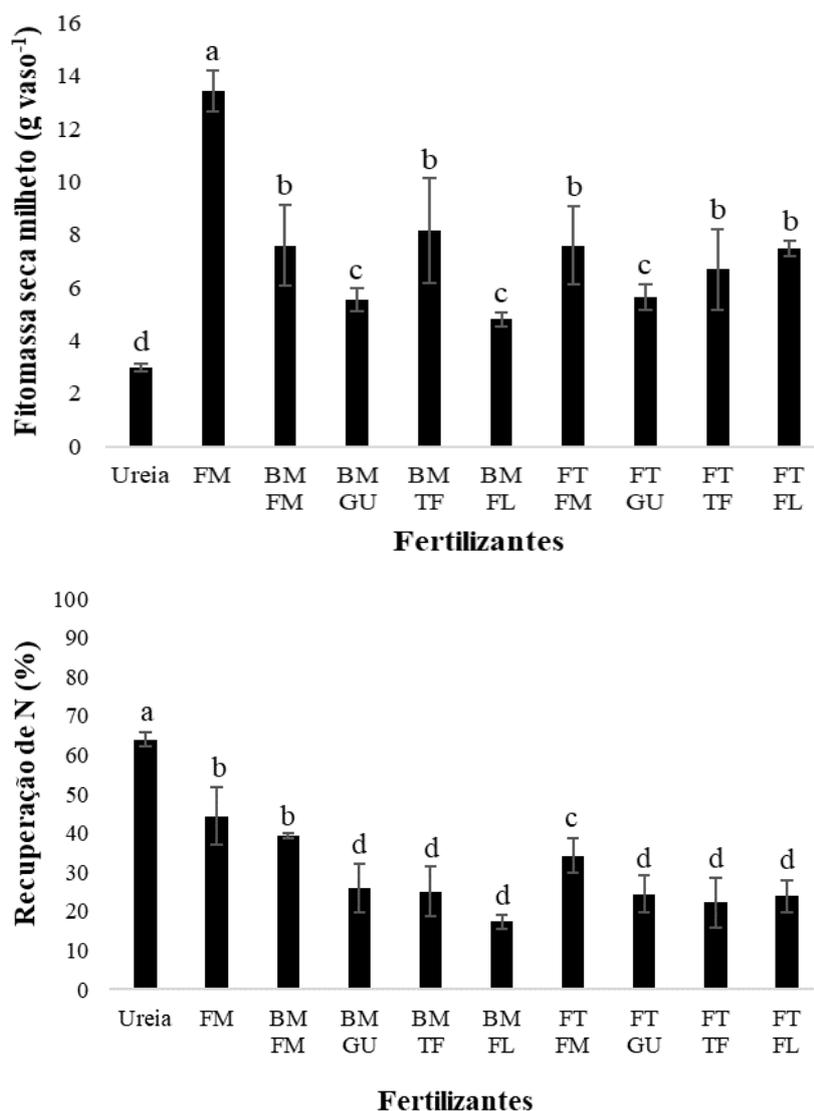


Figura 2. Fitomassa seca de milheto e taxa de recuperação de nitrogênio dos compostos fermentados em comparação aos tratamentos adicionais. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

Para a variável número de frutos de pimenta biquinho, observou-se interação significativa entre os fatores fonte complementar e doses, no qual na presença dos compostos fermentados formulados com as fabáceas os dados ajustaram-se ao modelo linear crescente e quando se utilizou o composto contendo o farelo de mamona o modelo que proporcionou o melhor ajuste dos dados foi o quadrático. Os melhores resultados para esta variável foram obtidos na maior dosagem frente aos compostos formulados com as fabáceas que não diferiram entre si, alcançando em média 70,33 frutos por planta. Por outro lado, o composto contendo o FM auferiu a melhor resposta na dose estimada de 422,5 mg de N, proporcionando 22,93 frutos por planta.

A menor resposta observada na presença do FM foi proporcionada pelo efeito de fitotoxidez ocasionado pela alta concentração de sais, cuja adubação de cobertura proporcionou queima total das plantas nos tratamentos com a maior dosagem e parcial nas dosagens de 600 e 800 mg. A mesma tendência foi observada para as demais variáveis, evidenciando que com a utilização do FM deve-se optar por dosagens baixas e parceladas no decorrer do tempo.

A produção de frutos não diferiu quando foram utilizadas as fitomassas das fabáceas na maior dosagem de N, alcançando em média 115,30 g planta⁻¹. Quando se utilizou o FM, a maior resposta foi obtida na dose estimada de 630 mg de N, proporcionando uma produção de 38,43 g planta⁻¹. Para a variável massa seca de parte aérea, os compostos formulados com as fitomassas de FL e TF proporcionaram o alcance de 49,34 g planta⁻¹ na maior dosagem de N, não diferindo entre si. Os dados obtidos com o composto formulado com o GU ajustaram-se ao modelo polinomial quadrático, proporcionando o alcance de 42,05 g planta⁻¹ na dose estimada de 1003,33 mg de N. Quanto ao composto formulado com o FM a maior resposta de 31,89 g planta⁻¹ foi obtida na dose de 597,5 mg de N.

Em condições de campo a cultivar BRS Moema pode alcançar 1,8 kg de frutos por planta aos seis meses após o transplântio (Ribeiro *et al.*, 2020). Ressalta-se que a produção pode apresentar grandes oscilações a depender das condições edafoclimáticas, assim como observado nos resultados descritos por Labigaline *et al.* (2020), cujos autores relataram produção na faixa de 318,92 a 763,50 g planta⁻¹. Em outro estudo, Heinrich *et al.* (2015) relataram para a cultivar de pimenta biquinho salmão, em condições de campo, produção variando de 40 a 1730 g planta⁻¹. A produção de frutos alcançada neste estudo possivelmente foi influenciada pelos danos ocasionados pelos fitonematoides, notadamente quando se utilizou os compostos formulados com as fitomassas das fabáceas.

No que se refere a variável volume de raízes os maiores índices foram encontrados com os compostos formulados com as fitomassas das fabáceas na maior dosagem de N, com valores oscilando entre 96,66 e 120 cm³ planta⁻¹. Quanto ao composto formulado com o FM, a maior resposta de 24,79 cm³ planta⁻¹ foi obtida na dose de 615,5 mg de N. Ressalta-se que, independentemente da dose aplicada, o volume de raízes foi influenciado pela ampla quantidade de galhas encontradas nos sistemas radiculares das pimenteiros fertilizadas com os compostos formulados com as fitomassas das fabáceas, como ilustrado na figura 4.

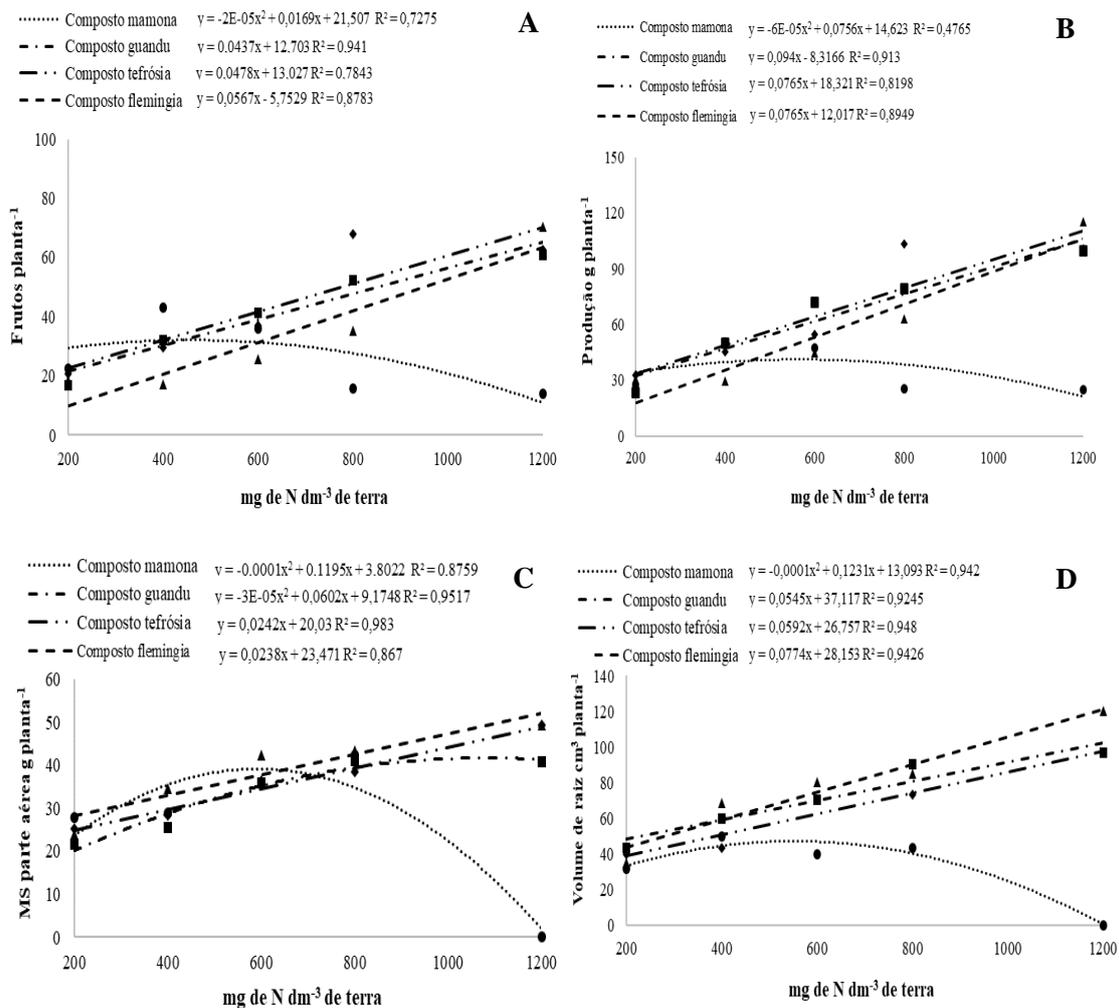


Figura 3. Componentes fitotécnicos das pimenteiras biquinho submetidas a adubação com diferentes compostos fermentados. MS = massa seca. (A) frutos por planta; (B) produção; (C) massa seca de parte aérea e (D) volume de raiz. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2023.

O número de galhas presentes nos sistemas radiculares das pimenteiras foi influenciado pela fonte complementar utilizada na formulação do composto fermentado (Figura 4). Quando formulado com o farelo de mamona, constatou-se que o composto fermentado diminuiu significativamente o número de galhas na menor dose de N aplicada, reduzindo em 92,83% os danos ocasionados pelos fitonematoides. Nas demais doses, não foram constatadas galhas nos sistemas radiculares das pimenteiras quando se utilizou o composto contendo o farelo de mamona. Por outro lado, na presença da fitomassa das fabáceas observou-se grandes danos aos sistemas radiculares, alcançando-se na maior dosagem dos fertilizantes números de galhas por planta na ordem de 2913 na presença da tefrósia, 3403 na presença do guandu e 3559 na presença da flemingia, não diferindo entre si.

O farelo de mamona é considerado tóxico aos fitonematoides formadores de galhas devido à presença da ricina e seu efeito sobre a população deste fitopatógeno pode ser igual ou superior aos nematicidas comerciais (Bavaresco; Mazzuchelli, 2017). Semelhantemente, Pedroso (2016) constatou que o farelo de mamona reduziu significativamente a infectividade no sistema radicular do tomateiro e a reprodução dos ovos misturados ao solo no período mínimo de 10 dias. Além disso, foi relatado que este insumo emite compostos orgânicos voláteis que também

exercem efeitos tóxicos aos fitonematoides, os quais incluem-se o fenol, 4-metil-fenol, γ -decalactona e 3-metil-1H-indol. Nesse contexto, em solos que apresentam histórico de ocorrência de fitonematoides, a utilização do composto fermentado contendo o farelo de mamona como fonte complementar na mistura é uma alternativa aos agricultores no controle desse fitopatógeno.

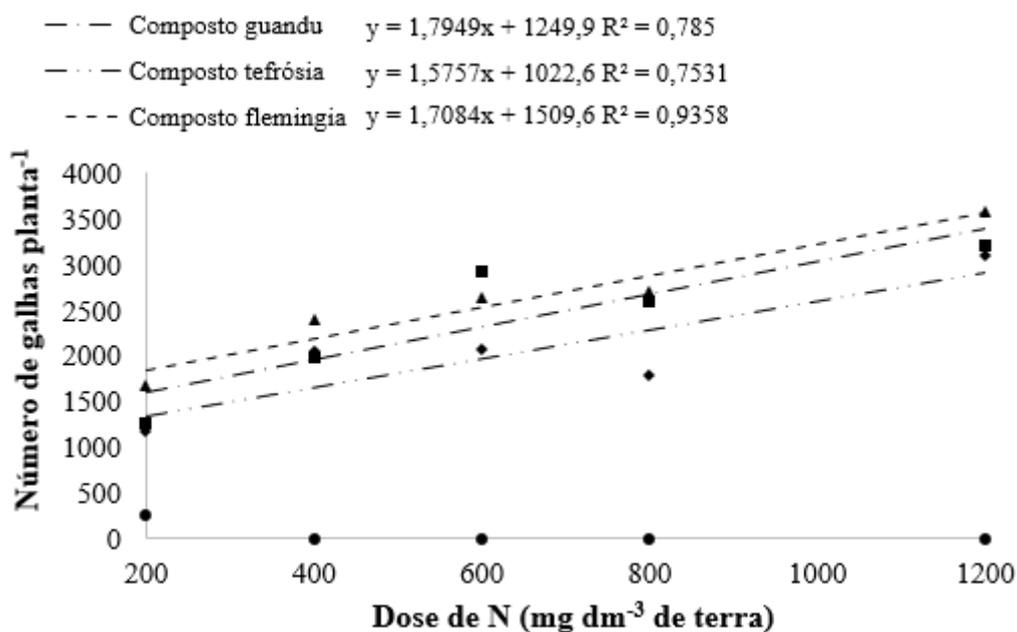


Figura 4. Número de galhas ocasionadas por fitonematoides em sistemas radiculares de pimenteiras submetidas a adubação com diferentes doses de compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2023.

6.6 CONCLUSÕES

O composto fermentado formulado com o bagaço de malte, independentemente da fonte complementar, apresenta eficiência agrônômica semelhante ao derivado do farelo de trigo no que se refere a capacidade de fornecimento de nitrogênio.

Os componentes fitotécnicos da pimenteira biquinho expressaram os maiores rendimentos com a utilização dos compostos fermentados formulados com as fitomassas das fabáceas, cuja magnitude do efeito é proporcional a dose aplicada.

O composto fermentado contendo o farelo de mamona, no intervalo das doses aplicadas, apresentou efeito de toxidez total ou parcial às plantas da pimenteira biquinho em dosagens superiores a 400mg de N dm³. Todavia, a aplicação desse composto reduziu significativamente o número de galhas ocasionadas pelos fitonematoides na dosagem de 200 mg de N dm³ e proporcionou controle total em dosagens superiores.

7. CAPÍTULO IV

COMPOSTOS FERMENTADOS ATIVADOS COM A MICROBIOTA INDÍGENA: INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO FITOTÉCNICO E NAS COMUNIDADES FÚNGICA E BACTERIANA ASSOCIADAS AO TOMATEIRO

7.1 RESUMO

Objetivou-se caracterizar as comunidades fúngica e bacteriana colonizadoras de iscas instaladas em povoamentos vegetais e na rizosfera do tomateiro produzido em ambiente protegido e fertilizado com compostos farelados. Os compostos foram formulados por meio da mistura de 60% de farelo de folhas de flemingia (*Flemingia macrophylla*) e 40% de bagaço de malte, considerando o percentual de matéria seca. Para as avaliações do tomateiro o delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial $2 \times 7 + 1$, constando de dois compostos (fermentado e não fermentado), sete fontes de inóculos (Embiotic; módulo de cultivo orgânico de hortaliças da Fazendinha Agroecológica Km 47; serrapilheira de bambuzal; serrapilheira de mata secundária; serrapilheira da fabácea *Acacia mangium*, serrapilheira de eucalipto; sem inoculação (água)), acrescido de um tratamento controle (sem adubação). Para a caracterização da comunidade microbiana foram coletadas amostras das iscas provenientes dos povoamentos de eucalipto, mata, módulo, acácia e bambu, assim como do solo rizosférico do tomateiro derivado da fertilização com os compostos fermentados das respectivas iscas. Constatou-se que os compostos influenciaram de maneira distinta o desenvolvimento do tomateiro, cujo composto não fermentado inoculado com os microrganismos provenientes da serrapilheira de eucalipto proporcionou a maior massa seca de raízes e produção de frutos na ordem de $306,77 \text{ g planta}^{-1}$. Os *phyla* *Proteobacteria* e *Firmicutes* das comunidades bacterianas predominaram nas iscas e no ambiente rizosférico do tomateiro, independentemente do local de coleta dos inóculos microbianos. Os gêneros *Bacillus* e *Klebsiella* apresentaram as maiores abundâncias relativas nas iscas, independentemente do ambiente de coleta. Apesar disso, ocorreu uma diminuição da abundância relativa do gênero *Bacillus* nas rizosferas do tomateiro derivadas da fertilização com o composto fermentado e ausência do gênero *Klebsiella*, indicando influência da fermentação do composto e da espécie cultivada. Os *phyla* *Ascomycota* e *Mortierellomycota* das comunidades fúngicas apresentaram as maiores abundâncias relativas nas iscas, cujo filo *Ascomycota* foi predominante nos ambientes rizosféricos dos tomateiros, independentemente do local de coleta dos inóculos microbianos. Os gêneros das comunidades fúngicas presentes nas iscas apresentaram abundâncias relativas distintas e alguns gêneros não foram encontrados nas rizosferas dos tomateiros fertilizados com os compostos fermentados derivados da inoculação.

Palavras-chave: Bokashi, microbioma, *Solanum lycopersicum*.

7.2 ABSTRACT

The objective was to characterize the fungal and bacterial communities colonizing baits installed in plant stands and in the rhizosphere of tomato plants produced in a protected environment and fertilized with crumbly compounds. The compounds were formulated by mixing 60% flemingia leaf bran (*Flemingia macrophylla*) and 40% malt bagasse, considering the percentage of dry matter. For tomato evaluations, the experimental design was in randomized blocks in a 2 x 7 + 1 factorial scheme, consisting of two compounds (fermented and non-fermented), seven sources of inoculum (Embiotic; organic vegetable cultivation module at Fazendinha Agroecológica Km 47; bamboo litter; secondary forest litter; *Acacia mangium* fabaceous litter; eucalyptus litter; without inoculation (water)), plus a control treatment (without fertilization). To characterize the microbial community, samples were collected from baits from eucalyptus, forest, module, *Acacia mangium* and bamboo stands, as well as from the rhizospheric soil of the tomato plant derived from fertilization with the fermented compounds of the respective baits. It was found that the compounds had a distinct influence on the development of the tomato plant, whose non-fermented compound inoculated with microorganisms from eucalyptus litter provided the highest dry mass of roots and fruit production in the order of 306.77 g plant⁻¹. The *Proteobacteria* and *Firmicutes* phyla of the bacterial communities predominated in the baits and in the rhizospheric environment of the tomato plant, regardless of the place of collection of the microbial inocula. The genera *Bacillus* and *Klebsiella* presented the highest relative abundances in the baits, regardless of the collection environment. Despite this, there was a decrease in the relative abundance of the genus *Bacillus* in tomato rhizospheres derived from fertilization with the fermented compound and absence of the genus *Klebsiella*, indicating the influence of the fermentation of the compound and the cultivated species. The phyla *Ascomycota* and *Mortierellomycota* of the fungal communities presented the highest relative abundances in the baits, whose phylum *Ascomycota* was predominant in the rhizospheric environments of tomato plants, regardless of the place of collection of the microbial inocula. The genera of the fungal communities present in the baits showed different relative abundances and some genera were not found in the rhizospheres of tomato plants fertilized with the fermented compounds derived from the inoculation.

Keywords: Bokashi, microbiome, *Solanum lycopersicum*.

7.3 INTRODUÇÃO

O composto fermentado tipo bokashi é um fertilizante orgânico que apresenta elevados teores de nutrientes e a sua utilização é amplamente difundida no segmento da horticultura. Para a produção do composto são utilizadas fontes fareladas de origem animal ou vegetal, previamente misturadas e inoculadas com microrganismos no momento da confecção do composto. Os microrganismos atuam no processo fermentativo convertendo açúcares solúveis em ácidos orgânicos, com destaque ao ácido lático que confere maior acidificação do meio (Pian, 2019). Esta técnica foi desenvolvida no Japão com os estudos pioneiros do Dr. Teruo Higa e introduzida no Brasil na década de 1980 (Siqueira; Siqueira, 2013). Além dos aspectos nutricionais inerentes ao fornecimento de matéria orgânica e nutrientes, o composto tem por finalidade o enriquecimento microbiano do solo.

Os microrganismos mais utilizados nas condições da Baixada Fluminense são o *Lactobacillus plantarum* e a *Saccharomyces cerevisiae* obtidos em produto comercial (Souza Júnior *et al.*, 2023; Vieira Filho *et al.*, 2023). Tais microrganismos são conhecidos por atuarem na fermentação da matéria orgânica, convertendo exclusivamente a molécula de glicose em duas de ácido lático no caso da bactéria (Tomich *et al.*, 2003), e quanto a levedura, essa conversão gera duas moléculas de álcool, duas de CO₂ e duas de H₂O (Mendes *et al.*, 2008). Após o processo de incubação de compostos fermentados inoculados com esses microrganismos, Pian (2019) constatou que ocorre uma predominância de lactobacilos, culminando com maior acidez do composto.

Além do produto comercial, existe uma técnica empírica de aquisição dos microrganismos. Para a captura são utilizadas calhas de bambu cortadas horizontalmente com posterior preenchimento com arroz cozido em água sem temperos. Em seguida, as iscas são instaladas sob a serrapilheira de povoamentos florestais que apresentam vegetação densa, e que estejam localizados próximo a região de preparo do composto, permanecendo por até quinze dias no campo (Siqueira; Siqueira, 2013). Após a coleta do arroz colonizado, diversas espécies de microrganismos são introduzidas nas misturas fareladas para atuarem na fermentação da matéria orgânica, fato que pode beneficiar as espécies fertilizadas a campo, em virtude da possível introdução de grupos de microrganismos promotores de crescimento vegetal.

Apesar da técnica ser antiga e amplamente difundida em diferentes localidades, estudos voltados a essa temática são escassos e podem contribuir para a recomendação de métodos de captura de microrganismos a campo, visando a inoculação de compostos fermentados. Ademais, o conhecimento científico acerca da eficiência agrônômica dos compostos fermentados inoculados com diferentes fontes de inóculo é de alta relevância, principalmente no que concerne aos aspectos nutricionais inerentes à junção dos fatores químicos e biológicos em sistemas de produção de hortaliças. A partir disso, objetivou-se caracterizar as comunidades fúngica e bacteriana colonizadoras de iscas instaladas em povoamentos vegetais e na rizosfera do tomateiro produzido em ambiente protegido e fertilizado com compostos fermentados farelados.

7.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em ambiente protegido (Figura 1) no dia 20 de abril de 2022, em vasos com capacidade para 8 dm³. Os vasos foram preenchidos com amostras de terra de um solo classificado como Planossolo (Santos *et al.*, 2018), apresentando as seguintes características na camada de 0-20 cm: pH = 5,72; Al⁺⁺⁺ = 0,0 cmol_c dm⁻³; Ca⁺⁺ = 2,23 cmol_c dm⁻³; Mg⁺⁺ = 0,57 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 71,94 mg dm⁻³ e P disponível = 82,37 mg dm⁻³, analisados através de metodologia proposta por Nogueira e Souza (2005). Utilizou-se a variedade de tomate Rasteiro Rio grande. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido com capacidade para 200 mudas, permanecendo por um período de 30 dias em ambiente protegido. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 7 + 1, constando de compostos (fermentados e não fermentados), fontes de inóculos (Embiotic; módulo de cultivo de hortaliças da Fazendinha Agroecológica Km 47; serrapilheira de bambuzal; serrapilheira de mata secundária; serrapilheira da fabácea *Acacia mangium*, serrapilheira de eucalipto; sem inoculação (água)), acrescidos de um tratamento controle (ausência de adubação).



Figura 1. Cultivo dos tomateiros em ambiente protegido. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

Para a coleta dos microrganismos, foram instaladas iscas confeccionadas com calha de bambu cortadas horizontalmente (Figura 2A), preenchidas com o substrato de arroz cozido em água sem sal e temperos (Figura 2B), dispostas em três repetições sob as serrapilheiras dos ambientes supracitados por um período de 7 dias (Figura 2C). Após o preenchimento das calhas com o arroz cozido, realizou-se a proteção com tiras de tela tipo sombrite e, no momento da instalação sob as serrapilheiras, a tela e o arroz ficaram voltados para baixo, ou seja, em contato com o solo. Essa disposição permite melhor captura dos microrganismos, cujos fundos dos bambus apostos ao solo e voltados para cima, formam uma cobertura que inibem a entrada de água caso ocorra precipitações durante as coletas.

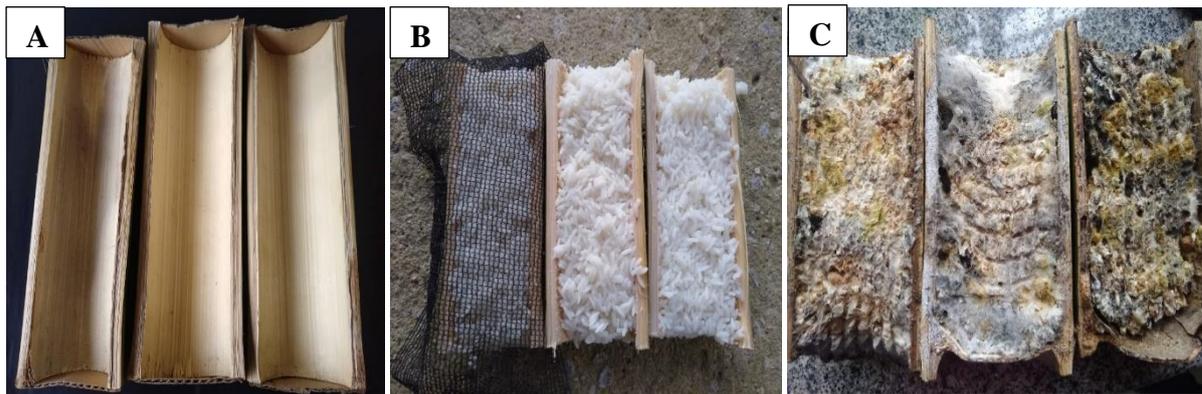


Figura 2. Confeção das iscas utilizadas para a coleta dos microrganismos. (A) calhas de bambu; (B) calhas de bambu preenchidas com arroz cozido; (C) iscas colonizadas com microrganismos aos 7 dias após a instalação sob as serrapilheiras de diferentes coberturas vegetais.

Após a coleta do arroz colonizado com os microrganismos, foram retiradas amostras suficientes para o preenchimento de microtubos visando a caracterização dos microrganismos. Para a confecção dos compostos, utilizou-se o bagaço de malte composto 40% da mistura, conjugado ao complemento de 60% do farelo de folhas de flemingia, considerando o percentual de matéria seca, corrigido em estufa de circulação forçada de ar a 65°C. A solução inoculante foi preparada por meio da mistura de 50g de arroz colonizado com os microrganismos e 400 mL de água, de acordo com os respectivos tratamentos. Adicionou-se a água e o arroz em garrafas plásticas, com posterior agitação manual até o desmanche dos grumos de arroz.

O bagaço de malte e o farelo de folhas de flemingia foram misturados e inoculados com as respectivas soluções inoculantes na concentração de 0,5 ml de solução contendo inóculos microbianos kg^{-1} de matéria seca da mistura. Para os compostos fermentados, após a inoculação, os materiais foram compactados em recipientes herméticos permanecendo por um período de 21 dias até a manipulação no trabalho experimental. Quanto aos compostos não fermentados, as misturas foram preparadas e inoculadas com as mesmas soluções inoculantes utilizadas na confecção dos compostos fermentados, adicionando-se junto às misturas do bagaço de malte e da flemingia no momento da fertilização.

A fertilização consistiu na aplicação de 150 mg de N total contido nos compostos dm^{-3} de terra, realizada anteriormente ao transplante das mudas, complementando-se com pós de rochas fosfática (100 mg de P dm^{-3}) e potássica (100 mg de K dm^{-3}), ambas de baixa solubilidade. Para o fornecimento de P, utilizou-se o fosfato natural reativo que contém 10% de solubilidade, ao passo que, para o fornecimento de K utilizou-se uma rocha silicática-potássica com apenas 1% de solubilidade, ambos em ácido cítrico.

Aos 35 dias após o transplante realizou-se uma adubação de cobertura exclusiva com os compostos equivalente a dose inicial de N. A irrigação dos vasos foi realizada manualmente, mantendo-se a umidade do solo entre 70 e 75% da capacidade de campo. Aos 40 dias após o transplante realizou-se a coleta de solo rizosférico dos tomateiros que receberam a fertilização com o composto fermentado para a realização da caracterização molecular dos microrganismos. Quanto aos índices fitotécnicos do tomateiro, foram avaliados os índices SPAD aos 40, 55, 70 e 85 dias após o transplante, o número de frutos, a massa dos frutos, a massa seca de raízes e o número de galhas ocasionadas por fitonematoides.

7.4.1 Extração de DNA e sequenciamento

O DNA foi extraído a partir de 0,25 g do arroz e também do solo oriundo dos tratamentos que receberam os compostos fermentados com o kit DNeasy PowerSoil Pro (Qiagen) e teve sua integridade avaliada por eletroforese em gel de agarose (0,8%) e no equipamento Nanodrop (Thermo Fisher Scientific). O gene RNAr 16S de procariotos e a região intergênica f de fungos foram sequenciados com a tecnologia Illumina, seguindo as recomendações de Caporaso et al. (2012). A região V4 do gene RNAr 16S foi amplificada com os primers 515F (5'-GTGYCAGCMGCCGCGGTAA-3') e 806R (5'-GGACTACNVGGGTWTCTAAT-3') e a região ITS com os primers ITS1-F (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3') e ITS2-R (5'-GCTGCGTTCTTCATCGATGC-3') (White et al., 1990; Caporaso et al. (2012)). O sequenciamento foi realizado pela NGS Soluções Genômicas.

7.4.2 Processamento e análise das sequências

Os primers foram removidos das sequências com o auxílio do pacote cutadapt, disponível na plataforma R. Posteriormente, elas foram analisadas com o pacote dada2, disponível na mesma plataforma. No caso do gene RNAr 16S, as regiões de baixa qualidade foram removidas de modo a se atender o critério de Q igual a 30, que se refere a uma probabilidade de 99,9% de que uma base tenha sido identificada como verdadeira. Posteriormente, as sequências foram truncadas para um comprimento de 200 pares de base e submetidas ao procedimento de determinação das taxas de erro. Em seguida, as porções líder e complementar foram submetidas à identificação e eliminação de potenciais quimeras e classificadas taxonomicamente pelo método de classificação Naïve Bayes.

Para a classificação taxonômica, utilizou-se a base de sequências de genes RNAr 16S Silva v, 138,1. As sequências da região intergênica (ITS) de fungos passaram por um procedimento similar, com a diferença de que não foi definido um comprimento fixo para a truncagem das sequências na etapa de eliminação das regiões com bases de baixa qualidade, mas foi definido um comprimento mínimo de 50 pares de bases. A base de dados utilizada para a classificação das sequências ITS foi a Unite de 16 de outubro de 2022 (Abarenkov et al., 2022). Em ambas as análises, as sequências foram classificadas em variantes de sequência amplicon (ASV), as quais foram armazenadas na forma de tabelas e submetidas a análise estatística.

7.4.3 Análise estatística

Realizou-se uma análise de correspondência não tendenciada para determinar o gradiente ambiental. Como esse foi maior do que quatro desvios padrão, os dados foram transformados com a transformação de Hellinger e posteriormente submetido à análise de componentes principais (ACPs) conforme preconizado por Legendre & Gallagher (2001). As ACPs foram realizadas na matriz de covariância para todos os dados em conjunto e para as comunidades das iscas e das rizosferas separadamente. A análise de variância com matrizes de distâncias (McArdle & Anderson, 2001) foi utilizada para testar a significância dos locais (fonte de inóculo), dos compartimentos (isca versus rizosfera) e de suas interações na estruturação das comunidades microbianas. Por fim, as abundâncias relativas dos principais filós (abundância maior do que 2%) e gêneros (abundância maior do que 5%) foram calculadas e representadas na forma de gráficos de barra. Todas as análises estatísticas foram realizadas com os pacotes vegan, phyloseq, dplyr, stringr e Biostrings na plataforma R (Callahan et al., 2016); McMurdie

& Holmes, 2013; Wickham, 2016; Pàges et al. (2022); Wickham, 2022; (R Core Team, 2022). Os gráficos foram plotados com o pacote ggplot2 (Wickham, 2016).

7.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.5.1 Características fitotécnicas do tomateiro

A interação entre os fatores compostos e fontes de inóculos foi significativa para a variável índice SPAD (Tabela 1). O índice determinado na folha diagnóstica do tomateiro diferiu entre os tratamentos, demonstrando que a comunidade microbiana advinda dos diferentes povoamentos proporcionou mudanças na dinâmica de absorção de nutrientes. Este índice apresenta alta correlação com os teores de clorofila (Pôrto *et al.*, 2011), cuja molécula também se correlaciona com os teores de nitrogênio no momento da avaliação, que é realizada de maneira não destrutiva e permite inferir sobre o estado nutricional das plantas (Leonardo *et al.*, 2013).

Na avaliação realizada aos 40 dias após o transplante, os compostos vegetais não fermentados proporcionaram os maiores índices SPAD, exceto o composto que recebeu os inóculos provenientes da serrapilheira de acácia. Na ausência da fermentação, o composto inoculado com os microrganismos provenientes da serrapilheira de eucalipto proporcionou o melhor resultado. De maneira contrária, o maior índice na presença dos compostos fermentados foi obtido com os microrganismos advindos da serrapilheira de acácia. Tais resultados evidenciam que, independentemente do método de preparo, o estado nutricional do tomateiro é influenciado pelas comunidades microbianas.

Os melhores índices obtidos com a utilização dos compostos não fermentados, exceto acácia, neste estágio de desenvolvimento da cultura, podem estar associados às transformações relacionadas ao nitrogênio no solo. Em fertilizantes orgânicos cujo valor pH tende à neutralidade há um predomínio de N-NO_3^- (Lisboa *et al.*, 2018), que em proporções superiores ao N-NH_4^+ proporciona melhores desempenhos das características fitotécnicas do tomateiro (Moschini, 2015). Nas misturas utilizadas nas confecções dos compostos fermentados o valor pH inicial é básico, acima de 7. Após o processo de fermentação ocorre a acidificação, proporcionando valores de pH oscilando entre 4 a 4,5. Os fertilizantes que apresentam pH ácido, como no caso dos compostos fermentados, podem aumentar a disponibilização de N na forma amoniacal (NH_4^+), sendo prejudicial ao tomateiro, principalmente nos estádios iniciais de crescimento, onde a demanda de N é mais elevada.

Aos 55 dias após o transplante, os inóculos provenientes da serrapilheira de eucalipto propiciaram o melhor resultado na ausência da fermentação, ao passo que, na presença da fermentação os inóculos advindos da serrapilheira de acácia proporcionaram o melhor desempenho, cujos demais tratamentos não diferiram entre si. Aos 70 dias após o transplante observou-se um nivelamento dos índices na presença do composto fermentado. Já na ausência de fermentação os inóculos de eucalipto mantiveram o melhor índice. Aos 85 dias após o transplante houve um nivelamento dos índices, independentemente do composto. Ressalta-se que na última avaliação, na presença da fermentação, os inóculos de eucalipto e acácia apresentaram os menores índices. Este fato foi atribuído a maior translocação de nutrientes impulsionada pela maior produção de frutos nos respectivos tratamentos.

Tabela 1. Índice SPAD dos tomateiros submetidos a fertilização com compostos vegetais inoculados com diferentes fontes de inóculos em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

Compostos	Índice SPAD mensurado na folha índice de tomateiros							
	40 DAT							
	Eucalipto	Acácia	Módulo	Bambu	Mata	Embiotic	Água	Média
Fermentado	40,00 Bb	45,90 Aa	33,80 Bc	26,60 Bc	31,50 Bc	33,27 Bc	31,25 Bc	35,04
N. Fermentado	48,22 Aa	38,85 Bb	39,67 Ab	39,27 Ab	37,90 Ab	39,97 Ab	38,30 Ab	40,31
Média	44,11	42,37	36,73	34,43	34,70	36,62	34,77	
CV (%)	8,35							
	55 DAT							
	Eucalipto	Acácia	Módulo	Bambu	Mata	Embiotic	Água	Média
Fermentado	37,55 Bb	41,55 Aa	34,17 Ac	31,62 Ac	35,02 Ac	31,82 Ac	35,00 Ac	35,33
N. Fermentado	45,27 Aa	32,47 Bb	34,75 Ab	33,77 Ab	34,10 Ab	32,77 Ab	34,10 Ab	35,23
Média	41,41	37,01	34,46	32,70	34,56	32,30	34,55	
CV (%)	7,70							
	70 DAT							
	Eucalipto	Acácia	Módulo	Bambu	Mata	Embiotic	Água	Média
Fermentado	30,10 Ba	34,37 Aa	33,27 Aa	32,05 Aa	33,65 Aa	31,25 Aa	34,45 Aa	32,73
N. Fermentado	38,97 Aa	30,90 Ab	30,40 Ab	28,92 Ab	28,57 Ab	29,80 Ab	30,12 Ab	31,10
Média	34,53	32,64	31,84	30,49	31,11	30,52	32,29	
CV (%)	13,90							
	85 DAT							
	Eucalipto	Acácia	Módulo	Bambu	Mata	Embiotic	Água	Média
Fermentado	28,62 Ab	24,37 Ab	32,75 Aa	32,87 Aa	34,77 Ba	31,80 Aa	31,25 Aa	30,91
N. Fermentado	24,25 Aa	27,85 Aa	23,05 Ba	31,22 Aa	24,20 Aa	26,10 Aa	24,77 Ba	25,92
Média	26,44	26,11	27,90	32,05	29,49	28,95	28,00	
CV (%)	14,80							

N= Não; DAT= Dias após o transplante. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F da análise de variância para o fator compostos e pelo teste de Scott-Knott para o fator inóculos, a 5% de probabilidade.

Quanto ao número de frutos do tomateiro, constatou-se que os inóculos provenientes da serrapilheira de acácia e do eucalipto proporcionaram os melhores resultados, respectivamente, na presença e na ausência de fermentação (Tabela 2). No que se refere ao fator composto, com exceção da acácia que apresentou melhor desempenho na presença da fermentação, os demais tratamentos não diferiram entre si. Os compostos fermentados oriundos da inoculação com a microbiota coletada nas serrapilheiras de eucalipto e acácia proporcionaram os melhores resultados, com produções de 170,8 e 236,22 g planta⁻¹, respectivamente. Na ausência de fermentação, os inóculos provenientes da serrapilheira de eucalipto propiciaram o melhor desempenho de 306,77 g planta⁻¹.

O número de frutos e as produções dos tomateiros mensurados neste trabalho não refletem o potencial da cultura, principalmente por ser uma variedade de frutos grandes. Tal fato está associado ao nível de fertilização adotado, que foi relativamente baixo considerando as condições restritas dos vasos. Possivelmente isso fortaleceu às expressões biológicas inerentes à adição dos inóculos microbianos. Em ambiente protegido, para uma cultivar industrial, é possível alcançar um número superior a 30 frutos por planta e obter produção de aproximadamente 2 kg (Silva *et al.*, 2012).

Para a variável massa seca de raízes, na presença do composto fermentado, os inóculos provenientes da serrapilheira de acácia proporcionaram o melhor desempenho, ao passo que, na ausência da fermentação os inóculos coletados na serrapilheira de eucalipto proporcionaram os melhores resultados. Esses resultados, assim como observados para as demais variáveis, foram influenciados pelas distintas comunidades microbianas. Os inóculos oriundos da serrapilheira de eucalipto, aplicados no composto não fermentado, proporcionaram aumentos superiores a 90% na massa seca de raízes em relação aos demais tratamentos.

Tabela 2. Características fitotécnicas de tomateiros submetidos à fertilização com compostos vegetais inoculados com diferentes fontes de inóculos. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

Compostos	Índices fitotécnicos do tomateiro							
	Nº de frutos planta ⁻¹							
	Eucalipto	Acácia	Módulo	Bambu	Mata	Embiotic	Água	Média
Fermentado	4,25 Ab	7,50 Aa	2,25 Ab	2,25 Ab	2,25 Ab	2,0 Ab	2,75 Ab	3,32
N. Fermentado	6,00 Aa	2,75 Bb	2,0 Ab	2,75 Ab	2,50 Ab	2,50 Ab	2,50 Ab	3,00
Média	5,12	5,12	2,12	2,50	2,37	2,25	2,62	
CV (%)	48,65							
Compostos	Produção g planta ⁻¹							
	Eucalipto	Acácia	Módulo	Bambu	Mata	Embiotic	Água	Média
	Fermentado	170,80 Ba	236,22 Aa	100,00 Ab	90,57 Ab	102,35 Ab	96,2 Ab	57,3 Bb
N. Fermentado	306,77 Aa	167,15 Ab	126,90 Ab	144,25 Ab	138,92 Ab	142,7 Ab	142,7 Ab	167,05
Média	238,78	201,68	113,45	117,41	120,63	119,45	100,0	
CV (%)	36,20							
Compostos	Massa seca de raízes g planta ⁻¹							
	Eucalipto	Acácia	Módulo	Bambu	Mata	Embiotic	Água	Média
	Fermentado	7,43 Bb	9,49 Aa	4,96 Ac	4,22 Ac	4,42 Ac	6,74 Ab	6,50 Ab
N. Fermentado	18,08 Aa	8,09 Ab	6,85 Ab	4,22 Ab	6,27 Ab	5,84 Ab	7,62 Ab	7,98
Média	12,75	8,79	5,90	4,22	5,34	6,29	7,06	
CV (%)	20,40							

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F da análise de variância para o fator compostos e pelo teste de Scott-Knott para o fator inóculos, a 5% de probabilidade.

Cabe destacar que no momento da avaliação do sistema radicular dos tomateiros observou-se a presença de danos severos ocasionados por fitonematoides, exceto na presença do composto não fermentado bioativado com os inóculos provenientes da serrapilheira de eucalipto. Esse tratamento proporcionou amplo controle dos fitopatógenos e possivelmente refletiu nos resultados obtidos na avaliação do sistema radicular.

7.5.2 Caracterização das comunidades fúngica e bacteriana

A abundância relativa baseada nos *phyla* foi distinta entre as diferentes iscas e também entre as rizosferas e as respectivas iscas que forneceram os inóculos utilizados na inoculação do composto fermentado (Figura 3). Observou-se grande predomínio dos *phyla Proteobacteria* e *Firmicutes* nas diferentes iscas, cujas áreas de eucalipto e acácia foram responsáveis por maiores abundâncias do filo *Firmicutes*, não diferindo entre si, e as áreas do módulo, mata e bambu proporcionaram maiores abundâncias do filo *Proteobacteria*. Além desses *phyla*, identificou-se a presença do filo *Bacteroidota* nas diferentes iscas, exceto à isca de eucalipto. Ressalta-se que a maior abundância desse filo foi encontrada na isca proveniente da área de bambu.

Foram identificadas maiores diversidades de *phyla* no ambiente rizosférico do tomateiro, independentemente do tratamento, em comparação às respectivas iscas utilizadas na confecção dos compostos fermentados. No ambiente rizosférico, além dos *phyla* relatados anteriormente, independentemente do tratamento, constatou-se a presença dos *phyla Actinobacteriota*, *Acidobacteriota*, *Verrucomicrobiota*, *Myxococcota*, *Chloroflexi* e *Crenarchaeota*. Esses resultados reforçam que o ambiente rizosférico é mais diversificado que as iscas em virtude da seletividade proporcionada pelo arroz, como também, por influência da espécie cultivada.

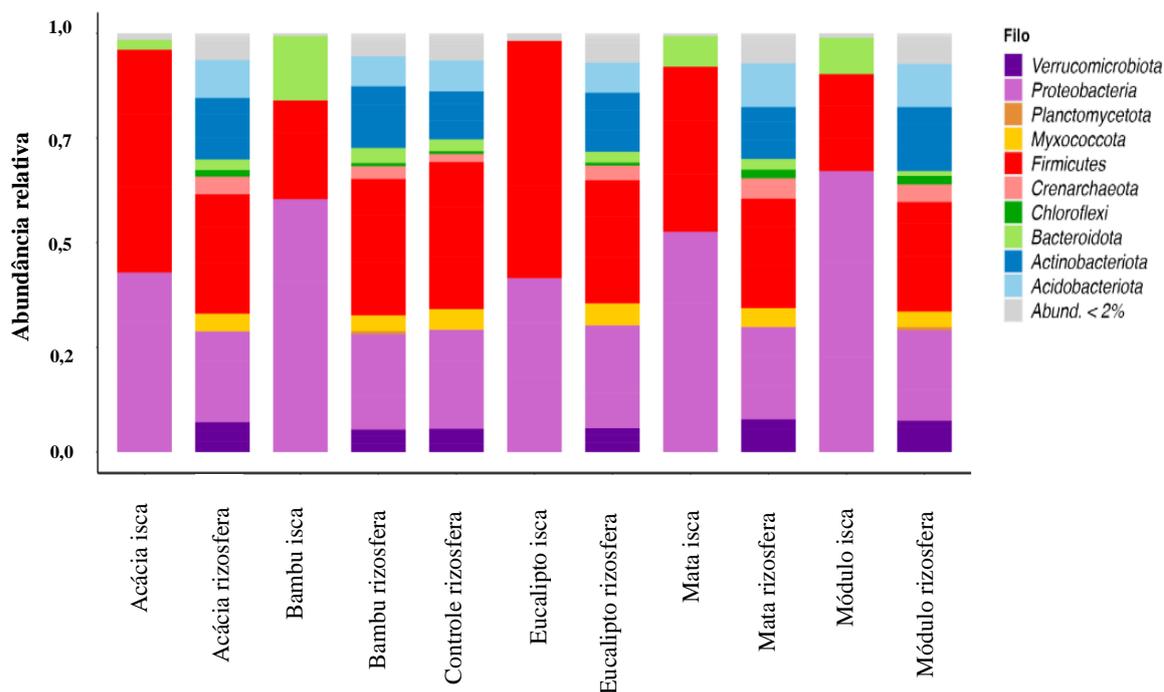


Figura 3. Abundância relativa em nível de filo da comunidade bacteriana presente em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

A abundância relativa da comunidade bacteriana, em nível de gênero, foi distinta entre as iscas (Figura 4). O mesmo padrão foi observado comparando-se as comunidades das iscas às encontradas no ambiente rizosférico do tomateiro para os respectivos tratamentos. Observou-se uma predominância de *Bacillus* e *Klebsiella* nos diferentes tratamentos relativos às iscas, cujas áreas de eucalipto e acácia apresentaram maior abundância. Também foram constatadas às presenças dos gêneros *Chryseobacterium* e *Stenotrophomonas* em menor abundância, especificamente, nas iscas provenientes das áreas de mata, bambu e módulo. Além desses gêneros, detectou-se, nas diferentes iscas, a presença de *Acinetobacter*, cuja abundância relativa foi superior na isca do módulo.

Quanto ao ambiente rizosférico, observou-se uma redução da abundância relativa do gênero *Bacillus* em comparação às iscas e ausência do gênero *Klebsiella* em todos os tratamentos, ambos gêneros abundantes nas iscas. Alguns gêneros não apareceram nas iscas e foram expressivos nas rizosferas, tal como, o gênero *Candidatus udaeobacter* que foi significativamente superior nos tratamentos que receberam os inóculos provenientes da serrapilheira de acácia, da mata e do módulo. De maneira similar, o gênero *Kurthia* não foi detectado nas iscas, mas foi encontrado nas rizosferas, com destaque para os tratamentos de bambu e o controle (água).

Observou-se um aumento de diversidade de gêneros no ambiente rizosférico em comparação ao encontrado nas respectivas iscas, independentemente do tratamento, cuja expressão pode ser observada pela junção de diversos gêneros que apresentaram abundância relativa menor que 5%. Quando contabilizados em conjunto, esses gêneros corresponderam a um percentual superior a 60% da abundância relativa total. Tal fato pode ser justificado pela seletividade de microrganismos que cresceram no substrato de arroz cozido, cujas

características intrínsecas relacionadas ao conteúdo de energia disponível, à disponibilidade de nutrientes e a umidade podem ter proporcionado esta seleção.

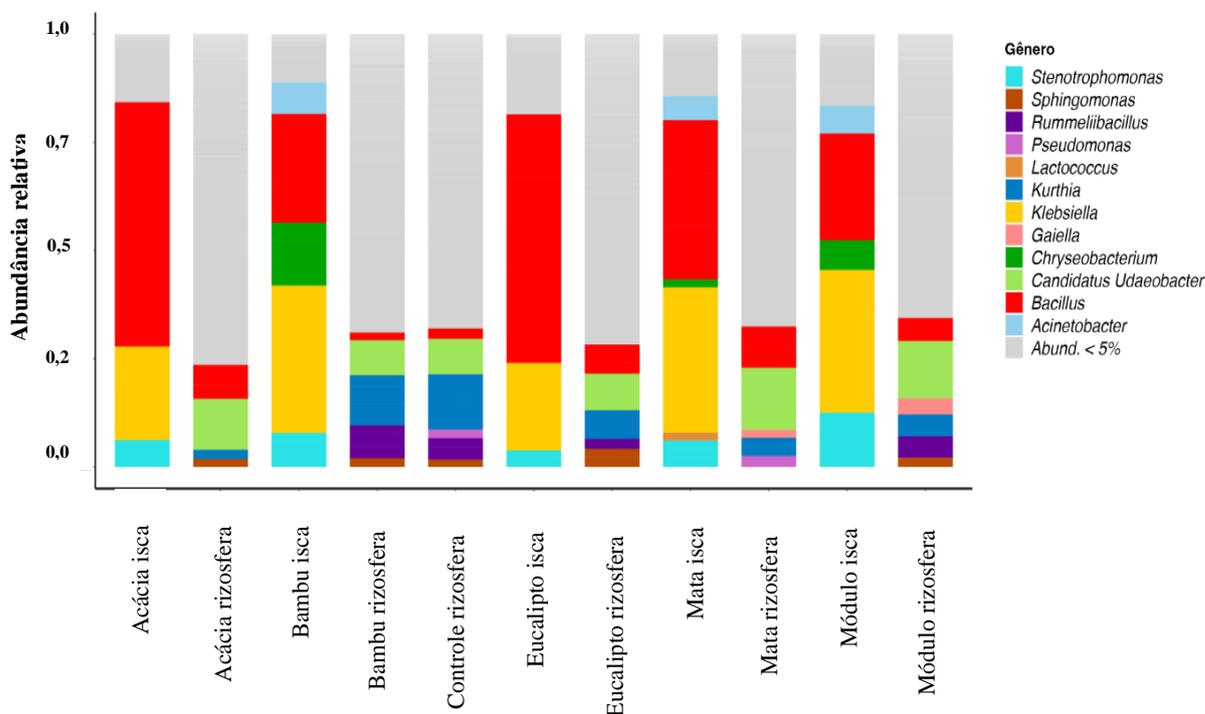


Figura 4. Abundância relativa em nível de gênero da comunidade bacteriana presente em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

As diversidades das comunidades bacterianas foram comparadas utilizando-se a riqueza (Chao 1) e pela diversidade de Shannon (Figura 5). Independentemente do local de instalação das iscas utilizadas na inoculação do composto fermentado, os maiores índices de diversidade e riqueza foram encontrados no solo rizosférico do tomateiro. Tais resultados reforçam os resultados apresentados nas figuras 3 e 4, evidenciando que a diversidade do ambiente da rizosfera é maior que o encontrado nas iscas confeccionadas com substrato de arroz. Este fato se deve as características do substrato e também por influência do tomateiro.

Na literatura, os trabalhos relacionados a caracterização dos inóculos microbianos coletados a campo com a finalidade de inoculação de compostos fermentados são incipientes, restringindo-se apenas ao método de coleta e posterior preparo da solução inoculante (Siqueira; Siqueira, 2013). Como observado, o ambiente rizosférico apresenta maior riqueza, diversidade e abundâncias relativas de *phyla* e gêneros. Além disso, certos grupos que não aparecem nas iscas estão presentes na rizosfera, indicando que a contribuição da comunidade bacteriana das iscas pode ter sido relativamente baixa. Ademais, em certos casos ocorre uma diminuição de certos grupos encontrados nas iscas para o determinados na rizosfera. Tal fato pode estar associado ao processo de fermentação dos compostos fermentados, que em condições microaerófilas e pH ácido pode limitar o crescimento de alguns grupos de microrganismos.

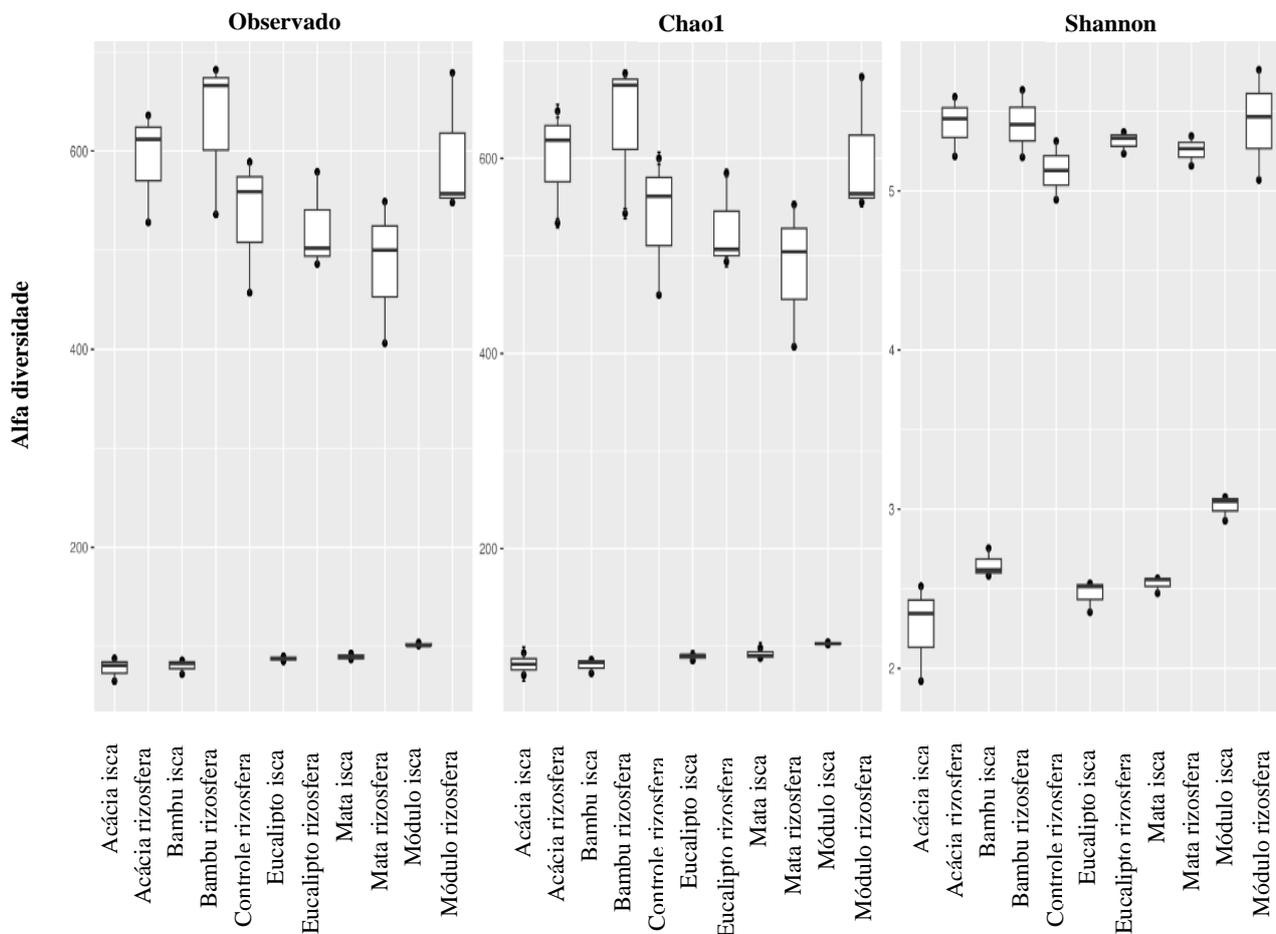


Figura 5. Alfa diversidade da comunidade bacteriana presente em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

A abundância relativa em nível de filo da comunidade fúngica presente nas iscas foi distinta (Figura 6). Nas iscas provenientes das áreas de eucalipto e acácia observou-se maior abundância do filo *Ascomycota*. Ressalta-se que nos demais tratamentos esse filo também teve representatividade, assim como o filo *Mortierellomycota*, sendo estes dominantes nos diferentes ambientes. Quanto a rizosfera, além dos *phyla* citados, detectou-se a presença de *Basidiomycotas* em todos os tratamentos e, em baixa abundância, o filo *Fungi_phy_incertae_sedis* foi encontrado nos tratamentos oriundos da inoculação com a microbiota proveniente da áreas de acácia e do eucalipto.

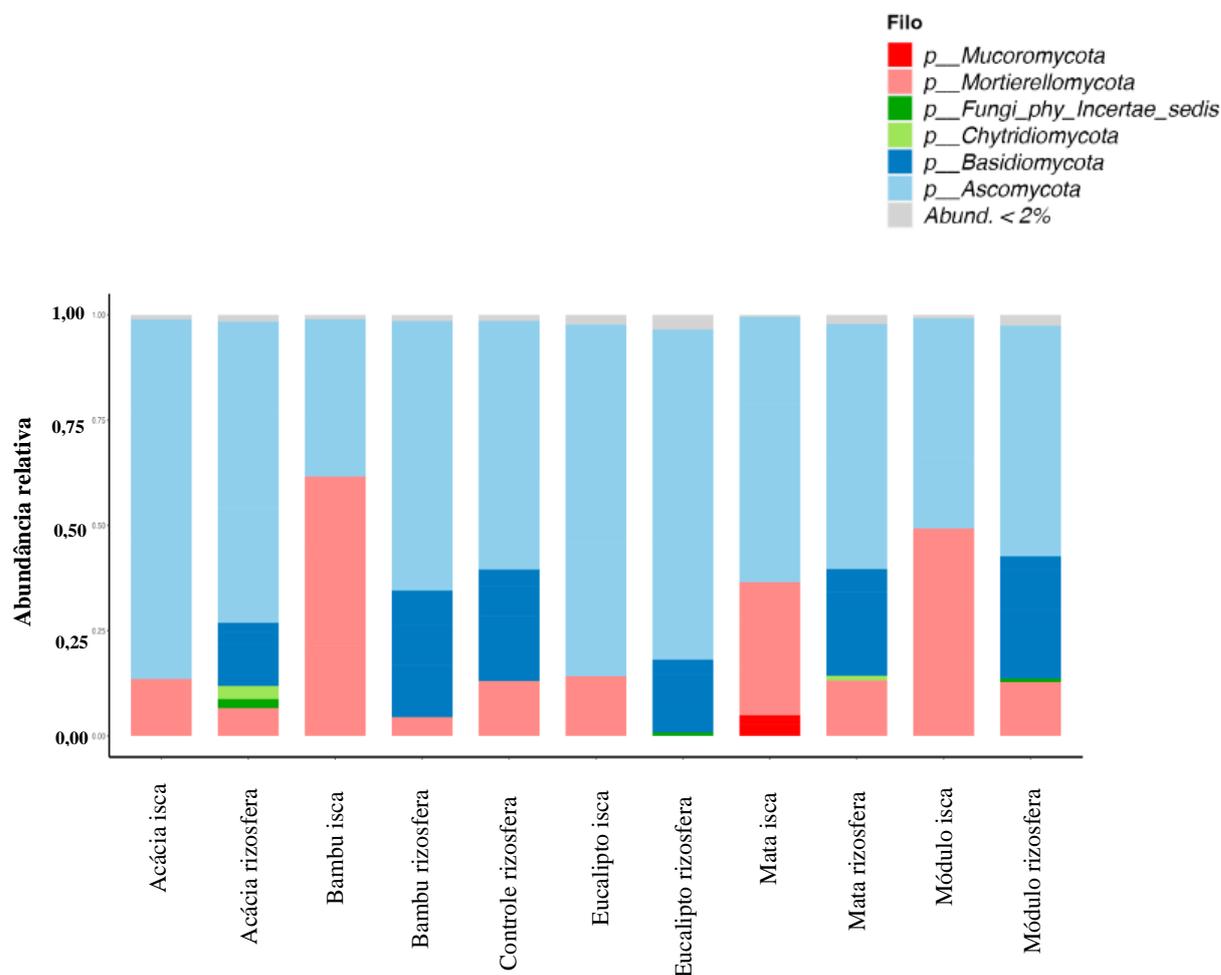


Figura 6. Abundância relativa em nível de filo da comunidade fúngica presente em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

Semelhantemente ao observado para a comunidade bacteriana, a abundância relativa em nível de gênero da comunidade fúngica presente nas iscas foi distinta (Figura 7). Nas iscas provenientes da acácia constatou-se elevada abundância do gênero *Hyphopichia*. Apesar disso, na rizosfera do tomateiro fertilizado com o composto fermentado derivado da inoculação, não foi detectada a presença deste gênero. Tal fato também foi observado para os demais tratamentos no que se refere a ausência ou redução na abundância de gêneros da isca para a rizosfera do tomateiro. Esses resultados determinados para a comunidade fúngica fortalecem os descritos para a comunidade bacteriana, no sentido de ocorrer seleções de microrganismos nas iscas e, durante o processo de fermentação do composto fermentado, parte dos microrganismos podem ser inibidos devido as condições de restrição de oxigênio e redução do pH, ou até mesmo a competição pelo substrato.

Quanto ao ambiente rizosférico, observou-se a presença do gênero *Trichoderma* na rizosfera dos tomateiros nos diferentes tratamentos, que se encontrava ausente nas iscas derivadas da inoculação. Semelhantemente, para o gênero *Trichobolus*, observou-se a ocorrência nas rizosferas e ausência nas respectivas iscas, exceto na rizosfera dos tomateiros que receberam a fertilização com os compostos fermentados provenientes dos inóculos de

eucalipto e da mata. Na rizosfera do eucalipto foram encontradas as maiores abundâncias do gênero *Humicola*, o qual não foi detectado na isca originária, assim como observado para os demais tratamentos, em menor magnitude. Ressalta-se também a presença do gênero *Cladosporium* na isca do eucalipto, em baixa abundância na rizosfera e diferindo dos demais tratamentos.

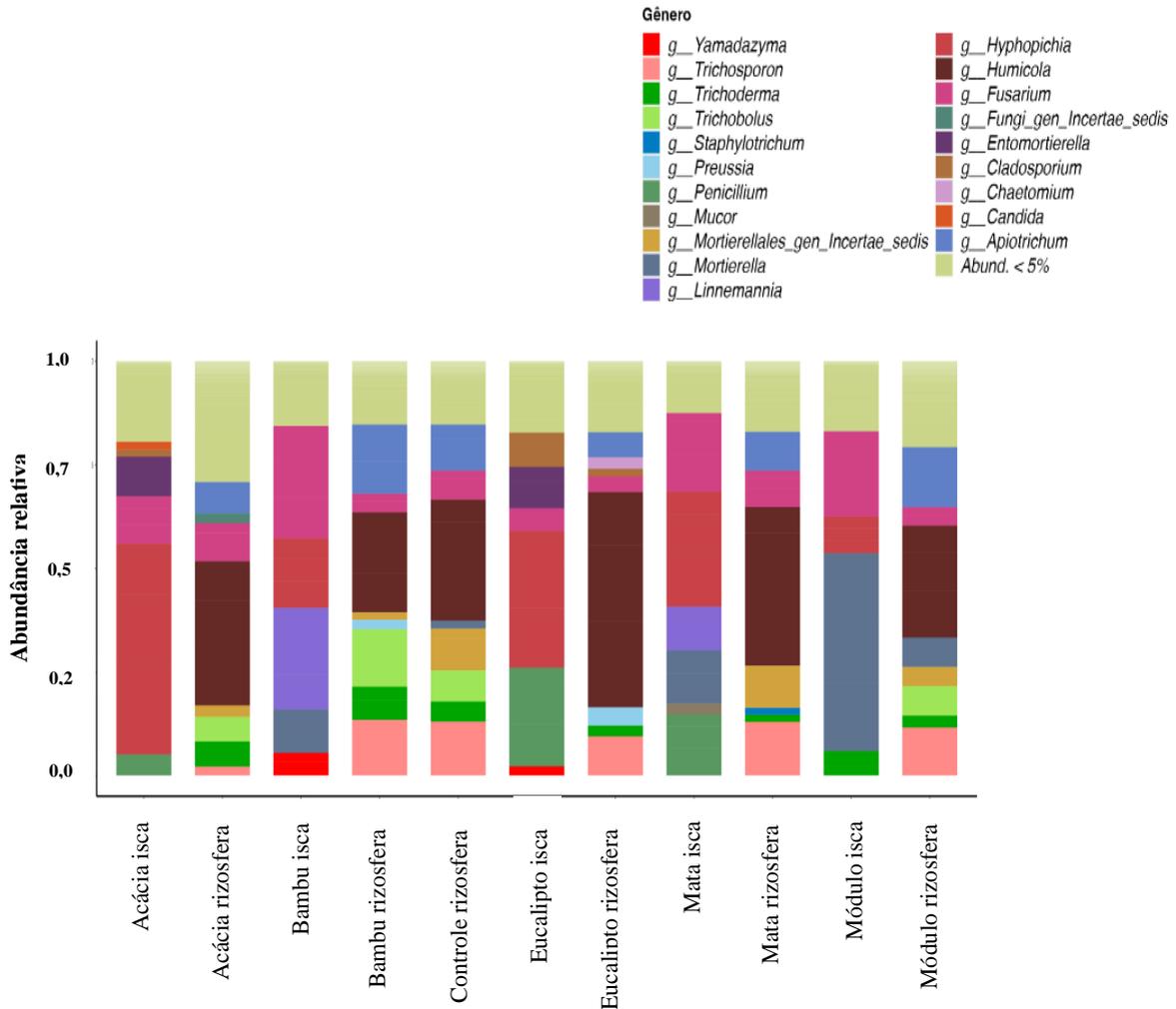


Figura 7. Abundância relativa em nível de gênero da comunidade fúngica presente em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

7.6 CONCLUSÕES

Os compostos influenciaram de maneira distinta o desenvolvimento do tomateiro, cujo composto não fermentado inoculado com os microrganismos provenientes da serrapilheira de eucalipto proporcionou a maior massa seca de raízes e produção de frutos na ordem de 306,77 g planta⁻¹.

Os *phyla Proteobacteria* e *Firmicutes* das comunidades bacterianas predominaram nas iscas e no ambiente rizosférico do tomateiro, independentemente do local de coleta dos inóculos microbianos.

Os gêneros *Bacillus* e *Klebsiella* apresentaram as maiores abundâncias relativas nas iscas, independentemente do ambiente de coleta. Apesar disso, ocorreu uma diminuição da abundância relativa do gênero *Bacillus* nas rizosferas do tomateiro derivadas da fertilização com o composto fermentado e ausência do gênero *Klebsiella*, indicando influência da fermentação do composto e da espécie cultivada.

Os *phyla Ascomycota* e *Mortierellomycota* das comunidades fúngicas apresentaram as maiores abundâncias relativas nas iscas, cujo filo *Ascomycota* foi predominante nos ambientes rizosféricos dos tomateiros, independentemente do local de coleta dos inóculos microbianos.

Os gêneros das comunidades fúngicas presentes nas iscas apresentaram abundâncias relativas distintas e alguns gêneros não foram encontrados nas rizosferas dos tomateiros fertilizados com os compostos fermentados derivados da inoculação.

8. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O objetivo geral de avaliar a eficiência agronômica da fertilização com compostos fermentados fundamentado no papel das comunidades microbianas e na nutrição de hortaliças submetidas ao manejo orgânico foi plenamente alcançado.

A abordagem proposta neste trabalho de pesquisa trata da valorização de estratégias de manejo que favoreçam a reciclagem de nutrientes, valorizando processos ecológicos como a fotossíntese e a fixação biológica do N₂, bem como o componente biológico do sistema por meio da utilização de compostos fermentados obtidos de combinações de matérias-primas oriundas de resíduos e inóculos microbianos.

Novos estudos voltados a seleção de uma comunidade sintética para a inoculação de compostos fermentados podem auxiliar na escolha de locais de coleta de microrganismos, assim como verificar a influência do processo fermentativo na multiplicação e inibição de certos grupos de microrganismos .

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABARENKOV, K.; ZIRK, A.; PIIRMANN, T.; PÖHÖNEN, R.; IVANOV, F.; NILSSON, R, H.; KÖLJALG, U. UNITE general FASTA release for Fungi, Version 16.10.2022. **UNITE Community**, 2022.

ABLIMIT, R.; LI, W.; ZHANG, J.; GAO, H.; ZHAO, Y.; CHENG, M.; MENG, X.; NA, L.; CHEN, Y. Altering microbial community for improving soil properties and agricultural sustainability during a 10-year maize-green manure intercropping in Northwest China. **Journal of Environmental Management**, v.321, 2022.

ALAWIYE, T. T.; BABALOLA, O. O. Bacterial diversity and community structure in typical plant rhizosphere. **Diversity**, v.11, n.179, 2019.

ANDRADE, F. C. A. Caderno dos microrganismos eficientes (EM): Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Cuiabá: Ed. Triagem, 2011.

ARAÚJO, R. A.; NEIVA, J. N. M.; POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; ROGÉRIO, M. C. P.; LUCAS, R. C.; EGITO, A. S. Feeding behavior and physiological parameters of rearing goats fed diets containing detoxified castor cake. Semina: **Ciências Agrárias**, v.39, n.5, p.2247-2260, 2018.

BAIS, H. P.; WEIR, T. L.; PERRY, L. G.; GILROY, S.; VIVANCO, J. M. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. Annu. **Revista Plant Biol**, v.57, p.233–266, 2006.

BAVARESCO, L. G.; MAZZUCHELLI, R. C. L. Avaliação do desempenho nematicida de farelo de mamona em comparação ao controle químico de *Meloidogyne* spp. em tomateiro. **Colloquium Agrariae**, v.13, p.53-58, 2017.

BATISTA, M. A.V.; BEZERRA NETO, F.; SILVA, M. L.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; CUNHA, J. L. X. L. Atributos de solo-planta e de produção de beterraba influenciados pela adubação com espécies da Caatinga. **Horticultura Brasileira**, v.34, p.031-038, 2016.

BENINCÁ, D. & BONATTI, L. C. Agroecologia: uma opção de sustentabilidade no campo e na cidade. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.15, n.5, p.192, 2020.

BRASIL, 2021. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 52, 10p. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-52-de-15-de-marco-de-2021-310003720>. Acessado em abril 15, 2023.

BRITO, M. F.; TSUJIGUSHI, B. P.; ROCHA, D. P.; SILVA, R. F. Reciclagem de nutrientes de adubos verdes e produtividade de milho cultivado em sucessão em agroecossistema de transição agroecológica. **Acta Iguazu**, v.6, n.3, p.11-21, 2017.

CAI, F.; PANG, G.; LI, R. X.; LI, R.; GU, X. L.; SHEN, Q. R.; CHEN, W. Bioorganic fertilizer maintains a more stable soil microbiome than chemical fertilizer for monocropping. **Biology and Fertility of Soils**, v.53, p.861-872, 2017.

CALLAHAN, B. J.; MCMURDIE, P. J.; ROSEN, M. J.; HAN, A. W.; JOHNSON, A. J. A.; HOLMES, S. P. “DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data.” *Nature Methods*, v.13, p.581-583, 2016.

CAPPELLI, S. L.; DOMEIGNOZ-HORTA, L. A.; LOAIZA, V.; LAINE, A. L. Plant biodiversity promotes sustainable agriculture directly and via belowground effects. **Trends in Plant Science**, v.27, n.7, p.677, 2022.

CARDOSO, R. A.; BENTO, A. S.; MORESKI, H. M.; GASPAROTTO, F. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 35, p. 51-60, 2014.

CAMPAGNOLLA, C. & MACÊDO, M. M. C. Revolução Verde: passado e desafios atuais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.39, n.1, e26952, 2022.

CAPORASO, J. G.; LAUBER, C. L.; WALTERS, W. A.; BERG-LYONS, D.; LOZUPONE, C. A.; TURNBAUGH, P. J.; NOAH FIERER, N.; KNIGHT, R. Global patterns of 16S rRNA diversity at a depth of millions of sequences per sample. *Proc Natl Acad Sci USA* 108, p.4516–4522, 2011. .

CHIEZA, E. D.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E. S.; ESPINDOLA, J. A. A.; FERNANDES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com Crotalária juncea L, em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 2, p. 189-196, 2017.

CORDEIRO, A. A. S.; RODRIGUES, M. B.; GONÇALVES JÚNIOR, M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S.; GUERRA, J. G. M. Organic cabbage growth using green manure in pre-cultivation and organic top dressing fertilization. **Horticultura Brasileira**, v.36, p.515-520, 2018.

CORREA-GALEOTE, D.; BEDMAR, E. J.; ARONE, G. J. Maize Endophytic Bacterial Diversity as Affected by Soil Cultivation History. **Frontiers in Microbiology**, v.9, p.484, 2018.

CORRÊA, A. L.; ABOUD, A.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR, L. A.; ARAUJO, E. S.; RIBEIRO, R. Efeito de pré-cultivos com crotalária juncea e milho para produção de minimilho e alface. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.15, n.2, p.75, 2020.

EISENHAUER, N.; LANOUE, A.; STRECKER, T.; SCHEU, S.; STEINAUER, K.; THAKUR, M. P.; MOMMER, L. Root biomass and exudates link plant diversity with soil bacterial and fungal biomass. **Scientific Reports**, v.7, n 44641, 2017.

ETESAMI, H.; JEONG, B. R.; GLICK, B. R. Potential use of *Bacillus* spp. as an effective biostimulant against abiotic stresses in crops—A review, **Current Research in Biotechnology**, v.5, 100128, 2023.

FERREIRA, T. C.; BETTIOL, W. Biocontrole de patógenos de solo e promoção de crescimento vegetal promovidos por *Bacillus* spp. em milho. **BIOFARM - Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v.15, n.4, p.337–356, 2019.

FERREIRA, N. K. F.; LIMA, C. F.; AZEVEDO, É. B. M.; MARINHO, A. F.; ARAÚJO, F. O.; Azevedo, F. D. F. M. Disponibilidade de metais pesados e sua correlação com a matéria orgânica do solo em áreas produtoras de hortaliças na Região Metropolitana de Belém/Pa. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n. 11, p.109022-109032, 2021.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, [S.l.], v.37, p.529-535, 2019.

FU, Z.; LI, Z.; PING, C.; QING, D.; TING, P.; CHUN, S.; XIAO-CHUN, W.; WEI-GUO, L.; WEN-YU, Y.; TAI-WEN, Y. Effects of maize-soybean relay intercropping on crop nutrient uptake and soil bacterial community. **Journal of Integrative Agriculture**, v.18, n.9, p.2006-2018, 2019.

FREIRE, L. R.; CAMPOS, D. V. B.; LIMA, E.; ZONTA, E.; BALIEIRO, F. C.; GUERRA, J. G. M.; POLIDORO, J. C.; ANJOS, L. H. C.; LEAL, M. A. A.; PEREIRA, M. G.; FERREIRA, M. B. C. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**, Seropédica: Editora Universidade Rural, 2013, 430p.

GALZER, E.; AZEVEDO FILHO, W. Utilização do *Bacillus thuringiensis* no controle biológico de pragas. **Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v.1, n.1, p.13-16, 2016.

GONÇALVES JÚNIOR, M.; SILVA, A. G. B.; CORDEIRO, A. A. S.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S. Crescimento da leguminosa arbustiva *Tephrosia vogelli* em sistema orgânico de produção. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 86, 24p, 2012.

GONCALVES, R. G. M.; SANTOS, C. A.; BREDA, F. A. F.; LIMA, E. S. A.; CARMO, M. G. F.; SOUZA, C. C. B.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Cadmium and lead transfer factors to kale plants (*Brassica oleracea* var. *acephala*) grown in mountain agroecosystem and its risk to human health. **Environmental monitoring and assessment**, v.194, p.366, 2022.

GOULART, Jhonatan Marins. **Estratégias de produção *in situ* de biomassa de leguminosas arbustivas e arbórea para a confecção de compostos fermentados empregados na fertilização de cenoura e alface consorciadas em cultivo orgânico**. 2020. 78p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

GOULART, J. M.; ROCHA, A. A.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S.; GUERRA, J. G. M. Agronomic performance of sweet potato crop in succession to leguminous plants in monocropping and intercropped with corn. **Horticultura Brasileira**, v.39, p.186-191, 2021.

GRUZMAN, I.; DÖBEREINER. Effectiveness and efficiency in the symbiosis of four cross-inoculated tropical legumes. In: **Reunião latino americana sobre inoculantes para leguminosas**. Porto Alegre, Anais, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.81-91, 1968.

GRANGEIRO, L. C.; COSTA, K. R.; MEDEIROS, M. A.; SALVIANO, A. M.; NEGREIROS, M. Z.; BEZERRA NETO, F.; OLIVEIRA, S. L. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.190-194, 2006.

GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S.; LEAL, M. A. A.; ABOUD, A. C. S.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H.; NEVES, M. C. P.; RIBEIRO, R. L. D. 2014. Adubação verde no cultivo de hortaliças. Pag. 241-267. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D (Eds). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**, Brasília: Embrapa, v.2, 2014.

H, Wickham. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis, Springer-Verlag New York, 2016.

HEINRICH, A. G.; FERRAZ, R. M.; RAGASSI, C. F.; REIFSCHEIDER, F. J. B. Caracterização e avaliação de progênies autofecundadas de pimenta biquinho salmão. **Horticultura Brasileira**, v.33, p.465-470, 2015.

HOFFMANN, F. L. Fatores limitantes à proliferação de microrganismos em alimentos. **Brasil Alimentos**, v.9, n.1, p.23-30, 2001.

IBRAHIM, M. M.; WU, F.; CHEN, Y.; LIU, D.; ZHANG, W.; HE, Z.; HOU, E.; XING, S.; MAO, Y. Impacts of MgO- and sepiolite-biochar composites on N-partitioning and dynamics of N-cycling bacteria in a soil-maize system: A field-based ¹⁵N-urea tracer study. **Geoderma**, v.429, 116236, 2023.

IZIDORO JÚNIOR, A.; SILVA, E. J.; TARINI, G.; BORDIN, J. C.; SILVA, B. A.; AMBROSANO, L.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Aqueous extract of castor bean seed cake for the control of *pratylenchus brachyurus* in soybean. **Nematropica**, v.51, n.1, 2021.

KIRINUS, M. B. M.; BARRETO, C. F.; SILVA, P. S.; KROLOW, A. C. R.; GOMES, C. B.; MALGARIM, M. B. Uso da torta de mamona na produção orgânica de morangos cv. Camarosa, **Agrarian**, v.11, n.39, p.1-5, Dourados, 2018.

KOLDE, R.; KOLDE, M. R. Package ‘pheatmap’. **R package**, v.7, n.790, 2015.

LABIGALINE, I.; SALA, F. C.; GOMES, T. M.; CORSINI, I.; ROSSI, F. Green manure, *Trichoderma asperellum* and homeopathy in cultivating the biquinho pepper. **Revista Ciência Agrônômica**, v.51, n.3, e20196681, 2020.

LATIF, S.; KOUSAR, R.; FATIMA, A.; FATIMAH, H.; FAROOQ, S.; KHAN, N.; ANDLEEB, T.; SHAH, T. 16S metagenomics dataset of *Zea mays* and *Triticum aestivum* rhizosphere from Kallar Syedan Punjab, Pakistan. **Data in Brief**, v.42, 108057, 2022.

LEAL, M. A. A.; MATEUS, J. S.; SANTOS, S. S. **Avaliação da recuperação de nitrogênio contido em diferentes fertilizantes orgânicos por meio de bioensaio**. Embrapa Agrobiologia-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2010.

LEITE, M. H. S.; COUTO, E. G.; BLESCH, J. M. Interações entre adubos verdes e fosfato natural na ciclagem de nutrientes do solo para agricultura familiar. **Revista Caatinga**, v.35, n.1, p.14-25, 2022.

LEONARDO, F. A. P.; PEREIRA, W. E.; SILVA, S. M.; COSTA, J. P. Teor de clorofila e índice spad no abacaxizeiro cv. Vitória em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.2, p.377-383, 2013.

LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E. D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia**, v.129, n.2, p.271-280, 2001.

LISBOA, C. C.; LIMA, F. R. D.; REIS, R. H. C. L.; SILVA, C. A.; MARQUES, J. J. Taxa de mineralização do nitrogênio de resíduos orgânicos. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.27, n.2, p.341-355, 2018.

LONGA, C. M.; NICOLA, L.; ANTONIELLI, L.; MESCALCHIN, E.; ZANZOTTI, R.; TURCO, E.; PERTOT, I. Soil microbiota respond to green manure in organic vineyards. **Journal of applied microbiology**, v.123, n.6, p.1547-1560, 2017.

MATA, Maria Gabriela Ferreira da. **Qualidade do solo e avaliação microeconômica de um módulo experimental de produção orgânica intensiva de hortaliças**. 2012. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo), Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

MATA, Maria Gabriela Ferreira da. **Um modelo experimental para avaliar a qualidade do solo e a viabilidade técnica e econômica de um sistema de produção orgânica intensiva de hortaliças**. 2016. 83f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo), Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

MCARDLE, B. H. & M. J. ANDERSON, Fitting multivariate models to community data: A comment on distance-based redundancy analysis. **Ecology**, v.82, p.290-297, 2001.

MCMURDIE, P. J.; HOLMES, S. phyloseq: an R package for reproducible interactive analysis and graphics of microbiome census data. **PloS one**, v.8, n.4, p.e61217, 2013.

MELLO, G. A. B. D.; CARVALHO, D. F. D.; MEDICI, L. O.; SILVA, A. C.; GOMES, D. P.; PINTO, M. F. Cultivo orgânico de cebola sob adubação com torta de mamona e lâminas de irrigação. **Acta Scientiarum**, v.40, e34993, 2018.

MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B.; ANDRADE, D. S. Fixação biológica de nitrogênio em adubos verdes, 2014. In: Oscar Fontão de Lima Filho, Edmilson José Ambrosano, Fabrício Rossi, José Aparecido Donizeti Carlos, (Org.). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil - Fundamentos e Prática, 1ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v.2, p.241-267, 2014.

MENDES, C. Q.; SUSIN, I.; NUSSIO, L. G.; PIRES, A. V.; RODRIGUES, G. H.; URANO, F. S. Efeito do *Lactobacillus buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbia e no valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2191-2198, 2008.

MOSCHINI, BRUNO PAULO. Nutrição e crescimento do tomateiro em função da interação de substâncias húmicas com B, fontes de Ca e formas de N mineral. 2015. 112p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2015.

MWAKILILI, A. D.; MWAIKONO, K. S.; HERRERA, S. L.; MIDEGA, C. A.; MAGINGO, F.; ALSANIUS, B.; LYANTAGAYE, S. L. Long-term maize-Desmodium intercropping shifts

structure and composition of soil microbiome with stronger impact on fungal communities. **Plant and Soil**, v.467, p.437-450, 2021.

NAVARRO-NOYA, Y. E.; CHÁVEZ-ROMERO, Y.; LORENZANA, A. S. L.; GOVAERSTS, B.; VERHULST, N.; DENDOOVEN, L. Bacterial Communities in the Rhizosphere at Different Growth Stages of Maize Cultivated in Soil Under Conventional and Conservation. **Agricultural Practices**, v.10, n.2, 2022.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. Manual de laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos: **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2005, 313p.

OLIVEIRA, E. A. G.; RIBEIRO, R. L. D.; LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ARAUJO, E. S.; ESPINDOLA, J. A. A.; ROCHA, M. S.; BASTOS, T. C.; SAITER, O. 2014. **Compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” obtidos com diferentes materiais de origem vegetal e diferentes formas de inoculação visando sua utilização no cultivo de hortaliças**. Embrapa Agrobiologia, Seropédica (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 98).

OLIVEIRA, A. K.; LIMA, J. S. S.; BEZERRA, A. M. A.; RODRIGUES, G. S. O.; MEDEIROS, M. L. S. Produção de rabanete sob o efeito residual da adubação verde no consórcio de beterraba e rúcula. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil), v.10, p.98-102, 2015.

OLIVEIRA, G. R. F.; SILVA, M. S.; PROENÇA, S. L.; BOSSOLANI, J. W.; CAMARGO, J. A.; FRANCO, F. S.; SÁ, M. E. Influence of *Bacillus subtilis* in nematodes biological control and production aspects of bean. **Revista Brasileira De Engenharia De Biosistemas**, v.11, n.1, p.47–58, 2017.

OLIVEIRA, K. C. L. de; SANTOS, T. de F. S. dos; ROSA, C. R. J. da; VIEIRA, R. da costa; RODRIGUES, D. de J.; GUEDES, S. F.; WEBER, O. L. dos S. . Change in soil microbial biodiversity due to agricultural cultivation: a review. **Research, Society and Development**, v.11, n.15, p.e396111537168, 2022

PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. Sá.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; FERNANDES, S. S. L. Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-deporco para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**, n.6, p.182-190, 2011.

PAGÈS, H.; ABOYOUN, P.; GENTLEMAN, R.; DEBROY, S. Biostrings: Efficient manipulation of biological strings, 2022. R package version 2.66.0. <https://bioconductor.org/packages/Biostrings>.

PELÁ, A.; SILVA JÚNIOR, G. S.; SILVA, R. C. D.; SILVA, C. S.; MELLO, P. G. Produção e teor de nitrato em rúcula sob adubação orgânica com cama de frango e esterco bovino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** (Pombal -PB), v.12, n.1, p.48-54, 2017.

PÉTRIACQ, P.; WILLIAMS, A.; COTTON, A.; MCFARLANE, A. E.; ROLFE, S. A.; TON J. Metabolite profiling of non-sterile rhizosphere soil. **Plant J**, v.92, p.147–162, 2017.

PEREIRA, N. S.; SOARES, I.; PEREIRA, E. S. S. Uso de leguminosas como fonte alternativa de N nos agroecossistemas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, p.36-40, 2013.

PEREIRA, A. P.; SCHOFFEL, A.; KOEFENDER, J.; CAMERA, J. N.; GOLLE, D. P.; HORN, R. C. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, p.799-807, 2017.

PEDROSO, L. A. **Torta de mamona é tóxica ao nematoide *Meloidogyne incognita* também pelos compostos orgânicos voláteis**. 2016. 41 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

PETRAZZINI, L. L.; SOUZA, G. A.; RODAS, C. L.; EMRICH, E. B.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. J. Nutritional deficiency in crisphead lettuce grown in hydroponics. **Horticultura Brasileira**, v.32, p.310-313, 2014.

PIAN, Livia B. **Fertilização de origem vegetal em atributos do solo e no desempenho agroeconômico de hortaliças em sistemas orgânicos**. 2019. 164f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

PINA, M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; VILLENEUVE, P.; LAGO, R. Novas alternativas de valorização para dinamizar a cultura da mamona no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.22, n.2, p.453-462, 2005.

PÔRTO, M. L.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.311-315, 2011.

QAISRANI, M. M.; ZAHEER, A.; MIRZA, M. S.; NAQQASH, T.; QAISRANI, T. B.; HANIF, M. K.; RASOOL, G.; MALIK, K. A.; ULLAH, S.; JAMAL, M. S.; MIRZA, Z.; KARIM, S.; RASOOL, M. A comparative study of bacterial diversity based on culturable and culture-independent techniques in the rhizosphere of maize (*Zea mays* L.). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.26, p.1344-1351, 2019.

RASHID, M. I.; MUJAWAR, L. H.; SHAHZAD, T.; ALMEELBI, T.; ISMAIL, I. M. I.; OVES, M. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. **Microbiological Research**, v.183, p.26-41, 2016.

R Core Team, 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, C. S. C.; CARVALHO, S. I. C.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; BIANCHETTI, L. B.; LOPES, C. A.; LIMA, M. F.; REIS, A.; DUVAL, A. M. Q.; PINHEIRO, J. B.; NAGATA, A. K. I.; RAGASSI, C. F. Cultivares de pimentas das espécies *Capsicum* spp. desenvolvidas pela Embrapa Hortaliças, Circular técnica, 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJOFILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, 353 p.

SANT'ANNA, S. A. C.; MARTINS, M.; GOULART, J. M.; ARAÚJO, S. N.; ARAÚJO, E. S.; ZAMANC, M.; JANTALIA, C. P.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.

Biological nitrogen fixation and soil N₂O emissions from legume residues in an Acrisol in SE Brazil. **Geoderma Regional**, v.15, e00196, 2018.

SANZ, C.; CASADOI, M.; TADIC, D.; PASTOR-LOPEZ, E. J.; NAVARRO-MARTIN, L.; PARERA, J.; TUGUES, J.; ORTIZ, C. A.; BAYONA, J. M.; PIÑA, B. Impact of organic soil amendments in antibiotic levels, antibiotic resistance gene loads, and microbiome composition in corn fields and crops. **Environmental Research**, v.214, 113760, 2022.

SCHREITER, S.; DING, G. C.; HEUER, H.; NEUMANN, G.; SANDMANN, M.; GROSCH, R.; SMALLA, K. Effect of the soil type on the microbiome in the rhizosphere of field-grown lettuce. **Frontiers in microbiology**, v.5, p.144, 2014.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, Suplemento, p.829-837, 2014.

SHIVAJI, S.; SRINIVAS, T. N. R.; REDDY, G. S. N. “The family Planococcaceae,” in *The Prokaryotes*, eds E. Rosenberg, E. F. DeLong, S. Lory, E. Stackebrandt, and F. Thompson (Berlin: Springer), p.303–351, 2014.

SILVA, J. M. da; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S. de; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.1, p.40- 46, 2013.

SILVA, Franciara Santos. **Prospecção de Plantas Espontâneas com Potencial Alimentício e Avaliação Agroeconômica de um Módulo de Cultivo Orgânico**. 2018. 70 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, 2018.

SINGH, S. & BENBI, D. K. Punjab-soil health and green revolution: a quantitative analysis of major soil parameters. **Journal of Crop Improvement**, v.30, p.323–340, 2016.

SIQUEIRA, A. P. & SIQUEIRA, M. F. B. **Bokashi: adubo orgânico fermentado**. Niterói: Programa Rio Rural, 2013, 16p. (Programa Rio Rural Manual Técnico, 40).

SOUSA, F. F.; CARMO, M. G. F.; LIMA, E. S. A.; SOUZA, C. C. B.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Lead and Cadmium Transfer Factors and the Contamination of Tomato Fruits (*Solanum lycopersicum*) in a Tropical Mountain Agroecosystem. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v.1, p.1, 2020.

SOUZA, C. C. B.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; LIMA, E. S. A.; LIMA, J. O.; CARMO, M. G. F.; GARCÍA, A. C. Relation between changes in organic matter structure of poultry litter and heavy metals solubility during composting. **Journal of Environmental Management**, v.247, p.291-298, 2019.

SOUZA, F. P.; CASTILHO, T. P. R.; MACEDO, L. O. B. Um marco institucional para os bioinsumos na agricultura brasileira baseado na economia ecológica. **Sustainability in Debate** - Brasília, v.13, n.1, p.266-285, 2022.

SOUZA, Thiago Sampaio de. **Viabilidade agroeconômica e dinâmica das populações de joaninhas de um sistema de cultivo orgânico diversificado de hortaliças.** 2022. 197p. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

SOUZA JÚNIOR, José Barbosa de. **Eficiência agrônômica da fertilização de alface em sistema de cultivo orgânico com compostos fermentados formulados com farelos de resíduo de cervejaria e de *Gliricidia sepium*.** 2020. 61 f. Monografia (Curso de Graduação em Agronomia), Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

SOUZA JÚNIOR, J. B.; GUERRA, J. G. M.; GOULART, J. M.; SILVA, L. O.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S. Agronomic efficiency of fermented composts in organic fertilization management of butterhead lettuce and green leaf lettuce. **Horticultura Brasileira**, v.41, elocation e2609, 2023.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação.** Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/811112/1/DOC57.pdf>. Acesso em 27/05/2023.

VIEIRA FILHO, J. S. M.; GUERRA, J. G. M.; GOULART, J. M.; ARAÚJO, E. S.; ESPINDOLA, J. A. A.; ROUWS, J. R. C. Management of green manure and organic fertilization with fermented compost fertilizer in agroecological cultivation of American broccoli. **Horticultura Brasileira**, v.41, elocation e2599, 2023.

WHITE, T. J.; BRUNS, T.; LEE, S.; & TAYLOR, J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In PCR protocols: a guide to methods and applications, New York: Academic Press, p.315–322, 1990.

WICKHAM, H. 2022. Stringr: Simple, Consistent Wrappers for Common String Operations_. R package version 1.5.0. <https://CRAN.R-project.org/package=stringr>.

Wright, E. S. “Using DECIPHER v2.0 to Analyze Big Biological Sequence Data in R.” **The R Journal**, v.8, n.1, p.352-359, 2016.

XAVIER, M. C. G.; SANTOS, C. A.; COSTA, E. S. P.; CARMO, M. G. F. Produtividade de repolho em função de doses de bokashi. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v.6, n.1, p.17-22, 2019.

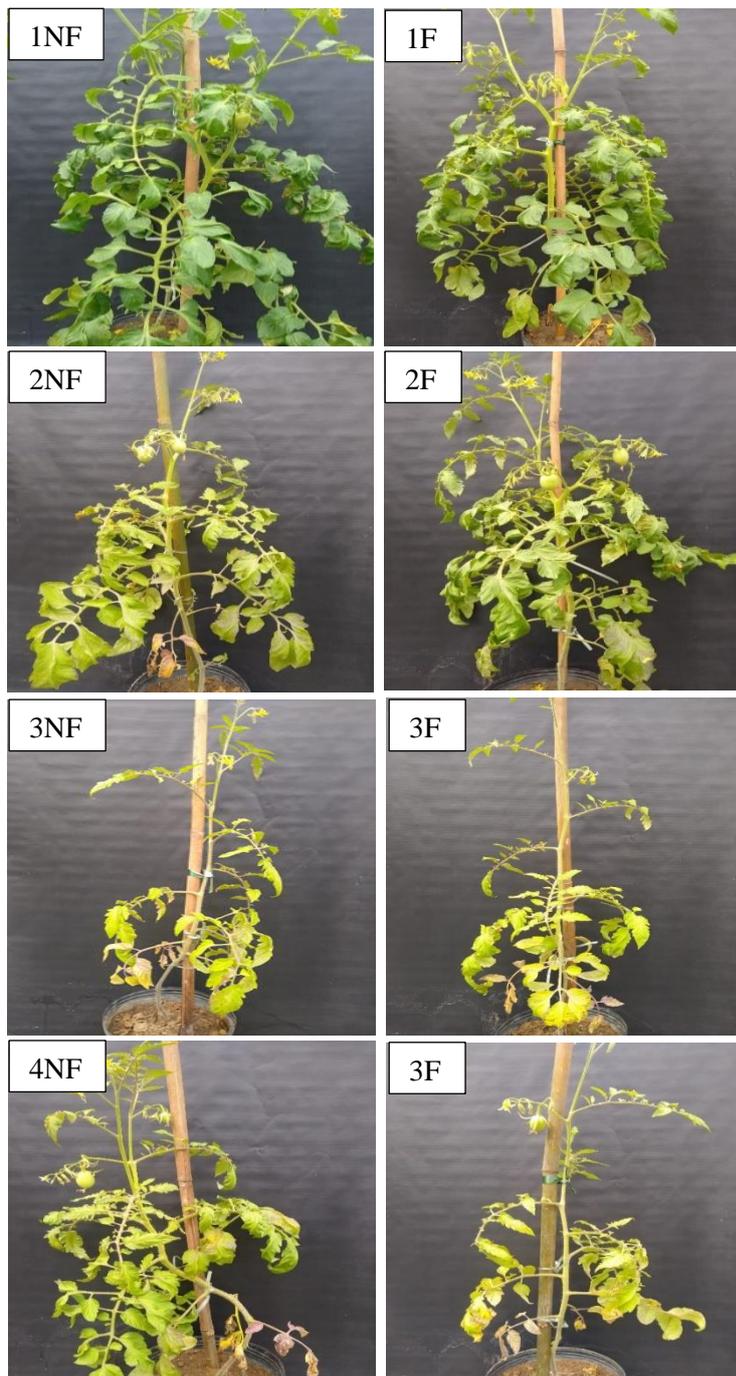
YANG, J.; DUAN, Y.; SUN, M.; LIU, X.; WANG, Y.; LIU, M.; LI, R. Suppression of Banana Fusarium Wilt Induced by Soil Microbiome Reconstruction Through Green Manure Intercropping, Available at SSRN 3961577, 2021.

YUAN, B.; YU, D.; HU, A.; WANG, Y.; SUN, Y.; LI, C. Effects of green manure intercropping on soil nutrient content and bacterial community structure in litchi orchards in China, *Frontiers Environmental Science*, v.10, 1059800, 2022.

ZHANG, Z.; CHAI, X.; TARIQ, A.; ZENG, F.; LI, X.; GRACIANO, C. Intercropping systems modify desert plant-associated microbial communities and weaken host effects in a hyper-arid desert. **Frontiers in microbiology**, v.12, p.754453, 2021.

ZHAO, Z. B.; HE, J. Z.; QUAN, Z.; WU, C. F.; SHENG, R.; ZHANG, L. M.; GEISEN, S. Fertilization changes soil microbiome functioning, especially phagotrophic protists. **Soil Biology and Biochemistry**, v.148, p.107863, 2020.

10. ANEXOS



Continuação.....

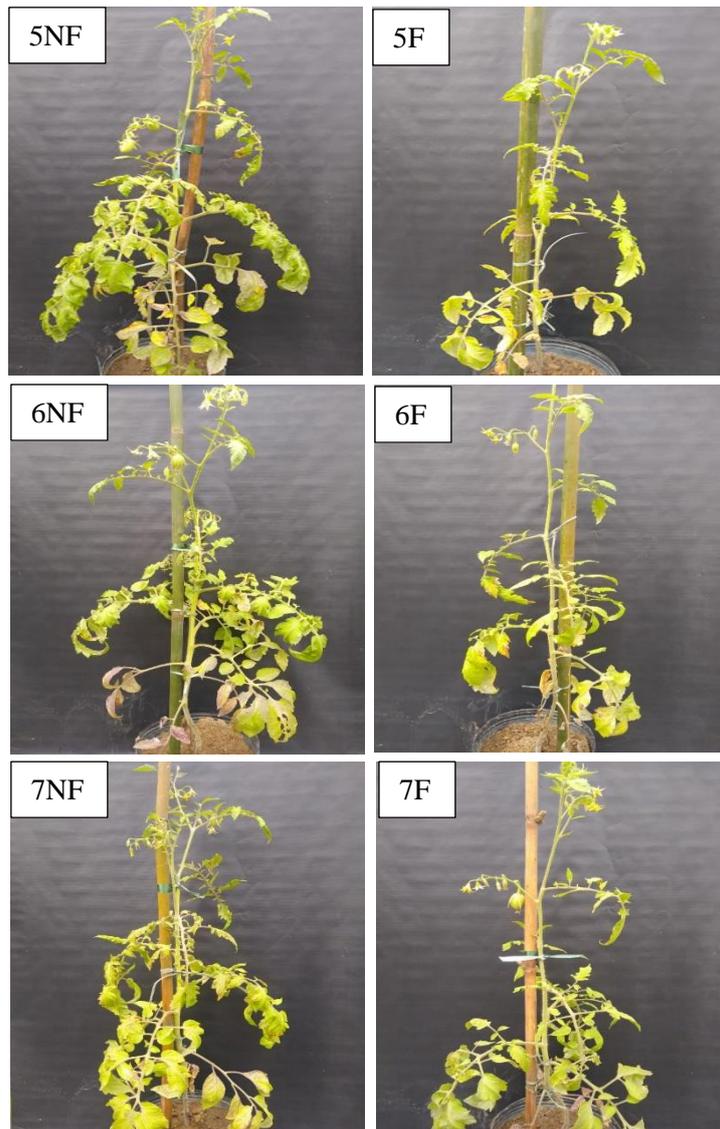
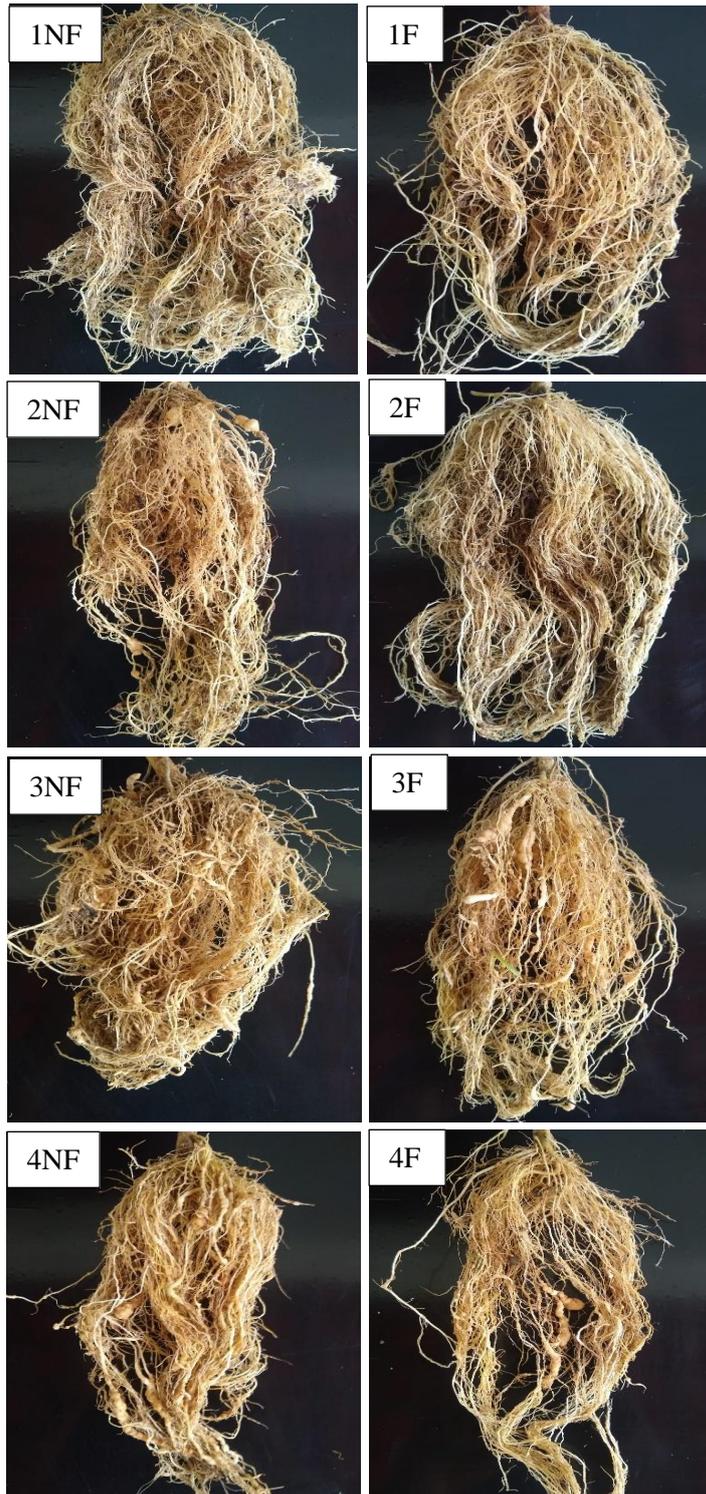


Figura 1. Imagens dos tomateiros aos 50 dias após o transplante. (1) Eucalipto; (2) Acácia; (3) Bambu; (4) Módulo; (5) Mata; (6) Água; (7) Embiolic. NF= não fermentado e F= fermentado.



Continuação.....

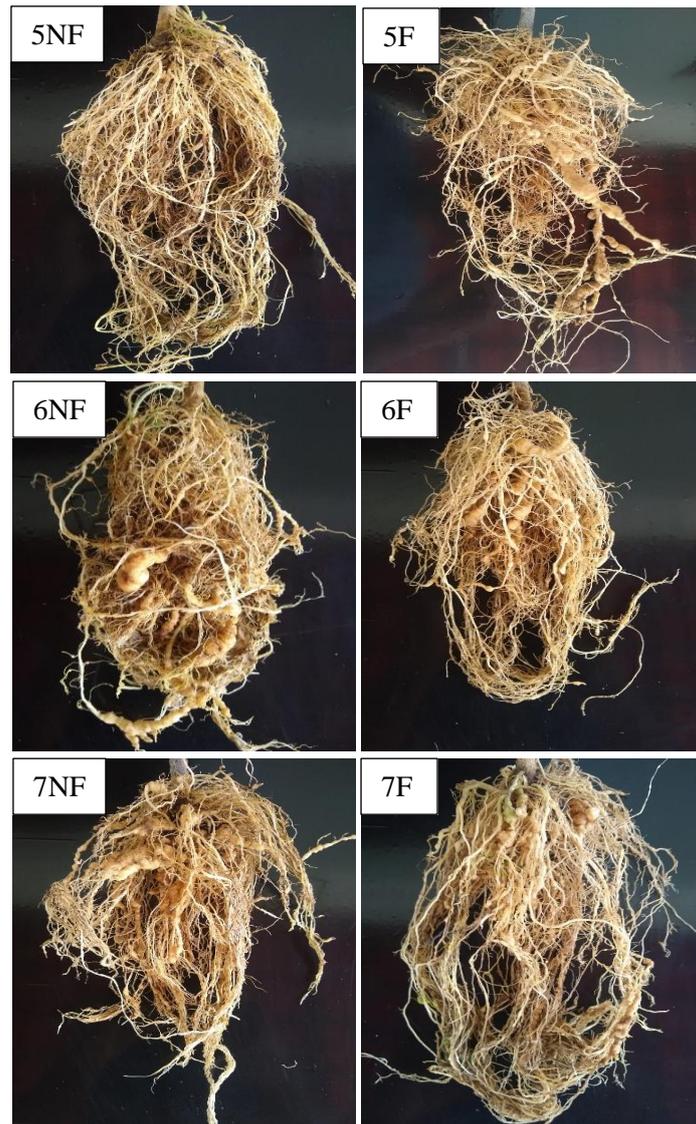


Figura 2. Imagens do sistema radicular dos tomateiros aos 50 dias após o transplante. (1) Eucalipto; (2) Acácia; (3) Bambu; (4) Módulo; (5) Mata; (6) Água; (7) Embiotic. NF= não fermentado e F= fermentado.

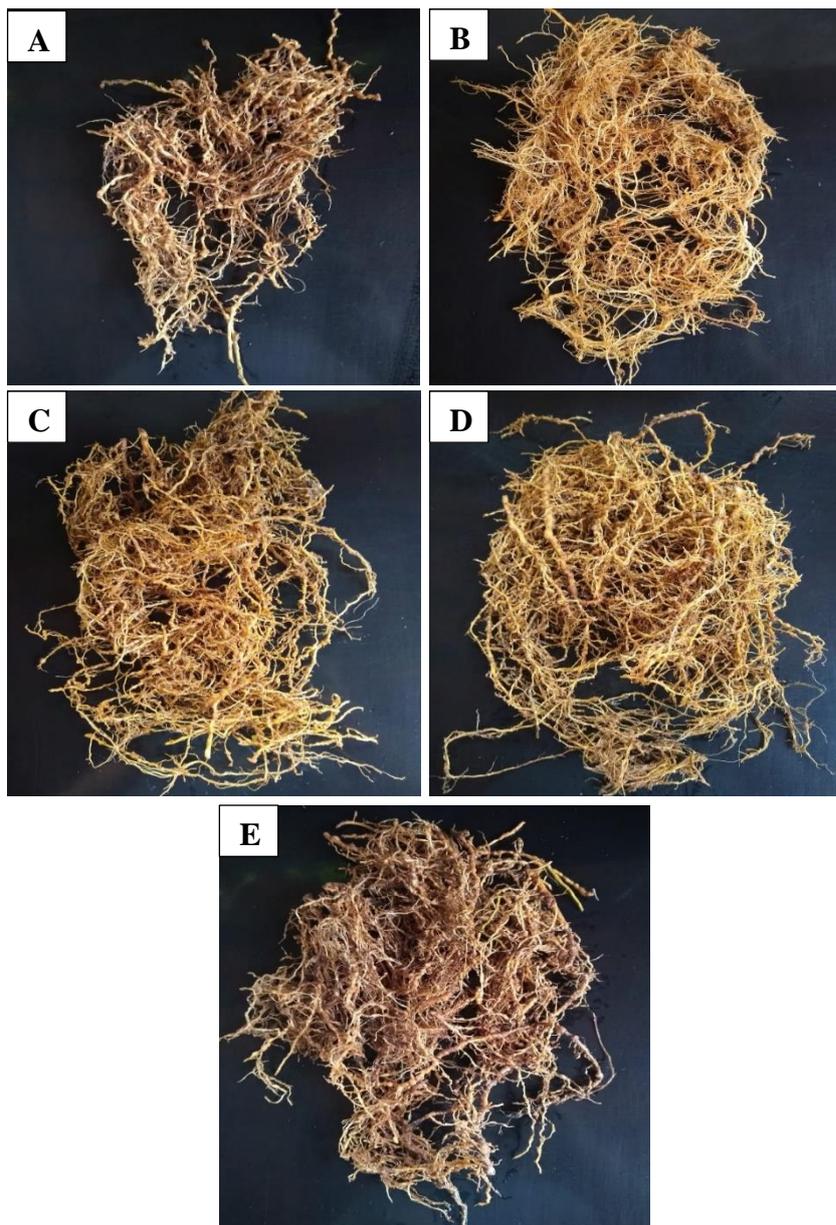


Figura 3. Sistema radicular de pimenteiras biquinho fertilizadas com diferentes compostos fermentados. (A) controle; (B) composto mamona; (C) composto guandu; (D) composto flemingia e (E) composto tefrósia.

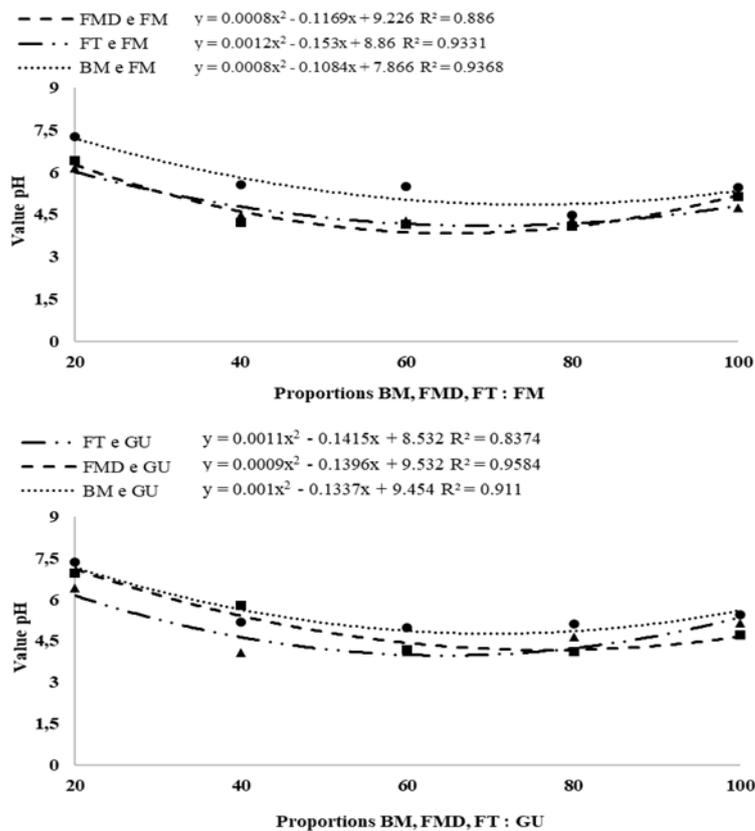


Figura 4. Valor pH de compostos fermentados formulados com os farelos de trigo (FT) e de mandioca (FMD), bagaço de malte (BM) e farelo de mamona (FM) submetidos ao processo de incubação. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2020.

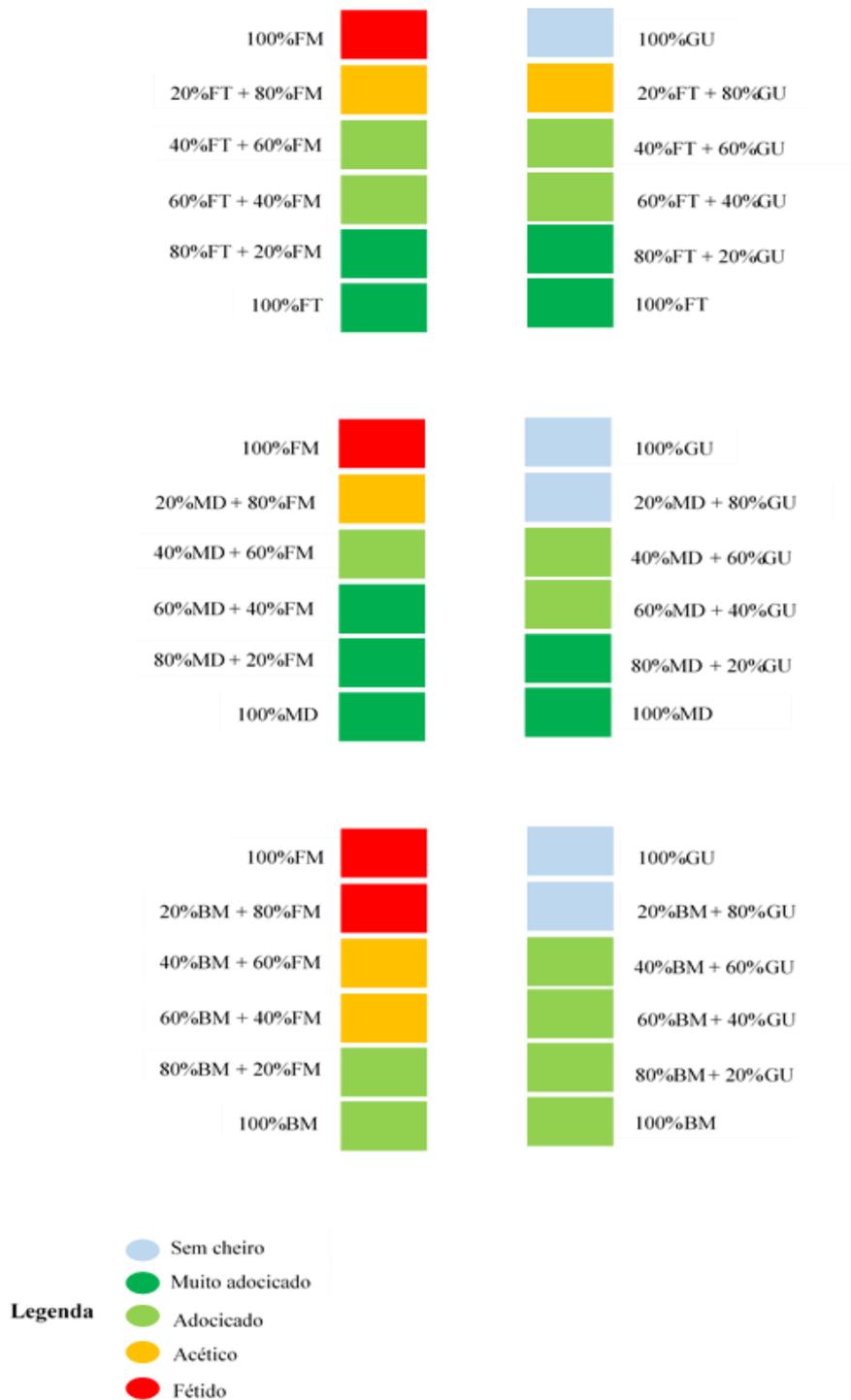


Figura 5. Diagrama de cores representando uma escala de odores emitidos após processo de 21 dias de incubação de misturas de matérias-primas vegetais utilizadas na confecção de compostos farelados fermentados. FT= farelo de trigo; FM= farelo de mamona; MD= farelo de mandioca e BM = bagaço de malte. Fonte: adaptado de Qualitysilage (2023).

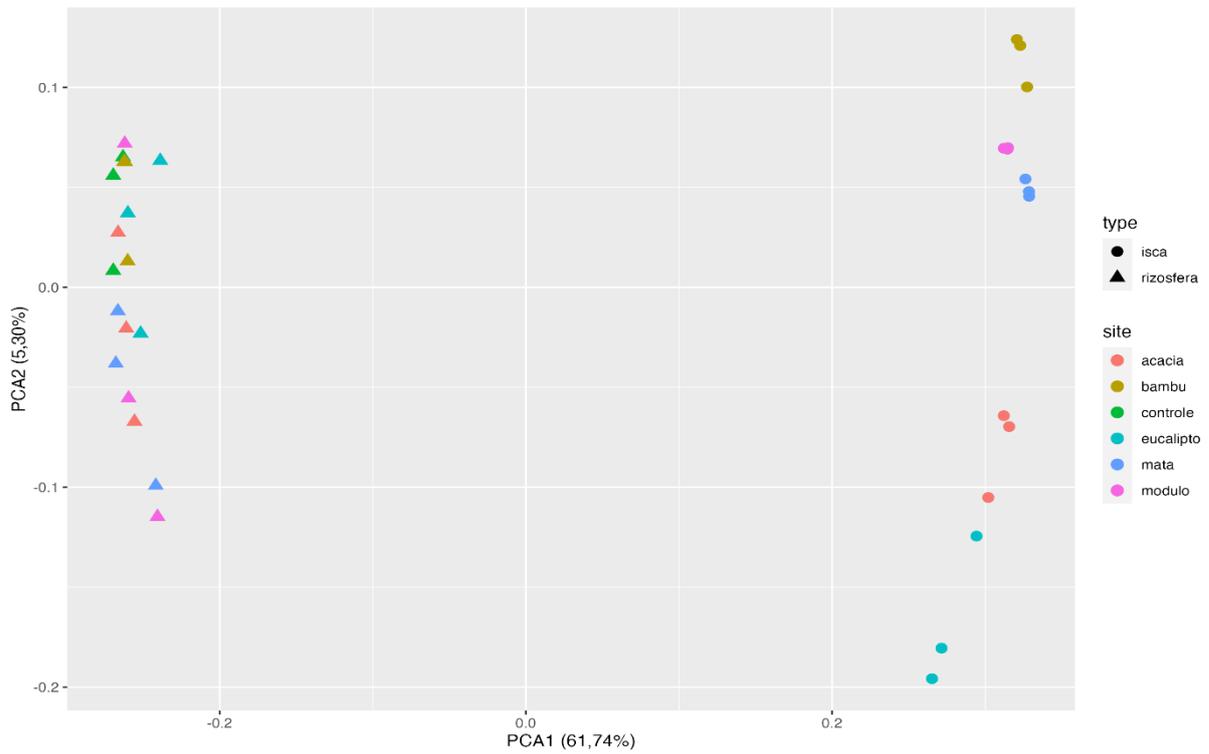


Figura 6. Análise de componentes principais da comunidade bacteriana presente nas iscas e na rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

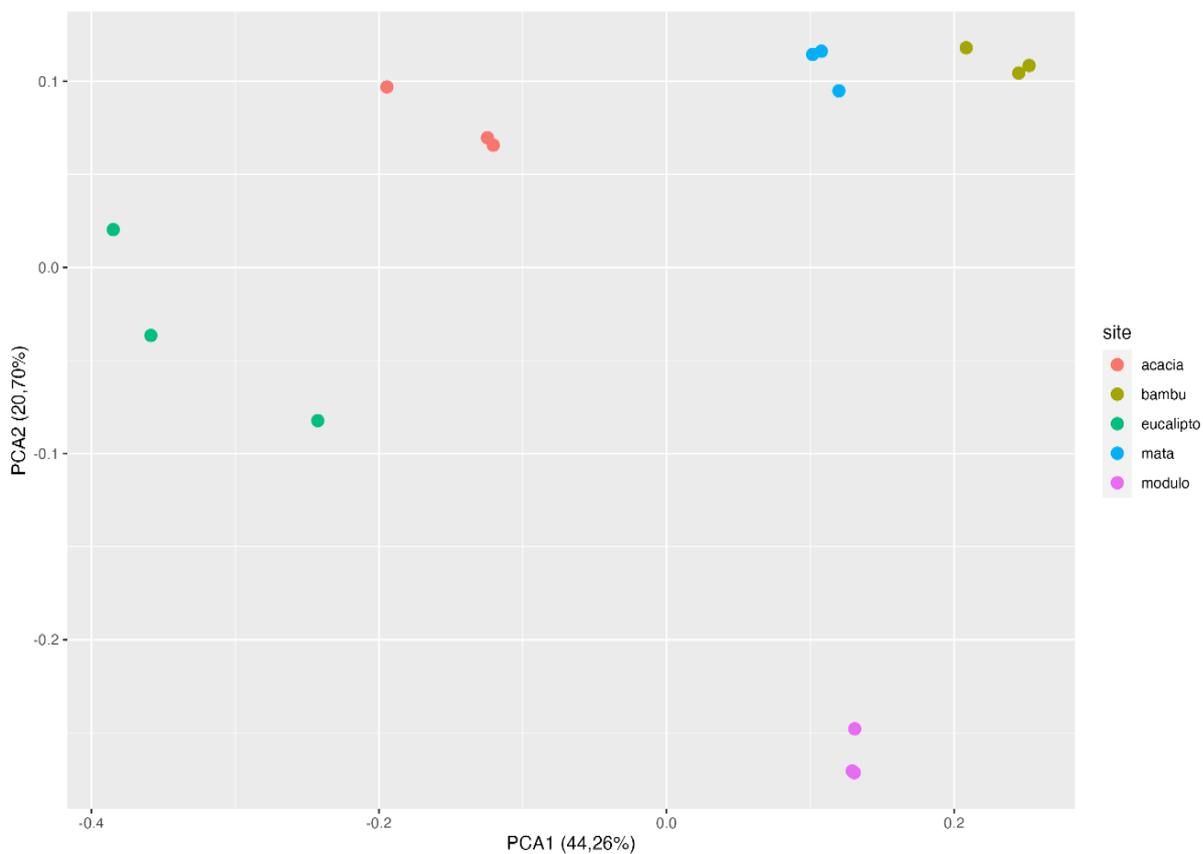


Figura 7. Análise de componentes principais da comunidade bacteriana presente em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

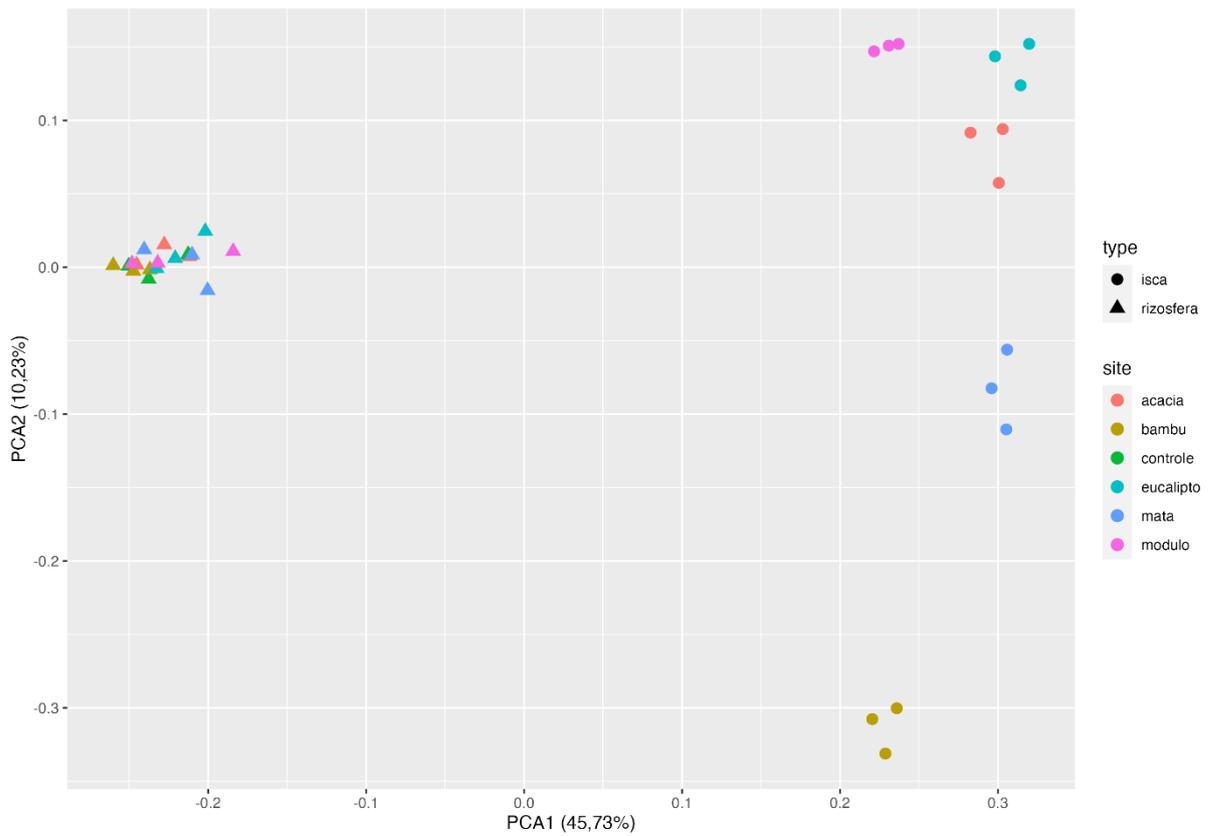


Figura 8. Análise de componentes principais da comunidade fúngica presente nas iscas e na rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

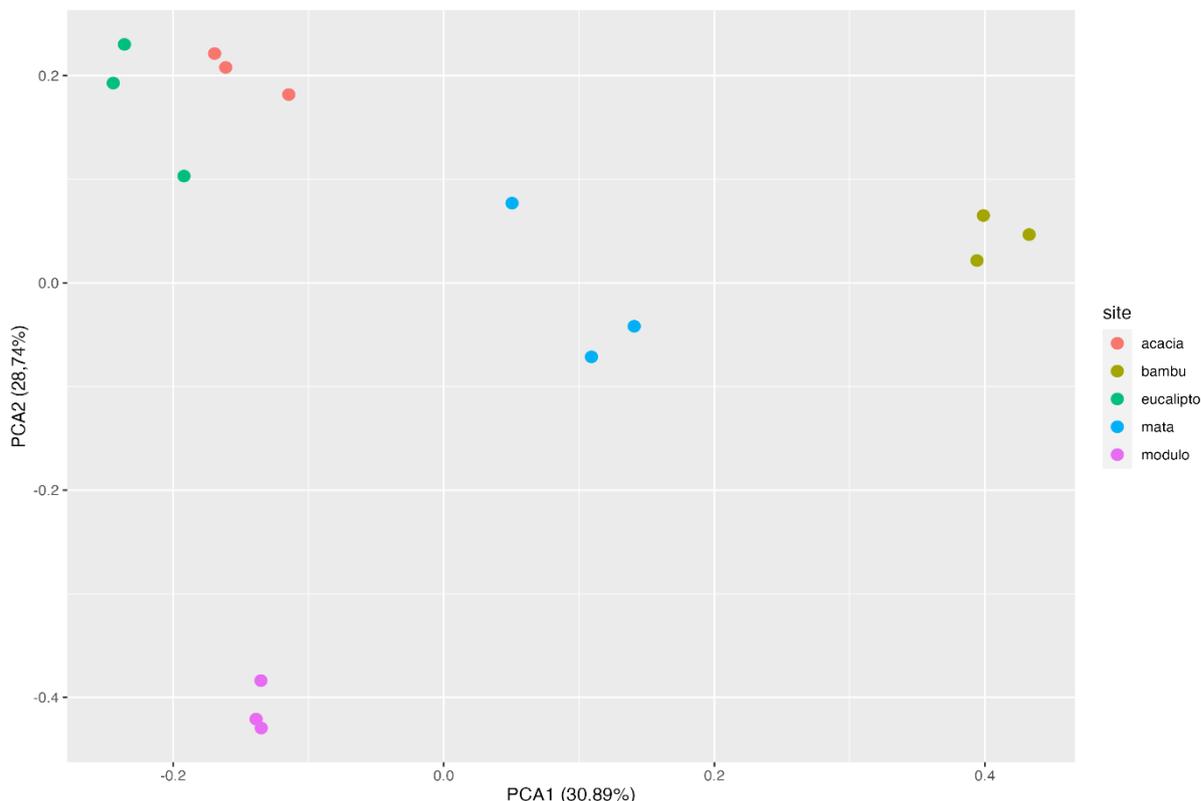


Figura 9. Análise de componentes principais da comunidade fúngica em iscas confeccionadas com arroz cozido e calhas de bambu, dispostas sob as serrapilheiras de diferentes ambientes e da rizosfera de tomateiros fertilizados com compostos fermentados. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2022.

Tabela 1. Características fitotécnicas de feijão-caupi submetido a fertilização com diferentes compostos fermentados bioativados com a microbiota indígena após o período de incubação de 21 dias. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2020.

Tratamentos	MFPA	MSPA	MSRZ	Área foliar	Nódulos	MSN
	-----g planta ⁻¹ -----			cm ² planta ⁻¹	Nº planta ⁻¹	mg planta ⁻¹
Água	86,87 A	21,12 B	21,25 A	1380,63 A	121,0 A	833,25 A
Bambu	76,20 A	20,57 B	17,55 A	1237,03 A	63,25 B	714,75 A
Mata	86,15 A	20,25 B	22,27 A	1394,14 A	77,00 B	861,75 A
Acácia	83,30 A	20,90 B	20,15 A	1380,20 A	135,0 A	710,00 A
Eucalipto	87,62 A	22,37 A	24,80 A	1421,31 A	148,0 A	725,00 A
Embiotic	83,92 A	20,92 B	21,70 A	1319,36 A	97,25 B	977,50 A
Módulo	90,45 A	22,20 A	22,87 A	1448,64 A	86,00 B	809,50 A
P + K	28,20 B	14,47 C	19,52 A	455,02 B	35,50 C	91,75 B
Controle	34,32 B	13,52 C	21,25 A	312,58 B	32,25 C	72,50 B
CV (%)	9,50	5,40	12,60	14,70	22,70	17,80

MFPA- massa fresca de parte aérea; MSPA- massa seca de parte aérea; MSRZ- massa seca de raízes; MSN- massa seca de nódulos. Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Teores de N, P, K, Ca e Mg na fitomassa seca da parte aérea do feijão-caupi submetido a fertilização com diferentes compostos fermentados bioativados com a microbiota indígena. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2020.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
Água	27,3 B	1,81 C	17,34 A	8,91 D	3,02 C
Bambu	24,3 B	2,36 B	20,33 A	8,00 D	3,07 C
Mata	40,6 A	3,27 A	19,85 A	9,58 C	3,86 A
Acácia	31,3 A	1,85 C	14,74 B	10,59 C	3,40 B
Eucalipto	34,7 A	1,75 C	13,21 B	11,16 C	3,16 C
Embiotic	36,8 A	2,42 B	20,03 A	7,27 D	3,45 B
Módulo	33,2 A	2,60 B	20,68 A	8,47 D	3,99 A
P + K	27,3 B	0,78 C	12,34 B	15,56 B	2,70 C
Controle	22,6 B	0,65 C	6,69 C	18,82 A	3,00 C
CV (%)	13,50	17,20	13,60	11,0	9,40

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Quantidades acumuladas de N, P, K, Ca e Mg na fitomassa seca da parte aérea do feijão-caupi submetido a fertilização com diferentes compostos fermentados bioativados com a microbiota indígena. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2020.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
Água	567,36 B	37,91 B	399,85 A	185,22 B	62,87 B
Bambu	494,19 A	48,09 A	414,16 A	163,16 B	62,64 B
Mata	817,37 A	65,84 A	360,28 A	193,02 B	77,74 A
Acácia	646,47 A	38,22 B	300,54 B	218,70 A	69,50 B
Eucalipto	749,71 A	37,76 B	286,09 B	241,06 A	68,16 B
Embiotic	768,41 A	50,47 A	417,41 A	151,69 B	71,94 B
Módulo	713,56 A	56,15 A	444,50 A	182,99 B	85,72 A
P + K	387,42 C	11,14 C	175,55 C	219,92 A	38,37 B
Controle	304,56 C	8,89 C	90,01 D	253,52 A	40,43 B
CV (%)	13,74	19,64	13,65	12,42	9,06

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.