

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
ORGÂNICA

DISSERTAÇÃO

**Estratégias de Manejo Visando o Controle de
Fitonematóides em Alface em Cultivo sob Transição
Agroecológica: Adubação verde, Resistência Genética,
Adubação Orgânica**

Alessandra Paiva Ribeiro

2025



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

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO VISANDO O CONTROLE DE
FITONEMATOIDES EM ALFACE EM CULTIVO SOB TRANSIÇÃO
AGROECOLÓGICA: ADUBAÇÃO VERDE, RESISTÊNCIA
GENÉTICA, ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

ALESSANDRA PAIVA RIBEIRO

*Sob a Orientação da Professora
Margarida Goréte Ferreira do Carmo*

*e Co-orientação da Professora
Aline da Silva Bhering*

Dissertação submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de
Mestra em Agricultura Orgânica, no
Curso de Pós-Graduação em
Agricultura Orgânica.

Seropédica, RJ
Junho de 2025

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 pela autora

R484e Ribeiro, Alessandra Paiva Ribeiro, 1994-
Estratégias de Manejo Visando o Controle de
Fitonematoídes em Alface em Cultivo sob Transição
Agroecológica: Adubação verde, Resistência Genética,
Adubação Orgânica. / Alessandra Paiva Ribeiro Ribeiro.
Muriaé, 2025.
46 f.: il.

Orientadora: Margarida Goréte Ferreira do Carmo.
Coorientadora: Aline da Silva Bhering.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
ORGÂNICA, 2025.

1. Olericultura. 2. *Lactuca sativa*. 3.
Meloidogyne javanica. I. Carmo, Margarida Goréte
Ferreira do , 1963-, orient. II. Bhering, Aline da
Silva , 1987-, coorient. III Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
ORGÂNICA. IV. Título.

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

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

ALESSANDRA PAIVA RIBEIRO

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestra**, no Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica, área de concentração em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 13/06/2025

Margarida Goréte Ferreira do Carmo
Dra. UFRRJ
Orientadora, Presidente da Banca

Ednaldo da Silva Araújo
Dr. EMBRAPA

Carlos Antônio dos Santos
Dr. IFPR



DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS N° 14256/2025 - PPGAO (12.28.01.00.00.00.36)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 25/06/2025 15:59)
MARGARIDA GORETE FERREIRA DO CARMO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptFITO (12.28.01.00.00.00.32)
Matrícula: ###130#2

(Assinado digitalmente em 28/06/2025 20:44)
EDNALDO DA SILVA ARAÚJO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.133-##

(Assinado digitalmente em 25/06/2025 15:37)
CARLOS ANTONIO DOS SANTOS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.261-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: 14256, ano: 2025, tipo: DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS, data de emissão: 25/06/2025 e o código de verificação: 8582ac1b8f

*Por muito tempo
fui folha levada ao vento,
Com o tem aprendi,
Aprendi a ser o vento.*

Amauri Adolfo
(poeta e agricultor de Espera Feliz-MG)

DEDICATÓRIA

Dedico minha vida a Deus e Nossa Senhora das Graças minha protetora, sem fé não somos capazes de crer, de amar e sonhar.

Dedico a minha filha, que teve uma passagem muito rápida por minha vida e mesmo assim a transformou, o mestrado sempre será um título que me lembrará você.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a oportunidade da vida e do aprendizado, buscar nos conectar, ressonar com o que buscamos e aprender com o processo é o que me motivou e me motiva a seguir no caminho da agroecologia

Agradeço à minha família por me ensinar desde novo de onde vem o alimento e a cultivá-lo de forma a respeitar a natureza e todos os seres vivos, a ter no prato em sua grande maioria o que colhe. Agradeço por todo o apoio no meu caminho da educação desde o ensino fundamental, médio, graduação e pós.

Agradeço ao meu companheiro Samuel por todo o apoio e prontidão em me acompanhar, me motivar e fazer junto, sou muito grata por nosso amor.

Agradeço o meu avô Zaim (*in memoriam*) por nos ensinar na fé a sermos humanos e respeitar a vida. Agradeço o companheirismo dos meus irmãos e cunhados, André, Adriana, Anísio, Lucas, Adrielly, Manu e Marcos, por todo o apoio, caronas e amizades.

Agradeço pela minha criação e educação, minha mãe Aparecida, meu pai Anísio, meu padrinho Joaquim, vocês me ensinaram a ter coragem de ser quem eu sou e a correr atrás do que eu acredito.

Agradeço aos meus amigos, colegas, que estiveram juntos no mestrado nessa jornada de grande aprendizado e desafios, eternos PPGAO turma 13, onde o nosso número nos lembra na resiliência de mudar o que é preciso. Agradeço aos colegas no alojamento pelo acolhimento e pelas nossas caminhadas e noites do porquinho.

Agradeço à EMATER-MG pela liberação do meu trabalho e no apoio de enquanto profissional me especializar e aplicar os conhecimentos na extensão rural.

Agradeço aos colegas da Secretaria de Agricultura de Rosário da Limeira-MG, Rose Cury, Roseny, Pedro, Rondinelle, Saulo e Thales por todo o apoio na execução do experimento e por me ceder o viveiro para preparo das mudas, vocês têm uma parte muito importante nesse trabalho.

Agradeço ao Fabiano e Mônica por ceder e fazer junto as experiências em sua propriedade, sou muito grata por poder fazer junto e ter resultados no processo.

Agradeço à minha amiga e coorientadora que segurou minha mão, me aconselhou, foi apoio em horas difíceis e sempre me motivou a Aline. Agradeço à minha orientadora Margarida Gorete, pela paciência, apoio e tranquilidade ao me guiar nesse processo.

Agradeço à todos os professores e servidores que passaram pelo PPGAO, em especial nossa coordenadora Anelise, pela sua serenidade e responsabilidade com o programa.

BIOGRAFIA

Alessandra Paiva Ribeiro, nascida em Dom Silvério, Minas Gerais em 08 de setembro de 1994. Filha de Aparecida das Graças de Paiva Ribeiro e José Anísio Ribeiro. Atualmente reside em Muriaé e trabalha como Coordenadora Regional de Culturas na EMATER-MG.

Criada em Sem Peixe-MG, no qual teve seus anos iniciais de alfabetização na rede pública. Na quinta série, seguindo os passos dos irmãos, foi para a Escola Família Agrícola de Camões, no ano de 2005, onde baseada na pedagogia da alternância, teve uma educação voltada para o campo, de forma humana, política, com os pilares das práticas agroecológicas. No ano de 2009, iniciou o ensino médio integrado ao técnico em Agropecuária na Escola Família Agrícola Paulo Freire em Acaíaca, onde se formou em 2011.

Em 2013, iniciou o trabalho na Secretaria de Agricultura de Sem Peixe, dando assistência aos produtores de leite com a prática na homeopatia na pecuária. No mesmo ano, ingressou na Universidade Federal de Viçosa (UFV) no curso de Economia Doméstica. No ano de 2015 mudou de curso para Agronomia no qual se formou em 2021 em período de pandemia.

No ano de 2021 assumiu o concurso como Extensionista Agropecuária da EMATER-MG no município de Fervedouro com forte atuação na cafeicultura de montanha e no associativismo. No ano de 2023 foi transferida para o município de Rosário da Limeira, onde atuou com a cafeicultura de montanha e olericultura.

No ano de 2023 iniciou o curso de Mestrado profissional em Agricultura Orgânica na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

No ano de 2024 mudou-se para Muriaé para o trabalho na Coordenação Regional de Culturas da EMATER-MG, englobando 27 municípios, com foco de atuação no desenvolvimento da cafeicultura de montanha sustentável.

RESUMO

RIBEIRO, Alessandra Paiva. **Estratégias de manejo visando o controle de fitonematoídes em alface em cultivo sob transição agroecológica: adubação verde, resistência genética, adubação orgânica.** 2025. 31p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

O presente estudo foi realizado em Rosário da Limeira-MG, em uma propriedade rural com histórico de perdas causadas por nematóides-das-galhas (*Meloidogyne* spp.). Baseando-se na premissa de que estratégias de manejo de solo e das culturas podem levar à redução das perdas por esta doença, desenvolveu-se o presente trabalho tendo-se como objetivos: a) desenvolver e aprimorar práticas agrícolas que possam contribuir para a melhoria da qualidade do solo, da produção de alface e redução das perdas causadas por nematóides-das-galhas; b) avaliar o efeito do pré-cultivo de crotalária no controle da doença e na produção de alface; c) avaliar o desempenho agronômico de cultivar resistente a *Meloidogyne* spp. associado à adubação com dois resíduos orgânicos, cama de aviário e fino de carvão; d) fomentar a transição agroecológica no município de Rosário da Limeira-MG, visando o aumento da produtividade e reequilíbrio dos agroecossistemas. Para tanto, foram realizados dois ensaios, sendo o primeiro no período de novembro de 2023 a abril de 2024 e o segundo entre setembro e novembro de 2024. Inicialmente, foi escolhida área com perdas recorrentes com nematóide-das-galhas em alface. Em seguida foi feito análise química do solo e a identificação do nematóide presente na área, confirmado como o *Meloidogyne javanica*. Após constatada acidez, foi recomendada a calagem e feito o preparo da área seguido de plantio de *Crotalaria juncea* em 50% das parcelas. A crotalária foi cortada aos 122 dias após, por ocasião do florescimento, e a palhada organizada sobre os canteiros. Cinco dias após, realizou-se o transplante de mudas de alface, cultivar Vanda. A colheita foi realizada aos 44 dias após o transplante das mudas, quando foi avaliada a massa fresca total e o número de galhas nas raízes. No segundo ensaio, avaliou-se o efeito da adubação de plantio com composto orgânico à base de cama de aviário (CAV) e fino de carvão (FC), nas seguintes proporções de massa CAV: FC 100:0, 95:5, 90:10 e 85:15, e duas cultivares de alface (Vanda e BRS Leila). As mudas foram transplantadas e cultivadas sob irrigação por microaspersão, com colheita realizada após 44 dias. As análises avaliadas incluíram massa fresca da parte aérea e da raiz e diâmetro das cabeças. O pré-cultivo de crotalária reduziu a incidência de nematóides e aumentou significativamente a produção da alface, com uma média de 107,64 g de massa fresca, em comparação aos 62,27 g nas parcelas sem crotalária. A adição de fino de carvão, em concentrações variadas, favoreceu o acúmulo de massa fresca comparado ao tratamento com cama de aviário apenas, mas sem diferirem entre si.

Palavras-chave: Olericultura. *Lactuca sativa*; *Meloidogyne javanica*.

ABSTRACT

RIBEIRO, Alessandra Paiva. **Management strategies aimed at controlling phytonematodes in lettuce under agroecological transition: green manure, genetic resistance, organic fertilization.** 2025. 31p. Dissertation (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

This study was carried out in Rosário da Limeira, Minas Gerais, on a rural property with a history of losses caused by root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). Based on the premise that soil and crop management strategies can reduce losses due to this disease, this study was developed with the following objectives: a) to develop and improve agricultural practices that can contribute to improving soil quality and lettuce production, and reducing losses caused by root-knot nematodes; b) to evaluate the effect of pre-cultivation of crotalaria on disease control and lettuce production; c) to evaluate the agronomic performance of a cultivar resistant to *Meloidogyne* spp. associated with fertilization with two organic residues: poultry litter and charcoal fines; d) promote agroecological transition in the municipality of Rosário da Limeira, Minas Gerais, aiming to increase productivity and rebalance agroecosystems. To this end, two trials were conducted: the first from November 2023 to April 2024 and the second from September to November 2024. Initially, an area with recurring losses due to root-knot nematodes in lettuce was selected. A chemical analysis of the soil was then performed, and the nematode present in the area was identified, confirmed as *Meloidogyne javanica*. After acidity was detected, liming was recommended, and the area was prepared, followed by planting *Crotalaria juncea* in 50% of the plots. The crotalaria was cut 122 days later, at flowering, and mulch was spread over the beds. Five days later, lettuce seedlings of the Vanda cultivar were transplanted. Harvesting was performed 44 days after transplanting the seedlings, when total fresh mass and the number of root galls were evaluated. In the second trial, the effect of fertilizing at planting with organic compost based on poultry litter (CAV) and charcoal fines (CF) was evaluated, in the following CAV mass ratios: CF 100:0, 95:5, 90:10, and 85:15, and two lettuce cultivars (Vanda and BRS Leila). The seedlings were transplanted and grown under micro-sprinkler irrigation, with harvesting performed after 44 days. Analyses evaluated included shoot and root fresh mass and head diameter. The pre-cultivation of sunn hemp reduced the incidence of nematodes and significantly increased lettuce production, with an average of 107.64 g of fresh mass, compared to 62.27 g in the plots without sunn hemp. The addition of charcoal fines, in varying concentrations, favored the accumulation of fresh mass compared to the treatment with poultry litter alone, but without differing between them

Keywords: Olericulture. *Lactuca sativa*. *Meloidogyne javanica*.

LISTA DE ABREVIASÕES E SÍMBOLOS

C	carbono
C°	Graus Celsius
Ca	cálcio
CAV	cama de aviário
cm	centímetro
C/N	relação carbono e nitrogênio
DAP	dias após o plantio
EMATER-MG	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FBN	fixação biológica de nitrogênio
FC	fino de carvão
H	hidrogênio
ha	hectare
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IFPR	Instituto Federal do Paraná
g	grama
J1	primeiro estádio juvenil
J2	segundo estádio juvenil
J3	terceiro estádio juvenil
J4	quarto estádio juvenil
K	potássio
km	quilometro
K20	óxido de potássio
LMV-II	Lettuce mosaic virus – estirpe II
m ²	metro quadrado
MFR	matéria fresca de raízes
mg	magnésio
mm	Milímetro
MOS	matéria orgânica no solo
N	nitrogênio
NH3	Amônia
O	oxigênio
PPGAO	Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica
pH	Potencial Hidrogeniônico
P	fósforo
P2O ₅	Pentóxido de difósforo
S	enxofre
t	tonelada
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UFV	Universidade Federal de Viçosa
%	porcentual

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados da análise de fertilidade do solo sem adubação, das áreas antes dos ensaios. Rosário da Limeira 2023, 2024.....	14
Tabela 2. Proporção de Cama de Aviário (CAV) mais adição do fino de carvão (FC) para preparo do composto dos tratamentos com diferentes porcentagens (5,10,15 e 100).....	17
Tabela 3. Valores médios dos teores de nutrientes (em base seca) e pH de composto orgânico produzido com cama de aviário (CAV) e enriquecida com diferentes porcentagens de fino de carvão (FC), (5, 10 e 15%), seguido de compostagem por 30 dias.....	17
Tabela 4. Análise de variância dos dados relativos ao efeito de pré-cultivo de <i>C. Juncea</i> sobre o número de galhas em raízes de alface, massa fresca da planta e incidência de plantas com galhas.....	20
Tabela 5. Efeito de pré-cultivo de <i>Crotalaria juncea</i> sobre o número de galhas em raízes de alface, incidência de plantas com galhas (%) e massa fresca aérea por planta de alface (g)....	20
Tabela 6. Resultado da análise de variância dos dados de crescimento vegetativo das plantas, diâmetro e massa fresca das cabeças, e massa fresca de raiz de alface de duas cultivares adubadas com cama de aviário em combinação com o fino de carvão.....	22
Tabela 7. Comparação entre a variedade Vanda e a BRS Leila em relação a diferentes adubações e sua resposta em diâmetro, com média da massa fresca da parte área e de raiz....	23
Tabela 8. Dados da análise de fertilidade do solo após o plantio de alfases adubadas com composto de CAV com diferentes porcentagens de adição de FC (0, 5, 10 e 15), das áreas no momento da colheita, 2024.....	24
Tabela 9. Efeito de adubação com cama de franco e diferentes concentrações de fino de carvão sobre diâmetro, massa fresca da parte aérea e de raiz da alface.....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagnóstico inicial da área experimental mostrando quadro crítico de produção de alface com alta intensidade de plantas infectadas por <i>Meloidogyne</i> spp. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2023.....	12
Figura 2. Dados meteorológicos de temperatura média e precipitação acumulada mensal do período onde se realizou o primeiro ensaio.....	13
Figura 3. Dados meteorológicos de temperatura média e precipitação acumulada mensal do período onde se realizou o segundo ensaio.....	13
Figura 4. A- Plantio <i>Crotalaria juncea</i> nas parcelas da área. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2023. B-Desenvolvimento da <i>C. juncea</i> com 48 dias de plantio. Foto Aline da Silva Bhering, 2023. C-Corte das plantas de <i>C. juncea</i> e organização da palhada nos respectivos canteiros das diferentes repetições. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2024.....	15
Figura 5.Nódulos na raiz da <i>C. juncea</i> . Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2024.....	15
Figura 6. Preparo das mudas e plantio de alface nas parcelas com diferentes tipos de adubação. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2024.....	18
Figura 7. A- Pesagem da massa fresca de alface. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2024. B- Pesagem massa fresca de raiz lavada. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2024.....	19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Transição Agroecológica.....	2
2.2 Doenças e pragas nos agroecossistemas.....	3
2.3 Doenças causadas por nematóides-das-galhas em alface.....	5
2.4 Plantas de serviços: os adubos verdes.....	7
2.5 Resistência genética.....	8
2.6 Matéria orgânica.....	8
2.7 Resíduos orgânicos na adubação.....	9
2.7.1 Cama de aviário.....	9
2.7.2 Fino de carvão.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. Caracterização do Local de Realização do Trabalho.....	12
3.2. Execução dos Ensaios.....	14
3.2.1. Caracterização do solo e do patógeno.....	14
3.2.2. Ensaio 1: Avaliação do efeito do pré-cultivo de <i>Crotalaria juncea</i>	14
3.2.3 Ensaio 2: Avaliação de duas cultivares e adubação com cama de aviário e fino de carvão	16
4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	20
4.1. Ensaio 1: Avaliação do efeito do pré-cultivo de <i>Crotalaria juncea</i>	20
4.2. Ensaio 2: Desempenho de duas cultivares adubadas com cama de aviário e fino de carvão	22
5 CONCLUSÕES.....	25
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
7 ANEXOS.....	31

1 INTRODUÇÃO

O manejo agroecológico na produção de hortaliças na agricultura familiar em Minas Gerais é uma prática que deve ser incentivada por permitir a produção de alimentos saudáveis, sem o uso de agrotóxicos e adubos químicos e alinhado aos princípios ecológicos e de sustentabilidade. A produção agroecológica tem sido incentivada no município de Rosário da Limeira, localizado na Zona da Mata Mineira, com a implementação e execução de programas e políticas públicas municipais e estaduais. Este município possui uma economia agrícola voltada principalmente para a cafeicultura, bovinocultura de leite e de corte, além de produção de hortaliças e de frutas.

Apesar de na cafeicultura predominar o cultivo convencional, na produção de hortaliças e frutas destaca-se um modelo que segue princípios agroecológicos, sem uso de agrotóxicos e pouca utilização de adubos químicos, e com a valorização da diversidade com o cultivo de várias espécies. Este modelo de produção é motivado tanto pelo menor custo envolvido diretamente com a compra de insumos, quanto pela consciência coletiva em relação à produção de alimentos e sua ingestão, percepção esta que os produtores não associam ao café por não o ver como um alimento, e ser esta uma produção como *commodity*.

Pragas e patógenos normalmente estão presentes em lavouras, muitas vezes levando a perdas na produtividade e qualidade. A presença e a intensificação dos danos pode ser um bom indicador de desequilíbrios que muitas vezes leva à aplicação e/ou intensificação do uso de agrotóxicos, o que tende a acentuar o desequilíbrio populacional de parasitas e de inimigos naturais. Por outro lado, esse momento pode ser decisivo para mudar o modelo de produção, e realizar a chamada transição agroecológica com adoção de práticas que possam levar a um melhor equilíbrio e ao aumento da resiliência. Um bom exemplo ou indicador de desequilíbrio é o aumento das perdas causadas por fitonematoídes, patógenos que sobrevivem no solo e atacam as raízes das plantas, parasitando-as. Os fitonematoídes, assim como a maioria dos patógenos habitantes do solo, são de difícil erradicação e controle. A redução das perdas em geral pode ser atingida com a adoção de um conjunto de práticas de manejo que são bem alinhadas aos princípios agroecológicos, como: rotação e diversificação de culturas, aumento do aporte de matéria orgânica, correção da acidez, uso de plantas antagonistas e uso de cultivares resistentes, dentre outras.

No município de Rosário da Limeira-MG têm sido relatado perdas frequentes na cafeicultura e na produção de hortaliças devido ao ataque de fitonematoídes causadores de galhas. Com base no exposto, realizou-se o presente trabalho com os seguintes objetivos: a) desenvolver e aprimorar práticas agrícolas que possam contribuir para a melhoria da qualidade do solo, da produção de alface e redução das perdas causadas por nematóides-das-galhas; b) avaliar o efeito do pré-cultivo de crotalária no controle da doença e na produção de alface; c) avaliar o desempenho agronômico de cultivar resistente a *Meloidogyne* spp. associado à adubação com dois resíduos orgânicos, cama de aviário e fino de carvão; d) fomentar a transição agroecológica no município de Rosário da Limeira-MG, visando o aumento da produtividade e reequilíbrio dos agroecossistemas. Para tanto foi proposto como primeiro passo a correção da acidez do solo aplicada em toda a área e, em seguida, introdução da adubação verde com *Crotalaria juncea*; uso de variedades de alface resistentes e tolerantes aos nematóide-das-galhas (*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*), e adubação com cama de aviário enriquecida com fino de carvão, dois resíduos abundantes na região.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Transição Agroecológica

O modelo agrícola dominante, caracterizado por monocultivos e uso intensivo de insumos industriais, tem provocado significativa degradação socioambiental (Caporal; Costabeber; Paulus, 2009). Primavesi (1997, p. 132) ressalta que "a agricultura convencional funciona bem enquanto tudo está ainda mais ou menos equilibrado, porém quando começam a aparecer dificuldades com o solo e o clima, é inevitável voltar a métodos ecológicos".

A agroecologia surge como uma alternativa para uma agricultura mais ecológica e sustentável. Ela é uma ciência emergente que aplica os princípios e conceitos da ecologia ao manejo de agroecossistemas sustentáveis, integrando conhecimentos da agronomia, ecologia, economia e sociologia (Altieri, 1989, *apud* Aquino e Assis, 2002). Seu objetivo é transformar a realidade produtiva para gerar padrões mais sustentáveis, o que exige a modificação do sistema agrícola convencional para o agroecológico (Caporal; Costabeber; Paulus, 2009). Caporal et al. (2009) esclarece que a agroecologia é uma ciência que utiliza de métodos de estudo e intervenções com a finalidade de transformar a realidade para gerar padrões produtivos mais sustentáveis. Para tanto, há que se modificar o sistema agrícola de produção, o que será necessário para um processo de transição do manejo convencional para o agroecológico.

Segundo Camargo (2007), este processo tem que ser realizado de acordo com cada localidade, levando em consideração o processo histórico sociocultural, a organização social e territorial. Tudo isso depende das relações homem/natureza, de seus valores e símbolos e recursos existentes.

Na agroecologia, um dos princípios fundamentais é promover a preservação e expansão da biodiversidade nos agroecossistemas como forma de alcançar a autorregulação e a sustentabilidade (Altieri, Anderson e Merrick, 1987, *apud* Altieri, 2004). A reintrodução da biodiversidade nos agroecossistemas estabelece diversas interações complexas entre o solo, as plantas e os animais. Essas interações e sinergias complementares podem resultar em benefícios, tais como: estabelecer uma cobertura vegetal contínua para proteção do solo, garantir uma produção constante de alimentos, diversificar a dieta alimentar, fechar os ciclos de nutrientes e otimizar o uso dos recursos locais. Além disso, essa abordagem contribui para a conservação do solo e dos recursos hídricos, intensifica o controle biológico de pragas por meio da promoção de habitats para inimigos naturais, aumenta a versatilidade na utilização do território e permite a produção sustentável de culturas sem recorrer ao uso de insumos químicos prejudiciais ao ambiente (Altieri, Letourneau e Davis, 1983, *apud* Altieri, 2004) e a saúde dos agricultores (as).

Porém, a agroecologia é uma construção constante na produção e sociedade, mas ela inicia-se em uma transição de sistemas convencionais ao ecológico, passando pela transição agroecológica. A definição de transição agroecológica trazida por Caporal e Costabeber (2007) diz que ela envolve uma mudança gradual e não linear ao longo do tempo nas práticas de manejo dos agroecossistemas. Esse processo busca a transição da agricultura baseada em modelos agroquímicos de produção, que podem variar em intensidade quanto ao uso de insumos industriais, para abordagens agrícolas que incorporam princípios e tecnologias de base ecológica. Essa noção de mudança refere-se a um processo contínuo e progressivo ao longo do tempo, mas não possui um ponto final determinado.

Devido à sua natureza social, a transição agroecológica não apenas busca uma racionalização econômico-produtiva com base nas características específicas de cada agroecossistema, mas também implica uma transformação nas atitudes e valores dos atores sociais em relação à gestão e preservação dos recursos naturais (Caporal; Costabeber; Paulus, 2009).

Desequilíbrios decorrentes de manejo intensivo podem agravar problemas com a fertilidade e microbiota do solo e pode levar ao aumento de perdas por patógenos habitantes do solo, como os

fitonematoides. Este desequilíbrio e agravamento das perdas pode representar um marco para uma chamada aos agricultores para a busca de uma agricultura mais integrativa e ecológica, com sinergias entre práticas e manejos para garantir uma maior sustentabilidade na produção. Pode representar, ainda, uma oportunidade para reflexão sobre a forma de produzir e caminhar para uma transição agroecológica (Caporal, 2009)

Sintetizando Trindade-Santos e Castro (2021) afirma que o processo de transição agroecológica propõe que seja adotada a prática do manejo ecológico de solo para seu uso e manuseio. Esse manejo prioriza a vida, as dinâmicas e a saúde no solo, com práticas que proporcionam uma integração entre o meio biótico e o meio abiótico nos agroecossistemas. Em geral, proporcionam ao agricultor uma produção agrícola estável, duradoura e saudável, além de funcionar como ferramenta bioindicadora no processo de transição agroecológica.

Entende-se como manejo ecológico de solo, práticas que promovem a melhoria dos aspectos físicos do solo, aumentando a resistência à erosão hídrica e eólica, a presença de uma relação adequada de microporos e de macroporos, maior retenção, adsorção e ciclagem de nutrientes, maior retenção, adsorção e/ou complexação de compostos orgânicos e inorgânicos a partir do manejo da matéria orgânica (Trindade-Santos e Castro, 2021)

2.2 Doenças e pragas nos agroecossistemas

As chamadas doenças e pragas na agricultura são vistas sob uma perspectiva mais integrativa, como sintomas e sinais de desequilíbrio nos sistemas de produção. Esses sinais podem indicar condições como alta ou baixa umidade, acidez do solo, excesso ou falta de nutrientes, compactação do solo e um conjunto de desequilíbrios que podem favorecer maior desenvolvimento de algumas doenças. Apesar da referência inequívoca da importância da tríade hospedeiro suscetível x patógeno virulento x ambiente favorável para o desenvolvimento de doenças, o controle e mais recentemente “a proteção das plantas” é prioritariamente focado em controle químico tendo principalmente o patógeno como alvo. Apesar de ser uma estratégia atraente devido a sua facilidade de adoção e grande oferta de insumos no mercado, traduz uma visão ou entendimento limitado dos processos básicos do agroecossistema (Ghini e Bettiol, 2000).

Em contraste, os sistemas de produção orgânicos e agroecológicos restringem o uso de produtos químicos, baseando-se menos em inseticidas, ou produtos com a terminologia “cida” que tem como alvo direto os insetos-praga e os patógenos. Esses sistemas adotam práticas que buscam equilibrar o ambiente, de forma multifatorial e complexa, muitas vezes inspirado no que ocorre no ecossistema natural. A definição de agroecossistemas, segundo Altieri (1989, *apud* Uzeda, 2018), são sistemas abertos que recebem insumos externos e exportam produtos. Diferentemente dos ecossistemas naturais, que reinvestem grande parte de sua produtividade para manter a estrutura física e biológica necessária para a fertilidade do solo e a estabilidade biótica, os agroecossistemas dependem fortemente de insumos externos devido à colheita e exportação de alimentos e outros produtos, o que limita o autoinvestimento ou autossustento.

Um modelo de agricultura em equilíbrio busca uma maior aproximação com os ecossistemas naturais. Estes sistemas são mais complexos e exigem uma abordagem abrangente para resolver problemas. A eficácia no controle de doenças de plantas é maior quando se integra diferentes métodos de controle, ao invés de se utilizarem apenas um ou poucos métodos e de forma isolada (Ghini e Bettiol, 2000). A ênfase é frequentemente na prevenção e na construção de sistemas resilientes, ao invés de apenas aplicar medidas curativas para minimizar perdas de produção, além de otimizar diversos serviços ecossistêmicos oferecidos pelo ambiente (Uzeda, 2018).

A partir desta perspectiva de manejo dos agroecossistemas, a busca é por estratégias de manejo do solo e das culturas que levem à redução das perdas causadas por pragas e doenças. Nos sistemas agroecossistemas convencionais, a biota de superfície é frequentemente pobre devido às práticas de manejo como capina e uso de herbicidas, que impedem a sucessão natural necessária

para alcançar um estado de maior estabilidade. Essas perturbações frequentes prejudicam as interações interespécificas, levando à drástica redução ou desaparecimento da maioria das espécies em prol da cultura cultivada (Uzeda, 2018). A simplificação dos agroecossistemas resulta em uma estrutura de comunidade pouco estável e dependente de insumos externos para manter alta produtividade. Assim, cabe ao agricultor controlar populações de pragas e doenças, que podem atingir grandes densidades devido à falta de competição e de inimigos naturais.

Doenças e pragas agrícolas frequentemente indicam desequilíbrios nos sistemas de produção, com sua intensidade ligada a condições ambientais desfavoráveis como umidade, acidez do solo, desequilíbrios nutricionais e compactação, além da sucessão de monoculturas e baixa diversificação de espécies (Guterres *et al.*, 2024). Embora a relação entre hospedeiro suscetível, patógeno e ambiente (triângulo das doenças) seja crucial, o controle predominante foca em químicos, revelando uma compreensão limitada do agroecossistema (Sujii *et al.*, 2020).

Dentre os diversos patógenos causadores de doenças em plantas, os fitopatógenos de solo são um desafio particular, pois residem e persistem no solo por anos, causando doenças radiculares e vasculares; sua sobrevivência por meio de saprofitismo, ampla gama de hospedeiros e estruturas de resistência dificulta o controle via rotação de culturas (Cardoso; Andreato, 2016; Lobo Junior; Macedo; Santos-Goulart, 2022). Para o controle desses patógenos, é crucial priorizar medidas preventivas e a escolha de cultivares resistentes, embora nem sempre disponíveis. O controle químico, geralmente restrito ao tratamento de sementes e mudas, é caro, pouco eficiente e poluente. A falta de medidas eficazes para o controle dessas doenças frequentemente resulta em prejuízos elevados, podendo levar à mudança de atividade ou até mesmo ao abandono de áreas cultivadas, causando sérios problemas econômicos e sociais (Ghini, 2003; Correia e Michereff, 2018).

Muitos fatores integrados como físico, químico, biológico e bioquímico do solo interferem no desenvolvimento destas doenças (Valarini *et al.*, 1997 *apud* Frighetto e Valarini, 2000) a partir da observação na compactação do solo com a proporção da severidade das doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo branco), *Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani* (podridões radiculares) e *Sclerotium rolfsii* (podridão do colo), principalmente em culturas de feijão e tomate.

A biodiversidade nos agroecossistemas pode ser fomentada com o uso de policultivos e a adoção da prática de plantas de cobertura ou adubações verdes. Tomelero *et al.* (2006 *apud* Frasca, 2023) mostraram que a adoção do sistema de produção orgânico com o uso de culturas de cobertura também aumentou o teor de matéria orgânica e biomassa microbiana no solo, quando comparado ao solo sob sistema de produção convencional. Segundo esses autores, o agroecossistema orgânico estimulou a melhoria da qualidade biológica e da produtividade do solo, podendo também ter impacto positivo no manejo e controle de pragas e doenças.

As culturas de cobertura podem ser utilizadas em monocultura ou misturas de espécies (mix), sendo estas últimas caracterizadas como diferentes espécies consorciadas com características agronômicas de interesse e visando melhorar a eficiência dos sistemas de produção. O cultivo de uma única ou de poucas espécies vegetais pode levar ao empobrecimento da comunidade vegetal, à perda de diversidade e também, provavelmente, a uma redução nos serviços prestados (Carvalho Filho *et al.*, 2022).

Aumentar o número de espécies dentro de uma comunidade poderia aumentar a multifuncionalidade do sistema, com diferentes espécies apoiando diferentes serviços. Isto implica que a utilização de coberturas mistas em que algumas espécies espontâneas coexistem com culturas de cobertura como uma forma aumentar a multifuncionalidade do agroecossistema (Uzeda, 2018). Esta prática pode aumentar a biodiversidade de microorganismos e atividade microbiana na rizosfera, zona de alta atividade biológica, com muitas interações entre plantas e rizobactérias que potencializam o crescimento das plantas e a atividade de controle biológico (Hassan *et al.*, 2019 *apud* González-Escobedo *et al.*, 2023).

Microrganismos associados à rizosfera das plantas podem desempenhar papel importante na promoção do crescimento das plantas pela composição dos rizópodes e exsudatos radiculares,

causando diversas modificações direcionadas aos processos de ciclagem e distribuição de nutrientes ao solo, liberação de substâncias solubilizadoras de fosfatos e quelantes de ferro, fixação biológica de nitrogênio, produção de enzimas, síntese de fitohormônios e em especial o controle biológico (Frasca *et al.*, 2021 *apud* Frasca, 2023) de patógenos de solo.

Organismos benéficos relatados na rizosfera incluem rizobactérias promotoras de crescimento de plantas, bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos (Mendes *et al.*, 2013; Madrid-Delgado *et al.*, 2021 *apud* González-Escobedo *et al.*, 2023), bem como *Trichoderma* spp., *Metarhizium* spp., *Beauveria* spp. (Guigón-López *et al.*, 2010; Ordóñez-Beltrán *et al.*, 2020 *apud* González-Escobedo *et al.*, 2023), e outros. Foi relatado que muitos gêneros de PGPR interagem com plantas, incluindo *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* e *Serratia*, bem como gêneros de rizobactérias endofíticas fixadoras de nitrogênio, como *Bradyrhizobium*, *Allorhizobium*, *Mesorhizobium* e *Azorhizobium* (Hossain *et al.*, 2015; Duy *et al.*, 2016; Harman & Uphoff, 2019; Hassan *et al.*, 2019 *apud* González-Escobedo *et al.*, 2023).

As interações entre plantas e patógenos têm sido estudadas sob o conceito de uma relação individual planta-microrganismo, uma abordagem que ignora a complexidade de tais interações e o envolvimento de muitos outros grupos de microrganismos que afetam o resultado da infecção. Métodos dependentes e independentes de cultura levaram à identificação bem sucedida de microbiomas associados a plantas que são benéficos ou patogênicos para as plantas (González-Escobedo *et al.*, 2023).

Para se desenvolver um agroecossistema resiliente, em especial aos patógenos de solo, e que satisfaça às futuras necessidades sociais, será necessário considerar estas interações (Cohen *et al.*, 2009 *apud* Bohan *et al.*, 2013). Isto significará alargar o âmbito da investigação atual em agroecologia, para incluir abordagens baseadas em redes (Bohan *et al.*, 2013).

As observações da regulação de pragas por agentes de controle e de surtos de pragas, mediados pela ação de pesticidas, sugerem que os agroecossistemas retêm pelo menos alguma plasticidade nos seus processos ecológicos que pode ser manipulada para fornecer serviços ecossistêmicos mais eficazes. As funções ecológicas proporcionadas pela biodiversidade no seu sentido *lato* (por exemplo, a diversidade de espécies e interações na cadeia alimentar) foram colocadas no centro do que é cada vez mais chamado de "intensificação agrícola sustentável", isto é, intensificar artificialmente a utilização de funções naturais. Alcançar estes objetivos significa que os agroecossistemas terão de mudar o seu *status* atual, idealmente através de uma concepção racional e baseada em hipóteses, e quaisquer alterações feitas no sistema terão, portanto, de ser avaliadas em termos da biodiversidade, do funcionamento e dos serviços ecossistêmicos que são procurados (Bohan *et al.*, 2013), e isso se dá também ao lidar com áreas com histórico de uso extensivo e perdas por patógenos de solo e fitopatógenos em geral.

Na prática, contudo, tem havido apenas algumas tentativas de se conceber agroecossistemas a partir da natureza, principalmente porque os serviços associados aos sistemas naturais não são direcionados para atingir objetivos específicos, como o controle biológico em limiares econômicos. Não se espera que o mimetismo fiel dos sistemas naturais proporcione os rendimentos obtidos na agricultura moderna, e os conceitos ecológicos que são fundamentais nos sistemas naturais, como resiliência, estabilidade e capacidade de auto-organização, não são necessariamente facilmente transferíveis ou relevantes para os agroecossistemas (Malezieux, 2011 *apud* Bohan *et al.*, 2013).

2.3 Doenças causadas por nematóides-das-galhas em alface

De acordo com Pinheiro *et al.* (2013), os principais problemas enfrentados nas regiões produtoras de alface são causados pelas espécies do gênero *Meloidogyne* sp., com destaque para *M. incognita* e *M. javanica*. Esses patógenos possuem um alto potencial reprodutivo, favorecido pelas altas temperaturas, ou seja, na primavera e verão. As plantas atacadas apresentam sintomas como

redução do tamanho e quantidade das raízes, menor peso radicular, nodulações arredondadas e apodrecimento, sendo que os nematóides também podem funcionar como porta de entrada para outros patógenos. Na parte aérea, os sintomas incluem amarelecimento, cabeças mais leves e menores, folhas mais soltas e murchas, causadas pela deficiência na absorção de água e nutrientes. Consequentemente, a alta infestação pode levar a perdas, podendo chegar a 100% na produção.

Segundo Ferraz e Brown (2016), os fitonematoídes, de modo geral, apresentam uma distribuição irregular no terreno, o que faz com que o sintoma se manifeste, com frequência, na forma de manchas de plantas, ou reboleiras. A forma e a extensão dessas manchas podem variar consideravelmente, dependendo de fatores como declividade, textura do solo, disponibilidade de matéria orgânica, presença de organismos nematófagos, entre outros.

As espécies do gênero *Meloidogyne* iniciam seu ciclo de vida pelo ovo, o qual após o desenvolvimento embrionário, dá origem ao J1 (juvenil de primeiro estádio), que passa pela primeira ecdise no interior do ovo, originando o J2 (juvenil de segundo estádio). Com condições ideais de temperatura e umidade, o J2 eclode e migra em direção ao hospedeiro. A infecção ocorre de forma direta, por força do estilete e liberação de substâncias oriundas das glândulas esofagianas dos nematóides. Dentro da raiz, o J2 passa por mais três ecdises, originando os estádios J3, J4 (juvenil de terceiro e quarto estádio) e fêmea adulta. A duração do ciclo varia de 21 a 42 dias, dependendo das condições ambientais e da espécie (Castagnone-Sereno *et al.*, 2013 *apud* Chidichima, 2020). As fêmeas adultas podem produzir em média, 400 a 500 ovos, que são depositados junto ao corpo da fêmea, em uma massa de ovos formando uma matriz gelatinosa, que protege os ovos, atuando ainda como mecanismo de sobrevivência à condições de estresse (Ferraz, 2001 *apud* Chidichima, 2020).

De acordo com De Paula Filho (2021), o método convencional de manejo das culturas visando o controle de nematóides envolvendo o uso de controle químico nem sempre garante uma redução populacional satisfatória. Além disso, esse tratamento apresenta potencial para causar danos ao ambiente devido à sua alta persistência, podendo permanecer ativo na planta até o final do ciclo e prejudicar a qualidade do produto comercializado. Diante dessas características, a aplicação de nematicidas químicos vem sofrendo restrições. Consequentemente, nos últimos anos, houve um aumento nos estudos relacionados a agentes de controle biológico e outras abordagens de manejo.

Para Ritzinger e Fancelli (2006) as estratégias de manejo de fitonematoídes prioritárias são aquelas que diminuem custos de produção, têm respostas em produtividade e não agridem o ambiente. Essas estratégias estão na utilização de matéria orgânica, o controle biológico, o uso de variedades resistentes, a solarização, a rotação de culturas, o pousio, a inundação, o uso de cultivos intercalares e a cobertura do solo que tem como objetivo reduzir a população dos nematóides e manter a biodiversidade nos diferentes agroecossistemas.

Para o sucesso na adoção destas práticas de manejo deve-se atentar à correta identificação das espécies fitoparasitas, sua distribuição no solo, sua biologia, ecologia e interação parasita hospedeiro, a qualidade do solo com base em suas características químicas e físicas, topografia e qualidade da água utilizada. A utilização de matéria orgânica, resíduos vegetais ou industriais, adubação verde, cobertura ou extratos vegetais com propriedades nematicidas, requer o mesmo rigor nas avaliações que o uso de nematicidas químicos (Zasada *et al.*, 2002 *apud* Ritzinger e Fancelli, 2006).

Embora a literatura seja vaga quanto a informações a respeito do efeito do pH do solo sobre *Meloidogyne*, sabe-se que este é um atributo que pode afetar tanto o patógeno como a planta. Em geral, estes sobrevivem em ampla faixa de pH, especialmente quando acima de 5,0 (Babatola 1981, *apud* Telles *et al.*, 2015). No entanto, o pH afeta diretamente a fertilidade do solo e, consequentemente, o desenvolvimento radicular e produção de alface.

Como a erradicação de fitonematoídes é quase impossível, preconiza-se a adoção de práticas de manejo que venham a favorecer não só o desenvolvimento das plantas como a redução das perdas causadas pelo patógeno.

Para o controle da doença, preconiza-se a identificação do fitonematoide, o isolamento da área visando reduzir a sua dispersão bem como atenção com a limpeza de equipamentos desinfetados e demais utensílios que possam contribuir para o transporte do patógeno assim como o uso de mudas vigorosas e sadias, uso de água para irrigação limpa e adequado manejo da fertilidade do solo e uso de cultivares resistentes. Outras medidas também são recomendadas como o controle biológico com o uso de produtos registrados, o pousio e rotação de culturas, quando possível, a solarização e biofumigação do solo, e o pré-cultivo com plantas antagonistas. Tão importante quanto às medidas voltadas para redução da população e disseminação do patógeno, é o manejo da fertilidade do solo visando o melhor desenvolvimento das plantas de alface como correção de acidez, enriquecimento em matéria orgânica e adição adubação (Reis *et al.*, 2005; Silva, 2011 *apud* Alves, 2020). A cultura da alface se desenvolve bem em solos estruturados, arejados, ricos em matéria orgânica e com adequada umidade, recomenda-se a faixa de pH de 6,0 a 6,8, saturação de bases a 70%, são plantas exigentes em nutrientes, principalmente potássio, nitrogênio, cálcio e fósforo (Yuri, *et al.*, 2016 e Puiatti, 2019).

2.4 Plantas de serviços: os adubos verdes

Em meio às práticas utilizadas na agricultura orgânica e agroecológica o uso de plantas de serviço, plantas de cobertura ou classicamente chamados de adubos verdes está entre as mais difundidas por promover melhorias nas características físicas, químicas e biológicas do solo, além de exercer importante efeito no manejo de doenças e de plantas invasoras. O uso dessas plantas de serviço tem o propósito de proteger o solo, ciclar nutrientes, descompactar, promover vida e diversidade biológica no solo e ambiente além de plantas, em especial as fabáceas, que tem a capacidade de promover a fixação biológica de nitrogênio.

Existem muitas espécies de distintas famílias utilizadas como plantas de serviço, ou de adubos verdes, com destaque para as da família Fabaceae (leguminosas), pois podem aportar grande aporte de massa vegetal ao solo e de N, via associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN). Além do fornecimento de nitrogênio, a adição dos resíduos vegetais a partir da produção de biomassa afeta a disponibilidade de nutrientes por outros mecanismos, pois o incremento do teor de matéria orgânica do solo pode reduzir a retenção de P (fósforo) na superfície de alguns minerais de argila, aumentando a disponibilidade desse nutriente para as plantas (Espíndola *et al.* 2005).

As fabáceas possuem uma baixa relação C/N, o que favorece uma rápida decomposição e mineralização com um aporte significativo de nitrogênio no solo (Partelli *et al.*, 2011 *apud* Alves, 2020), essa baixa relação C/N tende a aumentar a atividade de microrganismos antagonistas aos nematóides e aumentar a liberação de amônia ao solo (Melo e Serra, 2019) segundo Rodrigues-Kabana (1987 *apud* Ferraz *et al.*, 2010) a faixa da relação C/N mais indicada para controle de nematóide é de 12 a 23, abaixo de 12 apresenta toxidez para a planta e acima de 23 não tem efeito nematicida.

As plantas do gênero *Crotalaria* da família Fabaceae, são importantes antagonistas aos fitonematoídes, elas podem ser não-hospedeiras ou más-hospedeiras de fitonematoídes, elevar a população de microrganismos antagonistas, além de produzirem compostos tóxicos a esses patógenos como o alcaloide pirrolizidínico chamado monocrotalina (Wang *et al.*, 2002; Chitwood, 2002 *apud* Ferreira, 2018).

Com uma extensa variedade de mais de 350 espécies catalogadas dentro do gênero *Crotalaria* (Cook; White, 1996, *apud* Ferraz *et al.*, 2010), algumas se destacam no controle de nematóides, sendo a *C. spectabilis* uma das mais utilizadas e estudadas. Um dos mecanismos para diminuição dos nematóides é que ela é uma má hospedeira, estudos realizados mostraram que quando o *M. javanica* se hospeda na planta ocorre um menor número e tamanho de células gigantes, assim o nematóide não consegue se nutrir bem e realizar a reprodução (Silva *et al.*, 1990 *apud*

Chidichima, 2020). Além da *C. spectabilis*, outras espécies como *C. ochroleuca* e *C. juncea* são indicadas para o manejo de *Meloidogyne* spp., apresentando atividades similares sobre esse grupo de nematóides quando comparadas à *C. Spectabilis* (Rosa *et al.*, 2013; Rosa *et al.*, 2015, Araya; Caswell-Chen, 1994; Miamoto *et al.*, 2016, *apud* Chidichima, 2020). No entanto, estudos demonstram variações nos resultados, como a capacidade de reprodução de *M. javanica* e *M. incognita* na presença de *C. juncea* (Charchar *et al.*, 2007 *apud* Ferreira, 2018), assim como a suscetibilidade de *C. ochroleuca* a *M. javanica* (Rosa *et al.*, 2013 *apud* Chidichima, 2020). Dessa forma, verifica-se que a resposta dessas espécies diante de diferentes populações de nematóides é variável.

Em experimento conduzido por Ferreira (2018) em áreas contaminadas por *M. incognita*, foi constatado um baixo desenvolvimento do nematóide na presença de *C. juncea*. Além disso, Moraes *et al.* (2006, *apud* Ferreira, 2018) observaram que, apenas 45 dias após a semeadura, as áreas cultivadas com *C. juncea* apresentaram populações de nematóides menores em comparação com áreas em pousio. Esses resultados evidenciam o potencial dessa espécie para o controle de nematóides-das-galhas.

2.5 Resistência genética

Segundo Roberts (2002, *apud* Ferraz *et al.*, 2010) a resistência genética é o método mais eficiente e econômico no manejo de nematóides. Usando a definição trazida pelo autor temos que: a) resistência – quando a planta é capaz de restringir ou prevenir a multiplicação de nematóides por meio de genes específicos, ou seja, inibe sua reprodução; b) tolerância – quando a planta é capaz de suportar ou se recuperar de danos causados por nematóides; c) suscetibilidade – quando a planta permite reprodução abundante dos nematóides; d) imunidade - é quando a planta é capaz de inibir a penetração dos nematóides nas raízes.

Os mecanismos de resistência em plantas a nematóides são diversos, podendo ser eles por liberação de exsudatos radiculares que inibem a penetração, resultando em imunidade, como é o caso de cravo de defunto (*Tagetes spp.*) que libera a alfatertienil, do neem (*Azadirachta indica*) que libera a nimbidina, e do capim chorão (*Eragrotis curvula*) que libera o pirocatenol (Huang, 1985 *apud* Ferraz *et al.*, 2010). Esses mecanismos são chamados de reações de resistência pré-infecccionais (Roberts *et al.*, 1998 *apud* Ferraz *et al.*, 2010).

Os mecanismos pós-infecccionais de resistência, ocorrem após a penetração dos nematóides nas raízes. Ocorre inicialmente um processo de sinalização e modificações bioquímicas nas plantas que podem, dependendo dos mecanismos, afetar os sítios de alimentação e a diferenciação de fêmeas (Roberts *et al.*, 1998, Silva, 2001; *apud* Ferraz *et al.*, 2010). Além deste processo, os nematóides podem ser afetados por substâncias nematotóxicas preexistentes nos tecidos vegetais, ou mesmo estimular a produção de compostos antimicrobianos chamados fitoalexinas como ocorre nas leguminosas (Huang, 1985; Chitwood, 2002 *apud* Ferraz *et al.*, 2010).

Em pesquisas no site de empresas como Agristar, Isla, Feltrin, Agrocinco, Enza Zaden, Blueseeds, Seminis, Taki Seeds, Seminis, Takii Seeds, Vilmorin Mikado, Rijk Zwan, Horticeres e TSV Sementes que produzem e comercializam sementes de alface pode-se constatar a existência de algumas cultivares de alface citadas como resistentes à *M. javanica*: como Silvana, de alface americana; Sakate e BRS Leila e BRS Mediterrânea, de alface crespa, o que sinaliza a reduzida disponibilidade de material geneticamente resistente no mercado brasileiro.

2.6 Matéria orgânica

A matéria orgânica do solo (MOS) é composta por diversos elementos, predominando carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S). Apesar de representar uma fração reduzida da massa total do solo, a MOS desempenha um papel essencial na sua qualidade, influenciando diretamente a produtividade das plantas, a estabilidade das propriedades físicas, químicas e físico-hídricas, além de atuar como tamponante da acidez e

substrato para a biota do solo. Sua interação com a água, o ar e os minerais da fase sólida, bem como sua função como fonte de nutrientes e energia para os microrganismos, reforçam sua importância no sistema agrícola (Silva *et al.*, 2023) e o seu papel em tornar os sistemas mais resilientes.

Diferentes autores como Mian e Rodríguez-Kàbana (1982), Stirling (1991) Ritzinger e McSorley (1998a, 1998b) Rodríguez-Kàbana e Kloepfer (1999 *apud* Ritzinger e Fancelli, 2006), apontam que a matéria orgânica pode reduzir a atividade dos fitonematoídes principalmente por meio da melhoria da estrutura do solo e o estímulo à atividade microbiana. Estas mudanças incluem ajustes no pH, na umidade e nas propriedades químicas e físicas do solo, resultando em melhor aeração, maior capacidade de retenção de água e um ambiente favorável ao crescimento de microrganismos antagonistas e predadores naturais dos nematóides. Além disso, a decomposição da matéria orgânica libera compostos como fenóis, amônia, nitrito e íons de cálcio, que podem atuar como agentes supressores de nematóides.

A eficácia da matéria orgânica nesse controle depende de fatores como a relação C/N do material empregado, a presença de espécies microbianas antagonistas e metabólitos liberados durante a decomposição. A quantidade aplicada também é um fator determinante, tanto para a supressão dos nematóides quanto para o aumento da tolerância das plantas ao ataque dessas pragas. A decomposição da matéria orgânica pode estimular a atividade de microrganismos como actinomicetos e bactérias, que produzem quitinase – uma enzima que enfraquece a camada protetora dos ovos de fitonematoídes, promovendo a eclosão prematura dos juvenis e reduzindo sua viabilidade (Ritzinger e Fancelli, 2006). Segundo Oka (2010, *apud* Ferraz, 2010), a matéria orgânica pode afetar as populações de fitonematoídes por meio de diversos mecanismos, incluindo a liberação de compostos fenólicos de ação nematicida, a produção de substâncias tóxicas durante a decomposição (como amônia e ácidos graxos), o estímulo ao crescimento de microrganismos antagonistas, o fortalecimento das plantas contra patógenos e alterações nas propriedades físicas do solo que impactam diretamente os nematóides.

2.7 Resíduos orgânicos na adubação

2.7.1 Cama de aviário

Fontes comuns de matéria orgânica incluem resíduos da indústria, agricultura, pecuária e até mesmos domésticos. Na horticultura destaca-se o uso da cama de frango, um resíduo oriundo da produção avícola. Para sua utilização agrícola, é necessário que esse material passe pelo processo de compostagem. A transformação da cama de frango em composto orgânico contribui tanto para qualidade do material quanto para a segurança, quanto para a economia na produção agrícola, uma vez que reduz a necessidade de fertilizantes minerais (Gedoz, 2014 *apud* Saldanha e Ribeiro, 2021).

Esse composto orgânico é uma fonte relevante de macro e micronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), com variações em suas concentrações dependendo do tipo de criação (frangos de corte ou galinhas poedeiras) e do substrato utilizado. Na cafeicultura, é comum o uso de casca e palha de café como forração, o que enriquece o composto com teores significativos de N e K. Além de seu valor nutricional, a cama de frango apresenta potencial para o controle de fitonematoídes como *Meloidogyne javanica* e *M. exigua*, especialmente devido à liberação de compostos tóxicos como amônia e furfural durante sua decomposição (Tranconi *et al.*, 1986; Zambolim *et al.*, 1996; Ribeiro *et al.*, 1998 *apud* Ferraz *et al.*, 2010).

A aplicação de compostos orgânicos, como a cama de frango, proporciona melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Além de fornecer nutrientes, estimula a atividade da microbiota e contribui para o equilíbrio ecológico do solo, resultando em ganhos de produtividade. Esses insumos também exercem efeito bioestimulante sobre as plantas, favorecendo o crescimento vegetativo, a qualidade nutricional e a resistência a estresses bióticos e abióticos (Zandonadi *et al.*, 2014; *apud* Silva *et al.*, 2023; Rosa, 2020).

Nesse contexto, a cama de frango é capaz de aumentar os teores de matéria orgânica do solo, o que impacta diretamente na estrutura, porosidade, retenção de água e estabilidade dos agregados, favorecendo o crescimento radicular e a produção de biomassa (Moreira; Siqueira, 2002 *apud* Moura, 2022). Rosa (2020) observou que a aplicação da cama de frango proporcionou incremento na matéria fresca de raízes (MFR) em soja e milho, em decorrência da melhoria na agregação do solo e na disponibilidade de nutrientes. De forma semelhante, Corrêa e Miele (2011 *apud* Rosa, 2020) apontaram que esse insumo contribui para a formação e estabilização de agregados, aumentando a aeração e a retenção hídrica. Bonela *et al.* (2017 *apud* Rosa, 2020) relataram que o desenvolvimento das raízes de rabanete foi positivamente influenciado pela adição de diferentes fontes de matéria orgânica, incluindo a cama de frango.

Apesar dos benefícios agronômicos, o uso da cama de frango requer manejo criterioso, uma vez que concentrações elevadas de nitrogênio e fósforo podem causar impactos ambientais. O nitrogênio pode contaminar o solo, os corpos hídricos e a atmosfera, enquanto o fósforo, especialmente na forma solúvel presente no escoamento superficial, pode causar eutrofização e prejuízos à fauna aquática (Hahn, 2004; Edwards; Daniel, 1992 *apud* Moura, 2022). Dessa forma, a cama de frango compostada pode ser considerada não apenas uma fonte eficiente de nutrientes, mas também um importante condicionador do solo. Seu uso apropriado contribui para a fertilidade, o controle biológico de nematóides e o equilíbrio dos agroecossistemas.

2.7.2 Fino de carvão

Segundo Dados do IBGE (2023) foram produzidas 6.771.704 t de carvão vegetal da silvicultura no Brasil, só em Minas Gerais foram 5.967.990 t, sendo o maior produtor do Brasil. Nessa produção de carvão ocorre a presença um dos resíduos de grande descarte na natureza é a moinha de carvão ou fino de carvão, correspondente ao material fino que fica no fundo do forno. Esse resíduo pode ter bom uso na agricultura, De acordo com Maekana (2002 *apud* Alves, 2006), o fino de carvão é um material poroso, o que permite aumentar a capacidade de retenção de água, facilita a proliferação de organismos benéficos, além de possuir em sua composição elementos minerais como: magnésio, boro, silício, cloro, cobre, manganês, molibdênio e, principalmente, potássio.

O fino de carvão tem uso agrícola tal como o biocarvão que proporciona melhoria da fertilidade do solo e o sequestro de carbono, alterando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Lucon; Renée Coscione; Alberto, 2016).

O Biocarvão conhecido como “biochar” como “Agrichar” ou como carbono pirogênico (Preston e Schmidt, 2006 *apud* Bueno, 2017) é um material sólido com teor elevado de carbono que se origina da decomposição térmica da matéria orgânica ou biomassa, conforme indicado por Brownsort *et al.* (2011 *apud* Bueno, 2017). Pode exercer múltiplas funções e ser usado como sequestrador de C, fertilizante e condicionador do solo (Petter *et al.*, 2016), como imobilizador de metais no solo, aumento da resistência à seca e fertilização, incluindo o aumento do pH do solo, conforme observado (Schmidt 2012 *apud* Bueno, 2017). Também pode contribuir para o aumento da capacidade de retenção de água (Vartapetyan e Voloshchuk, 1995 e Ogawa *et al.* (2006) citados por Bueno (2017). A composição da biomassa de origem influencia a disponibilidade de nutrientes no biochar, como fósforo, cálcio e manganês, podendo também afetar a mineralização de nitrogênio, de acordo com vários estudos (Uchimiya *et al.*, 2010; Aguilar-Chavez *et al.*, 2012; Ahmad, Lee, Dou, *et al.*, 2012; Ahmad, Lee, Yang, *et al.*, 2012; Al-Wabel *et al.*, 2013; Antonio Alburquerque *et al.*, 2013; Dai *et al.*, 2013 *apud* Bueno, 2017).

Durante o processo de degradação do biocarvão no solo, tanto por fatores abióticos quanto bióticos, observa-se um aumento na atividade microbiana, causado em um consequente aumento na atividade do solo. Embora a degradação abiótica seja inicialmente dominante, esta pode rapidamente promover um aumento na atividade microbiana, devido ao aumento de habitats

estimulados e protegidos, conforme discutido por Hammes e Schimdt (2009 *apud* Petter *et al.*, 2016).

Segundo as análises de Gruber e Elad (2013 *apud* Andrade e Puga, 2023), existem diversos possíveis controles pelos quais o biocarvão pode conferir proteção às plantas contra doenças. Entre eles estão a capacidade de fornecimento de nutrientes e melhoria da nutrição das plantas, o que aumenta a resistência contra microrganismos patogênicos; modificações na biomassa e na comunidade microbiana do solo, que levam a uma proteção direta contra patógenos do solo, por meio de antibiose, competição por recursos ou parasitismo do microrganismo causador da doença; absorção de toxinas produzidas por microrganismos patogênicos presentes no solo pelo biocarvão, proporcionando proteção à planta contra danos físicos causados pelos patógenos do solo e a indução de mecanismos de defesa sistêmicos das plantas.

Existem estudos recentes que comprovam a ação do biocarvão sob os nematóides. Em trabalhos realizados por Zhang *et al.* (2013) e Rahman *et al.* (2014) citados por Novais (2022) mostraram que a aplicação de biocarvão de cama de frango e palha de trigo contribuíram para o aumento da diversidade de nematóides micófagos, bacteriófagos e onívoros, por outro lado, reduziram significativamente a população de nematóides parasitas de plantas. Novais (2022) em estudo com biocarvão determinou a diminuição dos juvenis e de incidência aplicado na cultura do quiabeiro.

Na perspectiva no manejo de fitonematóides, o fino de carvão se mostra como uma possibilidade a mais de reequilíbrio do agroecossistema, para isso se faz necessário o desenvolvimento deste trabalho, visto ainda poucos trabalhos visando ter o fino de carvão como uma estratégia ao controle/convivência com nematóides de solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do Local de Realização do Trabalho

O trabalho foi realizado em condições de campo, em parceria com um agricultor familiar, no município de Rosário da Limeira-MG com histórico de perdas de produção causado por nematóides-das-galhas. A propriedade está situada a 8 km da sede do município, em uma comunidade denominada São Pedro sob as coordenadas 22°45'50" S e 43°41'50" W, com altitude média de 800 metros. De acordo a Classificação Climática de Köppen e Geiger (1928), feita por Sá Júnior (2009), o município de Rosário da Limeira está classificado com o clima do tipo "Cwa", ou seja, clima temperado úmido com inverno seco e verão quente, caracterizado por estação chuvosa no verão, de outubro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a setembro, sendo julho o mês mais seco.

A área destinada à produção de hortaliças contém cerca de 1,5 ha, sendo 8000 m² com irrigação por aspersão, e apresenta problemas com fitoparasitas. As hortaliças produzidas são alface (lisa, crespa e americana), couve, brócolis, cebolinha, salsinha, almeirão, repolho, rúcula, hortelã, manjericão, jiló, quiabo, abóbora, inhame mandioca de mesa. Produz ainda outras culturas em uma área de mais 2,0 ha como feijão, milho, café arábica, citrus, abacate, goiaba e banana. O solo da área onde foi conduzido o experimento é classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo como Gleissolo Melânico.

A área escolhida para condução do experimento apresentava sérios problemas com nematóides-das-galhas na produção de hortaliças, em especial no cultivo de alface no período de primavera e verão. No ano de 2023 houve relato de perdas de até 80% da produção, segundo o próprio produtor (Figura 1).



Figura 1. Diagnóstico inicial da área experimental mostrando quadro crítico de produção de alface com alta intensidade de plantas infectadas por *Meloidogyne* spp. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2023.

Os dados meteorológicos foram obtidos pela Estação Meteorológica Automática de Viçosa (A510), disponíveis no site do INMET, que são os dados mais próximos da localidade de Rosário da Limeira durante o período do primeiro ensaio (04/10/2023 a 26/04/2024) foram de precipitação total de 1219,2 mm, temperatura máxima de 28,46 C°, temperatura média de 22,78 C° e temperatura mínima de 19,42 C° (Figura 2).

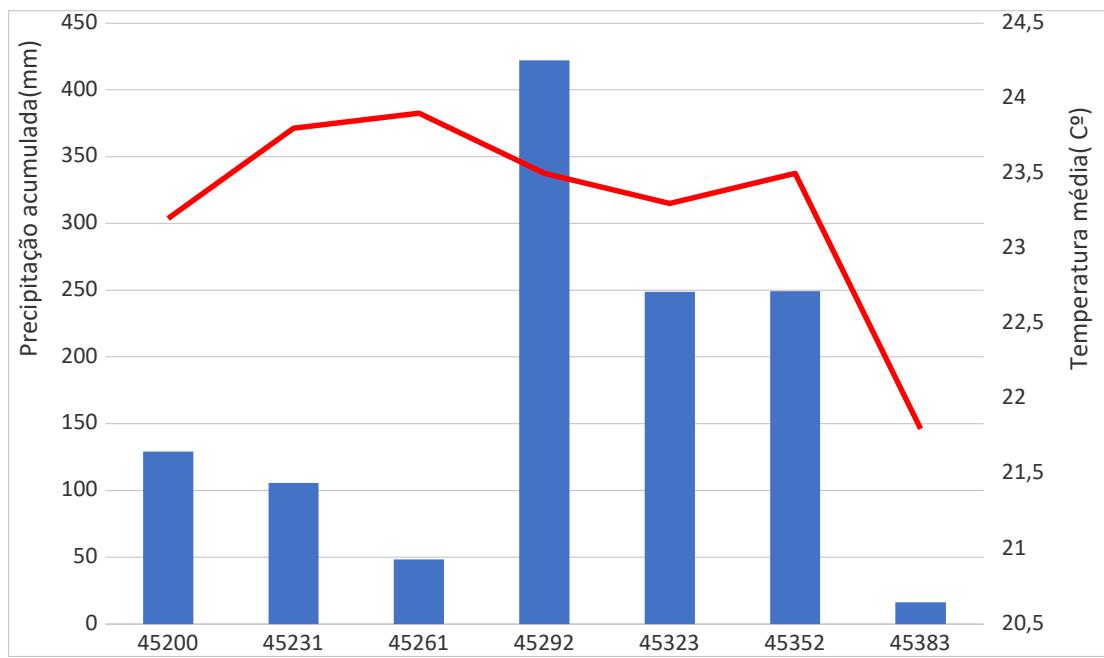


Figura 2. Dados meteorológicos de temperatura média e precipitação acumulada mensal do período onde se realizou o primeiro ensaio.

Já os dados meteorológicos durante o segundo ensaio (03/09/2024 a 10/11/2024), foram de precipitação total de 313,2 mm, temperatura máxima de 27 °C, temperatura média de 21C° e temperatura mínima de 17,71 C° (Figura 3).

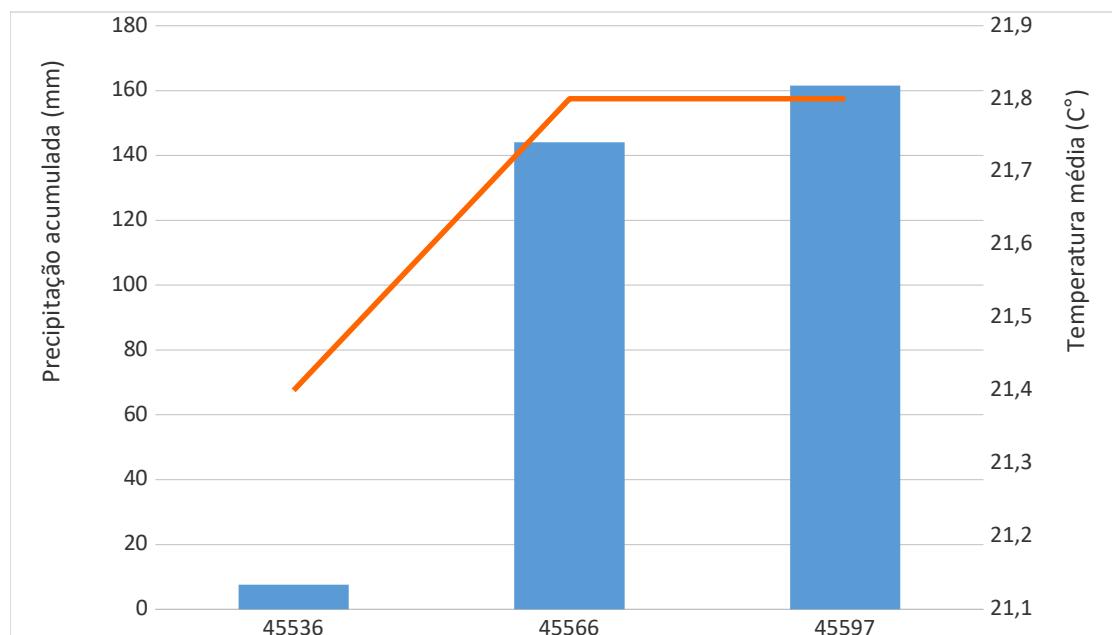


Figura 3. Dados meteorológicos de temperatura média e precipitação acumulada mensal do período onde se realizou o segundo ensaio.

3.2. Execução dos Ensaios

O trabalho foi realizado tendo como premissa princípios básicos de manejo da fertilidade do solo visando a produção de alface e a redução das perdas causadas por nematóides-das-galhas. Para tanto, a análise de solo e correção da acidez foi adotado como princípio e não como tratamento. Em seguida realizaram-se os experimentos divididos em duas etapas.

Na primeira etapa, realizada no período de 04 de outubro de 2023 a 26 de abril de 2024, foi avaliado o efeito do pré-cultivo com planta de adubo verde seguido de transplante de mudas de alface. No segundo, realizado na mesma área no período de 03 de setembro a 10 de novembro de 2024, foi avaliado o efeito de adubação orgânica com a aplicação de cama de aviário acrescida de diferentes proporções de fino de carvão e duas cultivares de alface.

3.2.1. Caracterização do solo e do patógeno

Para início do trabalho foi realizado a coleta de solo nas camadas de 0-20 cm em 15 pontos diferentes da área retirando amostras simples, após sendo unidas formando a amostra composta bem homogeneizada e enviado 300 g para realizar a análise química de solo completa (Tabela 1).

Tendo como base a análise de fertilidade do solo e método de saturação de bases foi feito o cálculo da quantidade de calcário e a aplicação de 200 g de calcário dolomítico por metro quadrado. O calcário foi incorporado com enxada rotativa. Após 30 dias da aplicação de calcário na área, iniciou-se a preparação do solo com o auxílio de um motocultivador visando a realização do experimento.

Tabela 1. Dados da análise de fertilidade do solo sem adubação, das áreas antes dos ensaios. Rosário da Limeira 2023, 2024.

Descrição	pH	P	K	Zn	Fe	Mn	Cu	B	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	MO	V
													dag/kg	
Solo Ensaio 1	5,5	4,2	45	0,8	37,9	5,6	0,3	0,1	1,5	0,43	0,2	8,25	5	19,9
Solo Ensaio 2	5,2	40	130	3,4	34,8	6,5	0,3	1,14	3,48	1,12	0,2	12,87	6,72	27,7

pH em água; P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Extrator Mehlich 1; Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol/L; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0; B - Extrator água quente; S - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético; Mat. Org. (MO) = C.Org x 1,724 – Walkley-Black; SB = Soma de Bases Trocáveis; V = Índice de Saturação de Bases.

Para identificação da espécie de nematóide presente na área, amostra de raízes de plantas de alface com galhas, coletada no ciclo anterior, foram coletadas e levadas para o Laboratório de Nematologia da Universidade Federal de Viçosa para análise com a técnica de Eletroforese de isoenzimas(esterase) em gel de poliacrilamida (Carneiro e Almeida, 2001). A espécie foi identificada como sendo *Meloidogyne javanica*, fitonematoide generalista quanto à gama de hospedeiros.

3.2.2. Ensaio 1: Avaliação do efeito do pré-cultivo de *Crotalaria juncea*

Inicialmente, com o auxílio de um motocultivador, o solo foi revolvido visando o plantio de *C. spectabilis* realizado no dia 04 de outubro de 2023. O semeio foi realizado no espaçamento de 0,25 m entre linhas e 25 sementes por metro. Em virtude das falhas, foi realizado novo semeio em

25 de novembro utilizando-se sementes de *C. juncea*, doadas pela Embrapa-Agrobiologia (Figura 4-A) e o mesmo espaçamento.

As plantas de *C. juncea* desenvolveram-se bem e cobriram o solo (Figura 4-B). Em 09 de março, aos 100 DAP (Figura 4-C), efetuou-se o corte das plantas rentes ao chão com o auxílio de uma roçadeira motorizada. Nesta ocasião, as plantas apresentavam altura média de 2,90 m e pleno florescimento. Foi observado no momento do corte, presença de nódulos de coloração rosa nas raízes (Figura 5). As plantas foram picadas com um facão em partes de aproximadamente 15 cm e organizadas na superfície do canteiro onde foram deixadas até murcharem.

A



B



C



Figura 4. A- Plantio *Crotalaria juncea* nas parcelas da área. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2023. B-Desenvolvimento da *C. juncea* com 48 dias de plantio. Foto Aline da Silva Bhering, 2023. C- Corte das plantas de *C. juncea* e organização da palhada nos respectivos canteiros das diferentes repetições. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2024.



Figura 5. Nódulos na raiz da *C. juncea*. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2024.

Cerca de 5 dias após o corte da crotalária, foi realizado o transplante de mudas de alface. Utilizou-se mudas da cultivar Vanda com 22 DAP e cerca 5 cm de altura. Esta cultivar é do Grupo

Crespa e informada como resistente ao pendoamento e indicada para o cultivo de verão. Dentre as características informadas pela empresa Sakata (www.sakata.com.br) constam: plantas de porte grande, com folhas compridas e talo grosso, sistema radicular vigoroso; ciclo médio total de 55 dias; alto nível de resistência ao LMV-II (Lettuce mosaic virus – estirpe II); alta resistência à queima de bordos; susceptibilidade aos nematóides-das-galhas. As mudas foram produzidas no viveiro Semearte (Coimbra-MG).

As mudas foram transplantadas diretamente para covas perfuradas no solo por entre a palhada de crotalária, sem revolvimento do canteiro e simulando um sistema de plantio direto com o espaçamento de 0,25x0,25 m.

Aos 20 dias após o transplante foi feita uma capina para remoção de plantas espontâneas nas parcelas sem a presença da crotalária foi realizado a capina e mantido o sistema de plantio sem revolvimento do solo. A irrigação foi realizada diariamente por aspersão.

O desenho experimental, conforme croqui (Anexo A), foi constituído de área total de 36 metros de comprimento e de 1 metro de largura, área total em 36 m²; dois tratamentos, com pré-cultivo e cobertura de solo com a palhada de *C. juncea* e tratamento testemunha com revolvimento do solo e quatro repetições. Cada parcela continha 4,5 metros de extensão e largura 1 metro e continha 72 plantas de alface. Para as avaliações, utilizaram-se as 12 plantas centrais de cada parcela.

A colheita foi feita nos dias 25 e 26 de abril, aos 46 dias após o transplante das mudas. As plantas foram recolhidas e pesadas para determinação da massa fresca. As raízes, coletadas com auxílio de enxadão, foram coletadas para observação posterior quanto à presença de galhas, seguido de contagem do número de galhas por planta.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e comparados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa (software) SISVAR (Ferreira, 2011).

3.2.3 Ensaio 2: Avaliação de duas cultivares e adubação com cama de aviário e fino de carvão

O Ensaio 2 foi realizado no mesmo local que o primeiro, no período de setembro à novembro de 2024. Entre abril e setembro o produtor cultivou alface, almeirão em sucessão nessa área. No segundo ensaio foram avaliadas duas cultivares de alface, Vanda (Sakata) e BRS Leila (Agrocinco), suscetível e resistente a *M. incognita* e *M. javanica*, respectivamente e; adubação com dois resíduos abundantes na região - cama de aviário pura e cama de aviário enriquecida com três proporções de fino de carvão - 5, 10 e 15 %. A cultivar BRS Leila é descrita com as seguintes características: cultivar híbrida; grupo crespa; tolerante ao florescimento precoce (pendoamento); resistente aos nematóides-das-galhas (*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*) e a alguns patótipos do vírus LMV (Site Agrocinco). A cultivar Vanda, a mais plantada na região, é a mesma usada no primeiro ensaio e foi utilizada como testemunha.

As mudas foram preparadas com o substrato comercial Carolina Soil 35H®, composto por Turfa Importada, Vermiculita Fina e Casca de Arroz Carbonizada. As mudas foram preparadas no viveiro municipal de Rosário da Limeira. Após o semeio, efetuou-se a irrigação e deixaram-se as bandejas cobertas por 48 horas para início da germinação, quando foram expostas e levadas para o viveiro onde foram irrigadas diariamente. O semeio foi efetuado em 03 de setembro de 2024 e o transplante efetuado no dia 24 de setembro de 2024, totalizando 21 dias de viveiro.

O adubo foi preparado com a mistura da cama de aviário (CAV) compostada. A CAV foi obtida em uma granja de criação de frango de corte convencional, um único ciclo de 45 dias contendo como material de forração da granja uma mistura 3:1 de serragem de madeira e palha de café. O fino de carvão (FC) foi obtido em um forno da região que queima eucalipto. Os dados referentes às análises do composto constam na Tabela 3.

A mistura foi feita com base na proporção em peso fresco utilizando-se a cama de ave com 30% de umidade, assim foi adicionado o fino de carvão conforme Tabela 2.

Tabela 2. Proporção de Cama de Aviário (CAV) mais adição do fino de carvão (FC) para preparo do composto dos tratamentos com diferentes porcentagens (5,10,15 e 100).

Composto	Cama de Frango (kg)	Fino de carvão (kg)
CAV 95 + FC 5%	9,5	0,5
CAV 90 + FC 10%	9	1
CAV 85 + FC 15%	8,5	1,5
CAV 100%	10	0

O composto foi misturado, adicionado água para manter a umidade e compostado por 30 dias, misturado uma vez por semana para manter a homogeneização.

Os dados de caracterização dos compostos foram obtidos por meio de amostra de 300 gramas homogêneas retiradas das pilhas de compostos após os 30 dias de compostagem. Foram encaminhadas ao laboratório de Análise de Solos Viçosa, onde as amostras foram secas em estufa à 75°C e os teores totais, determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico), N - Método do Kjeldahl.

Tabela 3. Valores médios dos teores de nutrientes (em base seca) e pH de composto orgânico produzido com cama de aviário (CAV) e enriquecida com diferentes porcentagens de fino de carvão (FC), (5, 10 e 15%), seguido de compostagem por 30 dias.

Composto	pH H ₂ O	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----%-----					
CAV 95 + FC 5%	8,01	2,69	0,55	3,36	1,98	0,32	0,39
CAV 90 + FC 10%	8,64	2,6	1,04	2,96	2,9	0,55	0,63
CAV 85 + FC 15%	8,65	2,8	0,53	3,36	2,08	0,36	0,55
CAV 100%	7,16	2,52	0,62	3,20	1,98	0,31	0,44

Composto	Relação C/N	Zn	Fe	Mn	Cu	B
		-----ppm-----				
CAV 95 + FC 5%	6,43	100	2904	165,6	52,8	223,85
CAV 90 + FC 10%	6,36	280	4064	257,6	41,6	65,33
CAV 85 + FC 15%	5,79	130,4	4064	181,6	31,2	50,22
CAV 100%	7,17	117,6	2872	127,2	23,2	46,44

Foi realização a aplicação de 1,0 Kg de composto por metro quadrado aplicado antes do plantio. Tendo como base os dados da análise do composto e informações sobre composição média

de fino de carvão, estima-se o aporte de 25,2 g de N, 6,2 g de P e 32 g de K por metro quadrado em tratamento com composto apenas com cama de aviário (CAV 100%). Em tratamento com composto com 5% de Fino de Carvão (CAV 95 + FC 5%) estima-se o aporte de 26,9 g de N, 5,5 g de P e 33,6 g de K por metro quadrado, no tratamento com 10% de fino de carvão (CAV 90 + FC 10%) estima-se o aporte de 26 g de N, 10,4 g de P e 29,6 g de K por metro quadrado e no tratamento com 15% de fino de carvão (CAV 85 + FC 15%) estima-se o aporte de 28 g de N, 5,3 g de P e 33,6 g de K por metro quadrado.

O plantio foi realizado no dia 24 de setembro período da manhã com o espaçamento de 0,25 x 0,25 m seguindo o croqui (Anexo B), como ilustrado na Figura 6.



Figura 6. Preparo das mudas e plantio de alface nas parcelas com diferentes tipos de adubação. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2024.

O ensaio foi realizado em blocos casualizados com fatorial de 2x4, duas variedades de alface (BRS Leila e Vanda) e quatro adubações (CAV 95 + FC 5%, CAV 90 + FC 10%, CAV 85 + FC 15%, CAV 100%). Utilizaram-se ao total, 8 tratamentos e 4 repetições e 32 parcelas, cada uma constituída por área de 1 m² e 16 plantas. Como parcela útil, utilizaram-se as quatro plantas centrais de cada parcela.

Após o plantio foi realizada diariamente irrigação por microaspersão, e realizado duas capinas, a primeira após 15 dias de transplantio e a segunda após 30 dias de transplantio.

As plantas foram colhidas no dia 10 de novembro, após 44 dias. Nesse momento foi realizado a pesagem para determinação da massa fresca (Figura 7-A) e medição para determinação do diâmetro da cabeça da alface. Após, foi feita a coleta do solo de cada parcela. Para pesagem das raízes, essas foram lavadas em água corrente e pesadas individualmente (Figura 7-B).



A-



B-

Figura 7. A- Pesagem da massa fresca de alface. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2024. **B-** Pesagem massa fresca de raiz lavada. Foto Alessandra Paiva Ribeiro, 2024.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e comparados pelo teste de Duncan a 5% de significância, utilizando o programa (software) R.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os dois ensaios conduzidos junto ao agricultor familiar no município de Rosário da Limeira, tiveram como foco o manejo da alface em um sistema de transição agroecológica, considerando o impacto de práticas agrícolas no manejo de fitonematoídes e na produtividade da cultura. Partiu-se do princípio que a correção da acidez do solo, elevação da saturação de bases (V%) e aumento do teor de Ca e Mg são princípios básicos para a melhoria da qualidade do solo e para a produção de alface. Desta forma, a calagem foi feita previamente em toda a área experimental seguido do planejamento e realização de dois ensaios, o primeiro com pré-cultivo com *C. juncea* e o segundo com adubação orgânica com composto de cama de aviário enriquecido com fino de carvão.

O primeiro ensaio avaliou o efeito do pré-cultivo de *C. juncea* na redução da população de nematóides-das-galhas (*Meloidogyne javanica*). Além do controle, através da rotação de cultura e do uso de planta antagonista, buscou-se compreender os benefícios dessa fabácea para a fertilidade do solo e o desenvolvimento da cultura sucessora.

O segundo ensaio investigou o desempenho de duas cultivares de alface submetidas à adubação com cama de aviário e diferentes doses de fino de carvão. O objetivo foi avaliar a influência desses fatores no crescimento das plantas e na viabilidade econômica da adoção de uma cultivar resistente ao nematóides-das-galhas.

4.1- Ensaio 1: Avaliação do efeito do pré-cultivo de *Crotalaria juncea*

De acordo com os dados levantados pelo número de galhas por parcela como observado na Tabela 4, tem-se diferença estatística entre os tratamentos - com uso e sem pré-cultivo de *C. juncea*. O coeficiente de variância (CV%) foi elevado, 54,54%, e mostra que houve uma grande variação das médias e resultados, isso pode se dar pela característica do nematóide e seu padrão de distribuição no solo – distribuição irregular no terreno ou em reboleiras (Ferraz e Brown, 2016). Enquanto a Tabela 5 apresenta diferença estatística no número de galhas, na incidência de galhas e na e massa fresca aérea por planta de alface mostrando como o uso da crotalária juncea foi eficiente no manejo do nematóide na área.

Tabela 4. Análise de variância dos dados relativos ao efeito de pré-cultivo de *C. Juncea* sobre o número de galhas em raízes de alface, massa fresca da planta e incidência de plantas com galhas.

Fator de variação	GL	Quadrado Médio		
		Número de galhas/planta	Incidência de plantas com galhas	Massa fresca da cabeça
Tratamento	1	55.125000 *	296.461250	4117.327513
Bloco	3	4.791667	71.144583	776.797413
Erro	3	2.458333	11.661250	222.105746
CV (%) =		54.54	41.84	17.54

**significativo a 1% de probabilidade, *significativo a 5% de probabilidade, ns – Não significativo

Tabela 5. Efeito de pré-cultivo de *Crotalaria juncea* sobre o número de galhas em raízes de alface, incidência de plantas com galhas (%) e massa fresca aérea por planta de alface (g).

Tratamento	Número de galhas por planta	Incidência de plantas com galhas (%)	Massa fresca aérea por planta de alface (g)

Pré-cultivo <i>C. juncea</i>	0,25 b	2,07 b	107,64 a
Testemunha	5,50 a	14,25a	62,27b
CV%	54,5	41,8	17,54

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente de acordo com o Teste de Tukey ($P<0,05$).

O tratamento com pré-cultivo de *C. juncea* resultou na redução significativa da incidência de plantas com galhas, bem como do número de galhas por plantas indicando efeito positivo na redução da população e dos danos causados pelo nematóide. Como consequência do efeito no controle do nematóide bem como pela melhoria das condições de fertilidade do solo, o pré-cultivo resultou em aumento significativo do acúmulo de massa fresca das cabeças de alface (Tabela 5).

A baixa incidência da doença comparado ao histórico relatado pelo produtor e observado em maio de 2023, por ocasião da escolha da área experimental, deve-se provavelmente à rotação de culturas na área com brássicas no período do inverno de 2023, segundo Lewis e Papavizas (1971, *apud* Ferraz 2010) as brássicas possuem componentes químicos com potencial nematicida como compostos sulfurosos e glucosinolatos possuindo resultado promissor em biofumigação para controle de nematóides e sendo utilizada em rotação de cultura como não hospedeira (Santos; Abboud; Carmo, 2021). Outro fator que pode ter contribuído foram os elevados índices de chuva no mês de janeiro de 2023 (422 mm), o que resultou em encharcamento temporário do solo. A inundação ou condição anaeróbica do solo também é citada como uma prática para baixar a população de nematóides (Ferraz e Brown, 2016). A inundação foi um método cultural de controle preconizado em outros tempo, baseava-se no fato de que sob encharcamento prolongado (por dois ou mais meses) do solo, os fitonemátoides ocorrentes na área tratada morreriam pela falta de plantas hospedeiras, pelas condições anaeróbicas resultantes e pela formação de substâncias tóxicas a partir da decomposição da matéria orgânica presente (Ferraz e Brown, 2016).

O uso da *Crotalaria juncea* na área experimental teve como principal objetivo a redução da população de nematóides. No entanto, essa espécie também apresenta elevada eficiência na fixação biológica de nitrogênio (FBN), com uma média de 67%, conforme estudo realizado por Araújo *et al.* (2010). Esse valor está dentro da faixa usual para leguminosas, que varia entre 40% e 75% (Herridge *et al.*, 2008 *apud* Araújo *et al.*, 2010).

Além do efeito no controle de nematóides, a *C. juncea* tem seu potencial como adubo verde comprovado na cultura da alface. Sarmento *et al.* (2019) demonstraram que espécies leguminosas como feijão-caupi, feijão-guandu e *C. juncea* promovem produtividades de alface semelhantes às obtidas com adubação mineral. No presente ensaio, observou-se um efeito similar, com as plantas de alface cultivadas em sucessão à *C. juncea* apresentando uma média de 107 gramas de massa fresca, enquanto aquelas não cultivadas em sucessão à leguminosa tiveram média de 62,27 gramas, uma diferença estatisticamente significativa.

O processo de decomposição e a mineralização do nitrogênio proveniente da biomassa vegetal estão diretamente relacionados ao teor de N, à relação C/N, aos teores de lignina e polifenóis, bem como a fatores ambientais como clima, atividade microbiana e condições edáficas. Esses fatores podem ser modificados pelo sistema de manejo adotado, especialmente pela forma como a adubação verde é incorporada ao solo e pelo grau de revolvimento do solo (Vargas e Scholles, 2000 *apud* Diniz *et al.*, 2014). Dessa forma, nem todo o nitrogênio presente no adubo verde estará imediatamente disponível para a cultura subsequente.

Estudos sobre a decomposição e mineralização do nitrogênio da massa de *C. juncea* utilizada como cobertura morta do solo indicam que, após 35 dias de cultivo da alface, a matéria seca e o nitrogênio remanescente correspondem a 49,3% e 32,7% do total inicial, respectivamente

(Oliveira *et al.*, 2008 *apud* Diniz *et al.*, 2014). Além disso, Diniz *et al.* (2014) verificaram que o tempo médio para a mineralização de 50% do nitrogênio total foi de 9, 26 e 32 dias para doses de 3, 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde, respectivamente.

Considerando que a cultura da alface apresenta maior demanda de nitrogênio na fase final do ciclo (Goto *et al.*, 2001 *apud* Grangeiro *et al.*, 2006), a dose de 9 t ha⁻¹ mostrou-se ideal para sincronizar a mineralização do nitrogênio com a necessidade da planta. Dessa forma, os resultados do ensaio indicam que houve absorção do nitrogênio mineralizado pela cultura da alface, refletindo em maior produtividade. Além disso, a manutenção da palhada no solo pode ter contribuído para a conservação da umidade, favorecendo o desenvolvimento das plantas.

A partir destes resultados, tem-se uma eficiente técnica a ser utilizada na produção orgânica e agroecológica de hortaliças, porém observa-se dificuldade na adoção pelo tempo que se deve manter a *C. Juncea* em desenvolvimento na área visto que a área de olericulturas são áreas com manejo intensivo onde durante todo o ano ocorre sucessão de culturas e são áreas limitadas em tamanho pela necessidade de irrigação. Outro aspecto que o produtor identificou como difícil foi o acesso às sementes, que ainda não são disponíveis nos mercados locais e regionais. O produtor mostrou interesse em utilizar novamente a *C. Juncea*, mas pela limitação das sementes e de janela para plantio não o fez, mesmo observando diferença no trabalho e nas alfaces plantadas em sucessão após avaliação do ensaio, isso se deve à decomposição da matéria seca de adubo verde como observaram Diniz *et al.* (2014) o tempo médio para decomposição de 50% da matéria seca foi de 98; 102 e 120 dias nas doses de 3; 6 e 9 t ha⁻¹, respectivamente.

Considerando a massa média de cada cabeça de alface de 107,0 g e de 62,3 nas parcelas com e sem pré-cultivo com a *C. juncea*, respectivamente, e a densidade de 16 plantas por m², estima-se uma produtividade média de 17,12 t ha⁻¹ e de 9,963 t ha⁻¹ nos dois respectivos tratamentos. Em termos comerciais, considerando a unidade de alface comercializada a R\$1,50 pelo produtor com peso médio de 150 g o uso da sucessão com a crotalária representa um ganho de R\$ 71.570,00 por ha.

4.2. Ensaio 2: Desempenho de duas cultivares adubadas com cama de aviário e fino de carvão

O Ensaio 2 foi realizado tendo como base dois princípios de controle, a resistência genética e o aporte de matéria orgânica, a cama de aviário com diferentes doses de fino de carvão. Porém neste ensaio ocorreu o desenvolvimento de nematóides em uma taxa muito baixa, provavelmente pelos tratamentos e efeitos de precipitação já comentados anteriormente. Os fitonematoídes são passíveis de convivência, desde que se adote múltiplas práticas agrícolas descritas nesse trabalho como rotação de culturas, uso de matéria orgânica, adubação verde, plantas antagonistas e má hospedeiras, entre outras (Ferraz *et al.*, 2010). Devido aos resultados desse trabalho realizado junto ao produtor, neste ensaio 2 concentrou-se a abordagem no desenvolvimento das plantas. Nestas condições, não houve efeito de cultivar nem da interação cultivar x adubação. Houve apenas efeito simples de adubação (Tabela 6).

Tabela 6. Resultado da análise de variância dos dados de crescimento vegetativo das plantas, diâmetro e massa fresca das cabeças, e massa fresca de raiz de alface de duas cultivares adubadas com cama de aviário em combinação com o fino de carvão.

Fator de Variação	GL	Diâmetro (cm)	Quadrado médio	
			Massa Fresca (g)	
			Parte aérea	Raiz
Cultivar	1	0,7133	4491,2	29,2673
Bloco	3	7,6661	9691,3	8,7906

Erro a	3	18,6387	4064,6	14,5618
Adubação	3	31,2247*	8312,1*	20,6246*
Cultivar*Adubação	3	1,5662	2995,4	0,3022
Erro b	18	6,9885	1580,1	5,6805
Total	31			
CV 1 (%)		15,65	36,31	34
CV 2 (%)		9,58	22,64	21,24

**significativo a 1% de probabilidade, *significativo a 5% de probabilidade, ns – Não significativo

Nas condições de realização do presente ensaio ocorreu baixa incidência da doença, não houve diferenças entre as cultivares quanto ao desenvolvimento das plantas e respostas à adubação. Este resultado indica que a substituição da cultivar mais usada pela resistente poderia ser feita sem prejuízo à produção. A partir dos valores de mercado utilizados na compra das sementes da BRS Leila e da Vanda para realização do ensaio, teve-se é que a variedade BRS Leila que apresenta resistência aos nematóides-das-galhas (*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*) e resistência a alguns patótipos do vírus do mosaico da alface (*Lettuce mosaic virus*) é 51% mais cara que a variedade Vanda que possui apenas resistência ao LMV. Apesar da característica de resistência ao nematóide ser uma característica importante e representar uma estratégia prática e de baixo custo para o controle da doença, este custo adicional talvez possa representar um empecilho adicional para a sua adoção pelos agricultores. Infelizmente, nas condições de realização deste trabalho, não foi possível testar a sua eficiência no controle da doença e os ganhos em produção em virtude desta característica.

Seguindo as indicações dos respectivos fabricantes, o ciclo das duas cultivares são diferentes. Segundo informações disponíveis no site da Sakata (Sakata Seed Sudamerica - Hortaliças | Vanda, [s.d.]), a cultivar Vanda possui ciclo médio de 55 dias e segurança de plantio pela alta adaptação às condições tropicais de cultivo, podendo ser cultivada durante o ano todo e produção de cabeças com massa fresca de 300 a 600 g (informação do fabricante). A cultivar BRS Leila, é mais precoce, com ciclo que varia conforme região, em clima mais quente, o seu ciclo é de 35 dias e, em locais de clima mais ameno, de 45 dias (informação do fabricante). Esta cultivar pode produzir pés com peso variando entre 700 e 800 g. Estas informações, porém, não coincidem com o observado no presente experimento. As duas cultivares apresentaram ciclo semelhante, com colheita entre 40 e 55 DAP e produção similar (Tabela 7). Ainda, as cultivares responderam igualmente à adubação, haja vista a ausência de interação.

Tabela 7. Comparação entre a variedade Vanda e a BRS Leila em relação a diferentes adubações e sua resposta em diâmetro, com média da massa fresca da parte área e de raiz.

Adubação	Variedade	Diâmetro (cm)	Média Massa Fresca (g)	
			Parte aérea	Raiz
CAV 95 + FC 5%	Vanda	27,92	176,46	10,23
	BRS Leila	26,69	181,69	11,94
CAV 90 + FC 10%	Vanda	28,67	171,58	11,58
	BRS Leila	28,73	232,6	13,8
CAV 85 + FC 15%	Vanda	28,93	195,13	10,93
	BRS Leila	29,69	202,19	13
CAV 100%	Vanda	25,4	132,47	8,2
	BRS Leila	24,5	129,56	9,94

Houve, porém, efeito significativo de adubação (Tabela 6). A adição de fino de carvão, resultou em ganhos significativos médios de no mínimo 47 gramas por planta comparada à adubação com o composto simples (CAV). Os tratamentos foram superiores à testemunha constituída apenas por CAV, enquanto a adição de 15% de fino de carvão (CAV 85+FC15%), apesar de não ter diferido dos dois tratamentos anteriores, em relação ao diâmetro e massa fresca de raiz ele foi igual estatisticamente a CAV nessas duas avaliações e igual ao tratamento com 10 % de fino de carvão (CAV 90 + FC 10%) e a 5% de fino de carvão (CAV 95 + FC 5%) em relação a massa fresca de parte aérea que é de fato o produto comercial. Este melhor desempenho dos tratamentos CAV 90 + FC 10% e CAV 95 + FC 5% pode ser expresso tanto pelo maior acúmulo de massa fresca de raiz e parte aérea como pelo maior diâmetro.

A cultura da alface em seu ciclo completo por sua demanda em macronutrientes exporta em média 60 kg de N, 220 kg de P2O5 e 120 kg de K2O por hectare (Puiatti, 2019). Baseado nos resultados de análise de solo comparando o resultado do solo de antes do plantio e após o plantio, tem-se que a quantidade de nutrientes acrescentado foi o suficiente para o desenvolvimento da cultura e observa-se a construção da fertilidade do solo com o incremento de micro e macronutrientes, em especial nos compostos com adição de fino de carvão, como observado na Tabela 8.

Tabela 8. Dados da análise de fertilidade do solo após o plantio de alfaces adubadas com composto de CAV com diferentes porcentagens de adição de FC (0, 5, 10 e 15), das áreas no momento da colheita, 2024.

Descrição	pH H ₂ O	P	K	Zn	Fe	Mn	Cu	B	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	MO dag/kg	V %
		mg/dm	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
CAV 95 + FC 5%	5,3	38,8	116	5,2	44,1	9,8	0,2	0,45	603,2	97,25	8,09	7,1	23,7
CAV 90 + FC 10%	5,4	43,3	130	4,7	39,3	8,1	0,2	0,51	671,34	109,4	5,4	7,9	24,8
CAV 85 + FC 15%	5,4	43,3	128	6,1	36,9	8,4	0,3	0,51	639,28	106,97	5,4	7,5	23,7
CAV 100%	5,2	33,9	100	4,1	28,9	7,5	0,2	0,45	499	83,88	10,79	7,4	19,2

pH em água; P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Extrator Mehlich 1; Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol/L; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0; B - Extrator água quente; S - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético; Mat. Org. (MO) = C.Org x 1,724 – Walkley-Black; V = Índice de Saturação de Bases.

Tem-se portanto que a adição de fino de carvão na cama de frango nas porcentagens de 5 a 10 % resultou em aumento de massa fresca das cabeças de alface, sendo uma alternativa para otimizar a produção, além dos demais benefícios do uso do fino de carvão conforme apresentado por Graber e Elad (2013 *apud* Andrade e Puga, 2023) como capacidade de fornecimento de nutrientes e melhoria da nutrição das plantas, o que aumenta a resistência contra microrganismos patogênicos; modificações na biomassa e na comunidade microbiana do solo, que levam a uma proteção direta contra patógenos do solo, por meio de antibiose, competição por recursos ou parasitismo do microrganismo causador da doença; absorção de toxinas produzidas por microrganismos patogênicos presentes no solo pelo fino de carvão, proporcionando proteção à planta contra danos físicos causados pelos patógenos do solo e a indução de mecanismos de defesa sistêmicos das plantas.

Tabela 9. Efeito de adubação com cama de franco e diferentes concentrações de fino de carvão sobre diâmetro, massa fresca da parte aérea e de raiz da alface.

Adubação	Diâmetro (cm)	Massa Fresca (g)	
		Parte aérea	Raiz
CAV 95 + FC 5%	29,52 a	200,15 a	12,08 a
CAV 90 + FC 10%	28,54 a	195,43 a	12,62 a
CAV 85 + FC15%	27,29 ab	177,05 a	11,19 ab
CAV 100%	24,94 b	129,57 b	8,97 b
CV%			

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente de acordo com o Teste de Duncan ($P<0,05$).

Pensando na realidade da agricultura familiar e na otimização dos recursos, em especial na mão de obra, a aplicação do fino de carvão se dará junto a compostagem da cama de frango. Segundo Chung *et al.* (2021) a cama de frango compostada com adição de fino de carvão pode diminuir a perda de NH_3 , produzindo um composto de qualidade e rico em nutrientes. Neste trabalho os autores constataram a ausência de efeitos fitotóxicos no composto e observaram que o aumento das proporções de fino de carvão resultou em melhorias nas propriedades químicas e microbiológicas em até 10%.

Considerando a massa média de cada cabeça de alface de 190,87 g e de 129,57 g nas parcelas com e sem fino de carvão, respectivamente, e a densidade de 16 plantas por m^2 , estima-se uma produtividade média de 30,54 t ha^{-1} e de 20,731 t ha^{-1} nos dois respectivos tratamentos. Em termos comerciais, considerando a unidade de alface comercializada a R\$1,50 pelo produtor com peso médio de 150 gramas o uso da cama de frango com fino de carvão em qualquer porcentagem (5, 10 ou 15) representa um ganho de R\$ 98.090,00 por ha.

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho é possível concluir que:

- 1) O cultivo de alface em sucessão ao pré-cultivo e cobertura do solo com a palhada de *C. juncea*, contribui para o aumento do rendimento da cultura.
- 2) O pré-cultivo e cobertura do solo com a palhada de *C. juncea*, contribui para a redução da incidência de plantas com galhas e do número de galhas por planta, causadas por *M. javanica*.
- 3) O uso adequado do tradicional composto de cama de frango pode ter sua eficiência potencializada com a mistura de fino de carvão durante o processo de compostagem e, que melhores respostas foram obtidas com a adição de até 15% de fino de carvão, com ganhos, respondendo em maior massa fresca foliar, massa fresca de raiz e diâmetro de cabeça comparado ao composto de cama de frango sem adição.
- 4) A cultivar BRS Leila, resistente a *M. incognita* e *M. javanica* apresenta desempenho e produtividade e ciclo equivalentes ao da cultivar Vanda, tradicionalmente plantada na região, podendo ser uma opção complementar para redução das perdas pela doença.
- 5) A adoção de práticas aderentes aos princípios da agroecologia e agricultura orgânica podem levar à redução das perdas causadas por *M. javanica* e para o aumento da produtividade de alface na região de Rosário da Limeira-MG.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 4 edição 2004.120 p.
- ALVES, A. P. C. **Manejo integrado do nematóide-das-galhas na cultura da alface.** 50 f. Dissertação, (Mestrado em Agronomia) Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2020.
- ALVES, M. **Impactos da utilização de fino de carvão e extrato pirolenhoso na agricultura.** 2006. 87 f. Dissertação, (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP, 2006.
- ANDRADE, C. A.; PUGA, A. P.. Biocarvão: uso agrícola e ambiental. In: BETTIOL, Wagner *et al.* **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical.** Brasília, DF: Embrapa, 2023. 435-473 p.
- AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2^a Edição, 2012.
- ARAÚJO, E. S., *et. al.* **Balanço de nutriente em área de produção de sementes de crotalária juncea nas condições da Baixada Fluminense.** Boletim de Pesquisa 66. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2010. 14 p.
- BOHAN, D. A. *et al.* Networking Agroecology: Integrating the Diversity of Agroecosystem Interactions. In: **Advances in Ecological Research**, v. 49, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-420002-9.00001-9>. Acesso em: 21 de maio de 2024.
- BUENO, C. C. **Biochar: caracterização estrutural e interações com nutrientes e microorganismos pedológicos.** 2017. 158 f. Tese, (Doutorado) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” no Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba), Sorocaba, SP, 2017.
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo.** Piracicaba, SP: Esalq, 2^a edição, 2016. 221 p.
- CAMARGO, P. Fundamentos da transição agroecológica: racionalidade ecológica e campesinato. São Paulo: **Revista Agrária**, n. 7, 2007. 156-181p.
- CAPORAL, F.R. ; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios.** Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2007. 24 p.
- CAPORAL, F. R. **Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis.** Brasília:DF 2009, 30p.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. **Agroecologia: uma ciência do campo da complexidade.** Brasília, 2009.

CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematóides de galhas para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, 25, p. 35-44, 2001.

CARVALHO FILHO, J. L. S.; GOMES, L. A. A.; SILVA, R. R.; FERREIRA, S.; CARVALHO, R. R. C.; MALUF, W. R.. Parâmetros populacionais e correlação entre características da resistência a nematóides de galhas em alface. **Revista Brasileira De Ciências Agrárias**, 6(1),p. 46-51, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i1a819>. Acesso em: 14 de agos. 2023.

CHIDICHIMA, L. P. S. **Reação de plantas de cobertura a diferentes populações de *Meloidogyne javanica***. 58 f.Dissertação, (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2020.

CHUNG, W.J.; CHANG, S.W.; CHAUDHARY, D.K.; SHIN, J.; KIM, H.; KARMEGAM, N.; GOVARTHANAN, M.; CHANDRASEKARAN, M.; RAVINDRAN, B. Effect of biochar amendment on compost quality, gaseous emissions and pathogen reduction during in-vesse composting of chicken manure. **Chemosphere**, v. 283, p. 131-129, 2021.

CORREIA, K. C.; MICHEREFF, S. J. Fundamentos e desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos. In: LOPES, Ueder Pedro; MICHEREFF, Sami Jorge (org.). **Desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos**. Recife: EDUFRPE, 1ª Edição, 2018. p. 1-17

DE PAULA FILHO, A. C.. **Utilização de nematicidas biológicos para o controle de nematóide de galhas na cultura da alface**. 52 f. Dissertação, (Mestrado Profissional em Olericultura) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos, GO, 2021.

DINIZ, E. R.; VARGAS, T. O.; PEREIRA, W. D.; GUEDES, A. F.; SANTOS, R. H. S.; PETERNELLI, L. A. **Decomposição e mineralização do nitrogênio proveniente do adubo verde *Crotalaria juncea***. Científica, Jaboticabal, v. 42, n. 1, 2014. p. 51–59.

Embrapa Hortaliças. Alface BRS Leila. Portal Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/9100/alface-brs-leila>. Acesso em: 23 mar. 2025.

ESPÍNDOLA, J. A. A. *et al.* **Adubação verde com leguminosas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 49 p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia, v. 35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, P. S. **Plantas de cobertura no controle de *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica***. 56 f. Dissertação, (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2018.

FERRAZ, S. *et al.* **Manejo sustentável de fitonematoídes**. Viçosa: Editora da UFV, 1ª Edição, 2010. 304 p.

FERRAZ, L.C.C.B.; BROWN, D.J.F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Manaus: NORMA EDITORA, 2016. 251 p.

FRASCA, L. L. DE M. *et al.* Effect of bioagents and cover crops on soil attributes and common bean plant development. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 53, p. e76044, 2023.

FRIGHETTO, R. T.S.; VALARINI, P.J., **Coords. Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo:** manual técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 198 p.

GHINI, R.; BETTIOL, W. Proteção de Plantas na Agricultura Sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v.17, n.1, p.61-70, 2000. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8862/4988>. Acesso em 05 de jul. de 2023.

GHINI, R.. Capítulo 6: Supressividade de solos e fitopatógenos. In: MARQUES, João Fernando; SKORUPA, Ladislau Araújo; FERRAZ, José Maria Gusman (edit. Téc). **Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas**. EMBRAPA, 2003. p.211-227.

GONZÁLEZ-ESCOBEDO, R. *et al.* Rhizosphere bacterial and fungal communities of healthy and wilted pepper (*Capsicum annuum L.*) in an organic farming system. **Ciência Rural**, v. 53, n. 7, p. 1-14, 2023.

GRANGEIRO, L. C. *et al.* Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 190–194, 2006.

GUTERRES, C. W.; SOARES, E. F.; VEIGA, J. D.; MOREIRA, T. F.; ROHR, S. Manejo cultural de doenças. **Controle de doenças de plantas: dos princípios ao manejo**. Santa Maria, RS, p.70-91, 2024.

IBGE. Produção Agropecuária , 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/carvao-vegetal-silvicultura/mg>>. Acesso em: 18 abr. 2025.

LUCON, I.; RENÉE COSCIONE1, A.; ALBERTO, C. Finos de Carvão e Biocarvão de Casca de Eucalipto- Impacto Na Fertilidade De Solos Tropicais. **Anais:** Fertbio, Goiana-GO, 2016. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1068034/1/2016RA017.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2025.

LOBO JUNIOR, M.; MACEDO, R.; SANTOS-GOULART, P. F. Solos supressivos a doenças. **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 215-226.

MELO, T. A. DE ; SERRA, I. M. R. DE S.. Materiais vegetais aplicados ao manejo agroecológico de Meloidogyne incognita em tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 1, p. 97–103, jan. 2019.

MOURA, C. M. **Atributos químicos do solo e rendimento de cultivos em experimento de longa duração cultivado com níveis de calcário e de cama de aviário aplicados em superfície.** 62 f. Dissertação, (Mestrado em Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2022.

NOVAIS, J. M. P. **Controle alternativo com biocarvão para supressão do nematóide-das-galhas.** 151f. Tese, (Doutorado em Agricultura Tropical) Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Zootecnia, Cuiabá, MT, 2022.

PETTER, F. A.; LIMA, L. B.; MORALES, M. M.; JÚNIOR, B. H. M.; L. A. MORAIS. Biocarvão no solo: aspectos agronômicos e ambientais. **Anais** do Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável. International Conference on Sustainable Agriculture. Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento sustentável das novas fronteiras agrícolas, 2016. p. 73-81.

PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, R. B.; CARVALHO, A. D. F.; RODIGUES, C. S.; SUINAGA, F. A.. **Manejo de nematóides na cultura da alface**. Brasília: Embrapa Circular Técnica, 2013.

PRIMAVESI, Ana. **Agroecologia: ecosfera, tecnosfera e agricultura**. São Paulo: Nobel, 1997. 199 p.

PUIATTI, M. **A arte de cultivar hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, CEAD, 2019. (Série Conhecimento, n. 40). Disponível em: <https://serieconhecimento.ceed.ufv.br/wp-content/uploads/2020/03/Olericultura-download.pdf>. Acesso em: 13 de abril de 2025.

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M.. Manejo Integrado de Nematóides na Cultura da Bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 2, p. 331-338, Agosto 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200041>. Acesso em: 09 de ago. de 2023.

ROSA, T. E. A. **Nematicidas associados à cama de frango no controle de nematóides na soja e milho safrinha**. 28f. Dissertação, (Mestrado em Proteção de Plantas) Instituto Federal Goiano, Campus Urutáí, Urutáí, GO, 2020.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da Classificação de Köppen para o Zoneamento Climático do Estado de Minas Gerais**. 101 f. Dissertação, (Mestrado em Engenharia Agrícola: Engenharia de Água e Solo) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.

Sakata Seed Sudamerica - Hortalícias | Vanda. Disponível em: <<https://www.sakata.com.br/hortalicas/folhosas/alface/crespa/vanda>>. Acesso em 23 de março de 2025.

SANTOS, C. A.; ABBOUD, A. C. S.; CARMO, M. G. F. Biofumigação com espécies da família *Brassicaceae*: uma revisão. **Ciência Rural**, v. 51, n. 1, pág. e20200440, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr2020040>. Acesso em 16 mar. 2025.

SARMENTO, J. A.; SANTOS, J.F.; COSTA, C.C.; BOMFIM, M.P. Performance agronômica da alface submetida à adubação verde com diferentes espécies leguminosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v. 23, n. 2, p. 114–118, 2019.

SALDANHA, C. F.; RIBEIRO, K. D. Eficácia do composto de cama de frango como adubo orgânico no cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) em ambiente protegido. **Periódico da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, MG, v. 5, n. 1, 2021.

SILVA, C. A.; CERRI, C. E. P.; ANDRADE, C. A.; MARTIN-NETO, L.; BETTIOL, W. Matéria orgânica do solo: ciclo, compartimentos e funções. In: BETTIOL, W.; SILVA, C. A.; CERRI, C. E. P.; MARTIN-NETO, L.; ANDRADE, C. A. (Eds.). **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. p. 17-47.

SUJII, E. R.; PIRES, C. S. S.; FONTES, E. M. G.; HARTERREITEN-SOUZA, E. S.; FARIA, M. R. Relações ecológicas no controle biológico. **Controle biológico de pragas da agricultura.** Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 45-62.

TRINDADE-SANTOS, M. E.; CASTRO, M. S. Manejo ecológico de solo: chave para o processo de transição agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 1, p. 12-12, 2021.

TELLES, G. C.; SANTOS, N. M. G. L.; FREITAS, D. B.; BERBARA, R. L. L.; FREIRE, L. R. Componentes da Acidez do Solo e População de Nematóides em Área Cultivada com Adubos Verdes. **Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Solos**, Natal, RN. 2015. Disponível em: <https://eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/2242.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2025.

UZEDA, M. C. **Manejo da Biodiversidade Agrícola**. Apostila. 2018.

YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. Nutrição e adubação da cultura da alface. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2016. cap. 21.p.559-577.

7- ANEXOS

Anexo A

Croqui do Ensaio 1- Avaliação do efeito do pré-cultivo de *Crotalaria juncea*.

-----36 m-----

----- 9 m -----							
Bloco 1		Bloco 2		Bloco 3		Bloco 4	
---- 4,5 m----	---- 4,5 m----						
Crot	Test	Crot	Test	Crot	Test	Crot	Test
---- 4,5 m----	---- 4,5 m----						
Vanda	Vanda	Vanda	Vanda	Vanda	Vanda	Vanda	Vanda

Crot
Crotalaria Juncea

Test
Testemunha

Anexo B

Croqui do Ensaio 2-Avaliação de duas cultivares e adubaçāo com cama de aviário e fino de carvāo.

-----32 m-----

----- 8 m -----				----- 8m -----				----- 8 m -----				----- 8 m -----			
Bloco 1				Bloco 2				Bloco 3				Bloco 4			
2 m-	2 m-	2 m-	2 m-	2 m-	2 m-	2 m-	2 m-	2 m-	2 m-	2 m-	2 m-	2 m-	2 m-	2 m-	2 m-
Cama de frango	Cama de frango+ B5%	Cama de frango+ B15%	Cama de frango+ B10%	Cama de frango+ B10%	Cama de frango+ B15%	Cama de frango+ B5%	Cama de frango	Cama de frango+ B15%	Cama de frango	Cama de frango+ B5%	Cama de frango+ B10%	Cama de frango+ B10%	Cama de frango+ B15%	Cama de frango	Cama de frango+ B5%
2m	2m														
V L V L V L V L V L V L V L V L V L V L V L V L V L V L	V L V L V L V L V L V L V L V L V L V L V L V L V L														

V- Vanda
L- BRS Leila