

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**AGRICULTURA ORGÂNICA**

**DISSERTAÇÃO**

***Diodia saponariifolia* (Cham. & Schltl.) K.Schum, planta de  
cobertura espontânea do solo sob o cultivo orgânico de milho na  
agricultura familiar**

**Anastácia Perci Campos de Almeida**

**2021**



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

***Diodia saponariifolia* (Cham. & Schldl.) K.Schum,  
planta de cobertura espontânea do solo sob o cultivo  
orgânico de milho na agricultura familiar**

**ANASTÁCIA PERCI CAMPOS DE ALMEIDA**

*Sob a Orientação da Dra.*  
**Mariella Camardelli Uzêda**

*E a Co-orientação do Dr.*  
**Orivaldo José Saggin Júnior**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do título de **Mestra em Agricultura Orgânica** no Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

Seropédica, RJ  
Agosto de  
2021

A447d

ALMEIDA, Anastácia Perci Campos de , 1986-  
Diodia saponariifolia (Cham. & Schltdl.) K.Schum,  
planta de cobertura espontânea do solo sob o cultivo  
orgânico de milho na agricultura familiar / Anastácia  
Perci Campos de ALMEIDA. - Rio de Janeiro, 2021.  
59 f.

Orientadora: Mariella Camardelli UZÊDA.  
Coorientador: Orivaldo José SAGGIN JÚNIOR.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em  
Agricultura Orgânica, 2021.

1. Cobertura do solo. 2. Fungos micorrízicos  
arbusculares. 3. Agrobiodiversidade. 4. Sistema horta  
floresta. I. UZÊDA, Mariella Camardelli, 1968-,  
orient. II. SAGGIN JÚNIOR, Orivaldo José , 1964-,  
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Agricultura  
Orgânica. IV. Título.

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

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**

**ANASTÁCIA PERCI CAMPOS DE ALMEIDA**

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

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/09/21

**Conforme deliberação número 001/2020 da PROPPG, de 30/06/2020**, tendo em vista a implementação de trabalho remoto e durante a vigência do período de suspensão das atividades acadêmicas presenciais, em virtude das medidas adotadas para reduzir a propagação da pandemia de Covid-19, nas versões finais das teses e dissertações as assinaturas originais dos membros da banca examinadora poderão ser substituídas por documento(s) com assinaturas eletrônicas. Estas devem ser feitas na própria folha de assinaturas, através do SIPAC, ou do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) e neste caso a folha com a assinatura deve constar como anexo ao final da tese / dissertação.

---

Mariella Camardelli Uzêda Dra. Embrapa  
Agrobiologia (Orientadora)

---

Eliane Maria Ribeiro da Silva  
Ph.D. Embrapa Agrobiologia

---

Marco Aurélio Carbone Carneiro  
Dr. UFLA



Emitido em 20/09/2021

DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS Nº 16341/2021 - PPGA0 (12.28.01.00.00.36)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 09/12/2021 14:27)

MARCO AURÉLIO CARBONE CARNEIRO

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 093.852.608-12

(Assinado digitalmente em 10/12/2021 11:01 )

ELIANE MARIA RIBEIRO DA SILVA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 511.084.027-04

(Assinado digitalmente em 09/12/2021 14:45 )

MARIELLA CAMARDELLI UZÊDA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 465.566.305-78

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: **16341**, ano: **2021**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS**, data de emissão: **09/12/2021** e o código de verificação: **64838aa2d0**

Dedico,

Aos Ancestrais,

Da Terra. Do Sol. D' Água. Do Ar. Da Alma. Do Amor. Da União. Da Vida.

## AGRADECIMENTOS

Gratidão à minha mãe, Dayse Lúcia, e ao meu pai, Pedro Luís, pela germinação da minha vida e por todo apoio e incentivo nos meus estudos. Eternamente Grata.

Gratidão aos meus irmãos, Alessandra e Marcius, pelos incentivos e pela confiança em mim. Gratidão aos meus amados sobrinhos, Vinícius e Henrique, sempre presentes nos meus abraços.

Gratidão as minhas tias, tios, primos, primas pelas palavras de motivação e conforto emocional. Gratidão em especial ao Jorge Ricardo, Alisson Braun e Paulo Rodrigues. Foram essenciais no fortalecimento, na união familiar e no ensinamento da vida.

Gratidão a minha amorosa e saudosa Aracy Almeida, minha mestre do amor e da felicidade. Gratidão a Maria Campos pela generosidade sempre. Gratidão ao Américo Campos pela resiliência de vida.

Gratíssima pelos caminhos da amizade com vocês me sinto mais forte, Amanda, Gisele, Renan, Caroll, Illa, Thiago, Marina, Jesus, Álvaro, Daniel, Bruna, Marinete, Julia, Sarah, Cláudia, Alda, Juliana, Anderson, Carlos, José, Priscila, Kelvin, Larissa, Débora, Vitória, Nathalia e com certeza há mais amizades pelos caminhos...

Gratidão ao Pesquisador José Guilherme Marinho Guerra pelas orientações e amizade.

Gratidão a Pesquisadora Mariella Camardelli Úzeda por todos os ensinamentos de vida... e por me apresentar a percepção científica quanto à valorização da agricultura familiar.

Gratidão a Liliane e ao Fernando pela base nos estudos da *Diodia Saponariifolia*.

Gratidão ao Agricultor Ernane e família pela hospitalidade em seu sítio e pela dedicação ao cultivo de alimentos agroecológicos.

Gratidão ao LEPA pelas reuniões de embasamento científico, Joana, Luane, Julia, Yan, Nathalia, Rita...

Gratidão à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, à Embrapa Agrobiologia e à Pesagro Rio. Gratidão em especial aos professores e gestores do PPGAIO.

Gratidão ao querido Itamar pela companhia e sagacidade no campo. Grata ao querido Pablo nas identificações botânicas no campo. Gratidão ao Orivaldo Saggin Júnior e Maria Eliane Ribeiro da Silva pela instrumentalização laboratorial e apoio técnico.

Gratidão à minha amada Turma PPGAIO 2019. Augusto, Bruno, Cleber, Conrado, Érica, Evandro, Gabriel, João, José André, José Felipe, José Osman, Leandro, Marília, Priscila Valente, Priscila Ricci, Priscilla Ruella, Sueny. Sem vocês nada disto seria possível. Gratidão pela União e pelo fortalecimento.

Gratidão ao Mestre Igor, pelo incentivo na Capoeira, e ao Mestre Teco, pela energia reikiana maravilhosa.

Gratidão a todas as crianças!!!

Gratidão ao povo do Axé LCJO! Família Astral, Ancestral e Terrena!

Gratíssima aos Agricultores Familiares Orgânicos e Agroecológicos, com vocês é possível acreditar na produção de alimentos com vida!!! E gratidão aos agricultores de forma geral, sem alimentos é difícil nutrir a humanidade.

Gratidão ao Alojamento da Pós-Graduação da UFRRJ e às guerreiras dos círculos da convivência. Amor e Prosperidade a todas.

Gratidão ao Município de Seropédica e toda a comunidade da Baixada Fluminense!!!

Gratidão à gloriosa Mãe Terra, em especial a esta plantinha "*D. Saponariifolia*", a qual me proporcionou o desenvolvimento desse estudo. Gratidão ao Solo e aos Fungos Micorrízicos!!!



## BIOGRAFIA

No tarde do dia 31 de março de 1986 saía do ventre Anastácia Perci Campos de Almeida, na Baixada Fluminense, em Belford Roxo/RJ. Quando criança teve muito contato com a natureza, deste modo, observara o comportamento das espécies, quando ficava admirando os peixinhos no rio e no mar, os passarinhos, os besouros, as moscas, as formigas, as minhocas, as lagartas e hora que apareciam as temerosas lacraias..., tinha pavor... As mudanças de cores dos camaleões nas pedras dos barrancos das construções, nossa!!! como admirara..., e as dormideiras? Percebera que acordavam em todas as feiras. Os saltos dos micos, dos gatos, as voadoras baratas (...risos...) e se perguntara infinitas vezes: “o que estas espécies pensavam sobre como a humanidade se relacionava com as mesmas?” Por este caminho, surgiu a opção de estudar algo que contempla-se a relação humana com a Terra. Como principal meta: a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Primeira opção de curso: Engenharia Florestal; segunda opção: Agronomia. Deu Agronomia na Rural! Em 2018, tornou-se Engenheira Agrônoma. Em 2019, ingressou no curso de mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação da Agricultura Orgânica, uma Parceria da UFRRJ, EMBRAPA e PESAGRO. E mesmo sem estar formada no PPGA, foi aprovada no PGCA-CS, onde? Na UFRRJ!!! Mãe, UFRRJ, Anastácia continua seguindo na sua estrada de pesquisa, junto da valorosa fé.

ALMEIDA, Anastácia Perci Campos de. *Diodia saponariifolia* (Cham. & Schltdl.) K.Schum, planta de cobertura espontânea do solo sob o cultivo orgânico de milho na agricultura familiar. 2021. 45p . Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2021.

## RESUMO

As plantas de cobertura não somente oferecem benefícios para a conservação como também possuem o papel relevante de beneficiar os sistemas de cultivo quanto à melhoria da fertilidade do solo. Com isto, este estudo se faz pertinente na exploração da diversidade funcional que as plantas de cobertura viva espontâneas “groundcover” oferecem ao agroecossistema. O experimento foi desenvolvido em um sistema orgânico do tipo horta-floresta sobre Latossolo Amarelo, no Assentamento São José da Boa Morte (Cachoeiras de Macacu/RJ), no qual a emergência espontânea de uma planta de cobertura viva do solo, a espécie *D. saponariifolia* (DS), tornou se um instrumento de pesquisa sobre a valorização do saber e da biodiversidade local. Para isto fez-se necessário a demarcação dos tratamentos *in situ*, de acordo com a ocorrência da DS ao longo do sistema horta-floresta. Desta forma foram delimitados dois tratamentos: (I) - a DS como cobertura viva espontânea (CVE) sob o cultivo do milho (CD) e (II) a ausência da mesma sob o cultivo do milho (SD). O objetivo geral deste trabalho foi contribuir com a avaliação das diversidades funcionais que a espécie *Diodia saponariifolia* como CVE possa vir a oferecer ao sistema de cultivo. Para isto foram avaliadas: a fertilidade do solo; a contribuição da DS na nutrição e produtividade do Milho, assim como a interação como a comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). Neste estudo se encontra o primeiro relato da simbiose micorrízica entre a DS e os FMAs. A DS se apresentou como uma boa hospedeira dos FMAs, promovendo uma esporulação de até 172 esporos por 50 cm<sup>3</sup> de solo, onde o tratamento com a CVE resultou em maior número de esporos no solo. A DS quanto via simbiótica juntos aos FMAs influenciou no acúmulo de nutrientes, tais como N, P, K, e também carbono e pH do solo. De forma geral a DS em relação mutualista com os FMAs apoiou o provimento de nutrientes para o cultivo do milho, não afetando a produtividade do cultivo orgânico.

**Palavras-chave:** *Zea mays*. Fungos micorrízicos arbusculares. Agrobiodiversidade. Sistema horta-floresta.

ALMEIDA, Anastácia Perci Campos de. *Diodia saponariifolia* (Cham. & Schltdl.) K.Schum, spontaneous ground cover plant for organic maize cultivation in family farming. 2021. 45p. Dissertation (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2021.

### ABSTRACT

Cover plants can offer benefits for soil conservation and play a crucial role in benefiting cropping systems improving soil fertility. This study is relevant in the exploration of the functional diversity that the “groundcover” spontaneous live cover plants offer to the agroecosystem. The experiment was carried out in an organic garden-forest system on an Oxisol, in the São José da Boa Morte (Cachoeiras de Macacu/RJ), in which the spontaneous emergence of a live ground cover plant, species *Diodia saponariifolia* (DS), has become a research instrument on the enhancement of knowledge and local biodiversity. It was necessary to demarcate the treatments in situ, according to the occurrence of DS throughout the garden-forest system. Two treatments were delimited: (I) - DS as spontaneous live cover (CVE) under corn cultivation (CD) and (II) its absence under corn cultivation (SD). The general objective of this work was to contribute to the evaluation of the functional diversities that *Diodia saponariifolia* as CVE may offer to the cropping system. For this, the following were evaluated: soil fertility; the contribution of DS in the nutrition and productivity of corn, as well as the interaction with the community of arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs). Our results showed the first report of mycorrhizal symbiosis between SD and AMFs. DS presented itself as a good host of AMFs, promoting sporulation of up to 172 spores per 50 cm<sup>3</sup> of soil, where the treatment with CVE resulted in a greater number of spores in the soil. The DS and symbiotic pathway together with the AMFs influenced the accumulation of nutrients, such as N, P, K, as well as carbon and soil pH. Altogether, the DS in a mutualist relationship with the AMFs supported the provision of nutrients for the cultivation of corn, not affecting the productivity of organic cultivation.

**Keywords:** *Zea mays*. Arbuscular mycorrhizal fungi; Agrobiodiversity; Forest gardening system.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** *Diodia saponariifolia*. A, ramos com folhas e raízes nos nós; B, bainha interpeciolar; C, D, flores axilares com orientação diferente; E, corola com uma seção longitudinal e um ovário; F, frutos expostos na axila de um nó e algumas raízes; G, sementes em vista ventral e dorsal (PÉREZ; HERNÁNDEZ, 2011).....21
- Figura 2.** Esquema representativo do estado do Rio de Janeiro, Bacia Guapi-Macacu e o assentamento São José da Boa Morte, Cachoeiras de Macacu/RJ. Adaptado de Uzêda *et al.*, (2016).....26
- Figura 3.** Imagem da área da unidade produtiva do estudo exploratório em São José da Boa morte em Cahoeiras de Macacu-RJ. Área Total: 3.24ha (vermelha); Área Horta-floresta (amarela): 1ha; Área das amostragens: 0,0312ha (verde).....27
- Figura 4.** Croqui da amostragem em ambos tratamentos (CD e SD), apresentando a identificação e disposição das parcelas *in situ*. Área de cada tratamento: 26 m<sup>2</sup>.....28
- Figura 5.** Amostragem das coletas dos torrões (20cmx20cmx20cm) em ambos tratamentos. TCD: Torrão com *D. saponariifolia*. TSD: Torrão sem *D. saponariifolia*. apresentando coleta das plantas de milho nas parcelas e dos torrões entre plantas.....29
- Figura 6.** Imagens da colonização micorrízica ampliada entre a raiz da *Diodia saponariifolia* e os fungos micorrízicos arbusculares, representadas pelas estruturas das hifas intercelulares presentes nos compartimentos anatômicos radiculares, analisado microscopicamente em 20 µm.....32
- Figura 7.** Número de esporos e colonização micorrízica (%) sob os diferentes tratamentos: CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. As barras pretas em linhas verticais representam a mediana dos valores encontrados; a letra (p) está representando o valor da diferença entre as medianas (*p value*) sob o teste da ANOVA em 5% de significância. Letras iguais representam a não significância na diferença entre as medianas e as que diferem entre si apresentam diferenças significativas nas medianas encontradas.....33
- Figura 8.** Número de esporos nas diferentes amostragens dos torrões, solo sob a *Diodia saponariifolia* (TCD) e ausência de *Diodia saponariifolia* (TSD). As barras pretas em linhas verticais representam a mediana dos valores encontrados; a letra (p) está representando o valor da diferença entre as medianas (*p value*) sob o teste da ANOVA em 5% de significância. Letras iguais representam a não significância na diferença entre as medianas e as que diferem entre si apresentam diferenças significativas nas medianas encontradas.....34
- Figura 9.** Resultados da fertilidade do solo na profundidade dentre 0 a 5 cm sob os diferentes tratamentos: CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. Sendo: Teor de Carbono (%) – A; Teor de Alumínio (cmolc/d) – B; Teor de Cálcio (cmolc/d) – C; Teor de H+Al (cmolc/d) – D; Teor de Potássio (mg/L) – E; Teor de Magnésio (cmolc/d) – F; Teor de Nitrogênio (%) – G; Teor de fósforo (mg/L) – H; Valor de pH (adimensional) – I. Teores dos nutrientes são referentes do solo nos diferentes tratamentos, milho sob a presença de *Diodia saponariifolia* (CD) e milho sob a ausência da *Diodia saponariifolia* (SD). As barras pretas em linhas verticais representam a mediana dos valores encontrados; a letra (p) está representando o valor da diferença entre as medianas (*p value*) sob o teste da ANOVA em 5%

de significância. Letras iguais representam a não significância na diferença entre as medianas e as que diferem entre si apresentam diferenças significativas nas medianas encontradas.....35

**Figura 10.** Resultados da fertilidade do solo na profundidade dentre 5 a 10 cm sob os diferentes tratamentos: CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. Sendo: Teor de Carbono (%) – A; Teor de Alumínio (cmolc/d) – B; Teor de Cálcio (cmolc/d) – C; Teor de H+Al (cmolc/d) – D; Teor de Potássio (mg/L) – E; Teor de Magnésio (cmolc/d) – F; Teor de Nitrogênio (%) – G; Teor de fósforo (mg/L) – H; Valor de pH (adimensional) – I. Teores dos nutrientes são referentes do solo nos diferentes tratamentos, milho sob a presença de *Diodia saponariifolia* (CD) e milho sob a ausência da *Diodia saponariifolia* (SD). As barras pretas em linhas verticais representam a mediana dos valores encontrados; a letra (p) está representando o valor da diferença entre as medianas (*p value*) sob o teste da ANOVA em 5% de significância. Letras iguais representam a não significância na diferença entre as medianas e as que diferem entre si apresentam diferenças significativas nas medianas encontradas.....36

**Figura 11.** Peso da massa seca em grama (13A) e número de grãos por espiga (13B) do milho sob os diferentes tratamentos, CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. As barras pretas em linhas verticais representam a mediana dos valores encontrados; a letra (p) está representando o valor da diferença entre as medianas (*p value*) sob o teste da ANOVA em 5% de significância. Letras iguais representam a não significância na diferença entre as medianas e as que diferem entre si apresentam diferenças significativas nas medianas encontradas.....38

**Figura 12.** Teores de Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg) e Fósforo (P) em g/Kg na amostra de biomassa da parte aérea do milho (A) e grãos (B) sob os diferentes tratamentos, CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. As barras pretas em linhas verticais representam a mediana dos valores encontrados; a letra (p) está representando o valor da diferença entre as medianas (*p value*) sob o teste da ANOVA em 5% de significância. Letras iguais representam a não significância na diferença entre as medianas e as que diferem entre si apresentam diferenças significativas nas medianas encontradas.....39

**Figura 13.** Teor de Carbono no tecido aéreo (A); Teor de Carbono no tecido dos grãos (B); Teor de Nitrogênio no tecido aéreo (C); Teor de Nitrogênio no tecido dos grãos (D); Relação Carbono e Nitrogênio no tecido aéreo (E) e Relação Carbono e Nitrogênio no tecido aéreo (F). Sob os diferentes tratamentos: CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. As barras pretas em linhas verticais representam a mediana dos valores encontrados; a letra (p) está representando o valor da diferença entre as medianas (*p value*) sob o teste da ANOVA em 5% de significância. Letras iguais representam a não significância na diferença entre as medianas e as que diferem entre si apresentam diferenças significativas nas medianas encontradas.....40

**Figura 14.** Frequência de Ocorrência das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares encontrados no tratamento do cultivo do milho com a *Diodia saponariifolia* (CD).....41

**Figura 15.** Frequência de Ocorrência das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares encontrados no tratamento do cultivo do milho sem a *Diodia saponariifolia* (SD).....42

**Figura 16.** Frequência de Ocorrência das espécies de fungos micorrízicos arbusculares encontrados nas amostras de solo da *D. saponariifolia* (TCD).....42

**Figura 17.** Frequência de Ocorrência das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares encontrados nas amostras de solo sem a cobertura viva de *D. saponariifolia* e o Milho (TSD).....43

**Figura 18.** Ocorrência das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares encontrada nos diferentes estratos amostrais: milho com *Diodia saponariifolia* - DS (CD); milho sem a *Diodia saponariifolia* (SD); somente amostra de *Diodia saponariifolia* (TCD); e amostra sem o milho e sem a *Diodia saponariifolia* (TSD) e número de repetições (N) de cada estrato amostral.....44

**Figura 19.** Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) quanto das espécies de FMAs encontrada nos tratamentos com *D. saponariifolia* (CD) sem *D. saponariifolia* (SD) sob a distância de Jaccard, a qual está representada pelas setas azuis, onde quanto maior o comprimento da mesma mais representativa é a ocorrência da espécie sob os tratamentos. Onde Gigsp significa *Gigaspora sp.*; Clame, *Glomus lamellosum*; Gmult, *Glomus multicaule*; Gclav, *Glomus clavisporum*; Rmicro, *Rhizoglosum microaggregatum*. Os resultados foram submetidos à ANOVA.....45

**Figura 20.** Representação gráfica biplot da análise canônica de coordenadas principais (CAP) usando a distância de jaccard para avaliar similaridades entre as variáveis ambientais do solo: potássio (K); fósforo (P); carbono (C); cálcio (Ca) e a ocorrência de espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) sob os diferentes tratamentos, cultivo do milho com a *Diodia saponariifolia* (CD) e cultivo do milho sob a ausência da *Diodia saponariifolia* (SD). Onde, Gigsp significa *Gigaspora sp.*; Glame, *Glomus lamellosum*; Gmul, *Glomus multicaule*; Gclav, *Glomus clavisporum*; Gmicro, *Glomus microaggregatum*. As siglas Amell de *Acaulospora mellea* e Ggeo de *Glomus geosporum* ficaram sobrepostas no gráfico. Quanto maior o comprimento das setas azuis mais representativas é a correlação entre as variáveis dos nutrientes e da espécie de FMAs. Os resultados foram submetidos à ANOVA em 5% de significância, exceto para o cálcio a 1%.....46

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	2
2.1 Agrobiodiversidade e a Agricultura Familiar .....	2
2.2 Os tipos de coberturas do solo sob o sistema de cultivo .....	3
2.2.1 Plantas de cobertura “cover crop” .....	3
2.2.2 Planta de cobertura “groundcover” .....	4
2.3 <i>Diodia saponariifolia</i> (Cham. & Schltl.) K.Schum.....	5
2.4 As plantas de cobertura do solo e a diversidade funcional para o sistema de cultivo.....	7
2.5 As plantas de coberturas do solo e os fungos micorrízicos arbusculares .....	9
2.6 Os fungos micorrízicos e a disponibilidade de nutrientes para as plantas cultivadas.....	10
3 OBJETIVO GERAL.....	11
3.1 Objetivos específicos .....	11
4 METODOLOGIA.....	12
4.1 Caracterização da Área Geral .....	12
4.2 Caracterização da Horta-floresta .....	13
4.3 <i>Diodia saponariifolia</i> na Horta-floresta .....	14
4.4 Delineamento e Amostragem dos Tratamentos <i>In situ</i> .....	14
4.5 Análises da fertilidade do solo, de nutrientes no tecido do milho, de produtividade e biomassa vegetal.....	16
4.6 Avaliação da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares .....	17
4.7 Análises Estatísticas .....	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
5.1 <i>Diodia saponariifolia</i> e a simbiose com os FMAs .....	18
5.2 <i>Diodia saponariifolia</i> e os esporos de FMAs.....	19
5.3 Efeito da <i>D. saponariifolia</i> em simbiose com FMAs na Fertilidade do solo .....	21
5.4 <i>Diodia saponariifolia</i> sob o cultivo do milho.....	24
5.5 <i>Diodia saponariifolia</i> e a ocorrência de espécies FMAs.....	27
6 CONCLUSÃO.....	34
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	34
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35

## 1. INTRODUÇÃO

Os solos abrigam cerca de 25% da biodiversidade do planeta Terra (FAO). Não obstante, a prática da agricultura é uma das principais ações antrópicas que contribuem para a erosão da diversidade biológica (DE SOUZA; LEITE; MEDEIROS, 2021). Desta forma, PRIMAVESI (1987) destaca o manejo ecológico do solo como uma das práticas essenciais para uma agricultura conservacionista.

Como parte do manejo ecológico do solo, LAMAS (2017) afirma que as plantas de cobertura do solo funcionam como uma biomassa protetora do substrato terrestre. No entanto, as plantas de cobertura do solo representam uma oportunidade do aumento da diversidade funcional para os sistemas de cultivo, tais como, a melhoria da fertilidade (SCHIPANSKI *et al.*, 2014); a atração de inimigos naturais (TSCHARNTKE *et al.*, 2005); estímulo à agrobiodiversidade associada (TREADWELL *et al.*, 2010) e a promoção da resiliência ao agroecossistema (SÁENZ-ROMO *et al.*, 2019).

Recentemente, ORTAS e YUCEL (2020), ressaltaram que as plantas de coberturas perenes associadas aos fungos micorrízicos contribuem com a reciclagem de nutrientes, apresentando correlação positiva com o rendimento agrícola. Por sua vez, a simbiose entre os pêlos radiculares dos vegetais e as hifas dos fungos micorrízicos do solo é uma adaptação ancestral das plantas ao meio terrestre de forma sutilmente onipresente (BONFANTE E GENRE, 2008).

Diante de tal relevância, encontraram-se os estudos agronômicos de uma macrófita heliófila, que ocorre espontaneamente em beiras de rios, praias, lagos, lagoas e encosta de matas, a *Diodia saponariifolia* (CABRAL; SALAS, 2015). As pesquisas avançaram através da observação de um agricultor familiar sobre a presença espontânea da *D. saponariifolia* como cobertura perene do solo no sistema de cultivo orgânico, e que supostamente, estaria agindo como controle de outras plantas espontâneas competidoras no sistema de cultivo (UZÊDA *et al.* 2012)

Por conseguinte, FERREIRA (2016) constatou a percepção do agricultor sobre o potencial funcional da *D. saponariifolia* e avaliou a sua ação no controle de plantas daninhas no sistema de cultivo; em complemento, ROCHA (2017) afirmou a potencialidade da espécie como cobertura perene aplicada ao sistema de cultivo.

O objetivo geral deste trabalho foi apresentar e avaliar as funções que *D. saponariifolia* apresenta como cobertura perene quanto à biodiversidade do agroecossistema e os benefícios para o manejo ecológico do solo. Em específico, se a cobertura perene do solo apresentou



interação simbiótica com os fungos micorrízicos e os efeitos da relação mutualista para a fertilidade do solo e para o cultivo de milho.

Considerado isto, o trabalho teve as seguintes hipóteses: 1) *Diodia saponariifolia*, como planta de cobertura perene do solo, contribui com a fertilidade do solo através da simbiose com os fungos micorrízicos arbusculares; 2) A cobertura de *Diodia saponariifolia* tem efeito positivo sobre o cultivo do milho.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Agrobiodiversidade e a Agricultura Familiar**

LOWER et al. (2016) afirmam que a agricultura familiar ocupa 75% de todas as fazendas do mundo. MARTINS et al. (2016) destacam a agrobiodiversidade como estratégia de agricultores familiares para manterem as organizações e interações sociais. Desta forma, a diversidade de culturas é um componente da agrobiodiversidade que desempenha um papel fundamental para os agricultores familiares.

A produção diversificada diminui a dependência do agricultor por insumos externos quando ajuda a manter a diversidade biológica no agroecossistema (ALFAIA et al. 2018). Por conseguinte, a diversificação de plantas é uma estratégia para a manutenção dos sistemas de cultivo sustentáveis (MARTIN et al., 2020).

De acordo com ISBELL et al., (2017), o aumento da diversidade de plantas pode melhorar as funções regulatórias do solo e o fornecimento de outras funções ecossistêmicas. Por exemplo, o aumento da cobertura pode regular a temperatura do ar e a umidade do solo, criando condições favoráveis para o desenvolvimento dos organismos do solo (DE CARVALHO GOMES et al., 2016).

No entanto, essa forma de agricultura depende do manejo da agrobiodiversidade, termo amplamente definido como “a diversidade de organismos vivos que contribuem para a alimentação e a agricultura” (QUALSET et al. 1995). Este manejo inclui três componentes: agrobiodiversidade planejada, ou seja, organismos que são intencionalmente implantados e cuidados em fazendas; agrobiodiversidade associada, tal como, organismos que colonizam espontaneamente o agroecossistema, como polinizadores ou predadores de pragas, e a diversidade que a agrobiodiversidade, planejada e associada em conexão, possa vir a oferecer ao sistema de cultivo (JACKSON et al. 2012).

Além disso, os pequenos agricultores frequentemente diversificam seus usos da terra, combinando diferentes sistemas de cultivo anuais, perenes ou agroflorestais na mesma

paisagem, e incluindo áreas naturais e seminaturais, como sebes, pousios, pastagens e florestas (TSCHARNTKE et al. 2012) Essa diversidade biológica existe graças a uma diversidade de práticas e conhecimentos associados (JACKSON et al. 2012).

Não obstante, a diversificação dos sistemas agrícolas e o aumento da agrobiodiversidade associada podem afetar positivamente os meios de subsistência dos pequenos proprietários de várias maneiras (GOTOR et al. 2017), por exemplo, incluir a diversificação de culturas pode reduzir a incerteza de produção ligada à variabilidade climática e às condições meteorológicas imprevisíveis (LIN, 2011), ou seja, aumenta a capacidade de resiliência do sistema de cultivo.

Neste contexto, os pequenos agricultores que cultivam diversas variedades locais em centros de diversidade de culturas contribuem para aumentar a capacidade dos sistemas agrícolas e alimentares de se adaptarem às mudanças climáticas ou acidentes fenomenais, visto que contribuem para manter a evolução das culturas em seus campos hoje, permitindo assim que a humanidade continue a ter a ampla variação genética necessária para adaptação (BELLON *et al.* 2015). Assim, as misturas de variedades oferecem vantagens sobre as monoculturas, ou seja, maior resiliência e estabilidade da produtividade (CREISSEN *et al.* 2016).

De forma geral, agricultores em todo o mundo têm feito uso de recursos naturais para sua sobrevivência e subsistência por milhares de anos, principalmente por meio do uso estratégico da biodiversidade vegetal e animal, criando milhares de variedades de plantas e animais para enfrentar uma série de desafios ambientais e agrícolas (MIJATOVIĆ *et al.*, 2012) e assim buscar continuar a dinâmica da produção de alimentos ecológica.

## **2.2 Os tipos de coberturas do solo sob o sistema de cultivo**

### **2.2.1 Plantas de cobertura “cover crop”**

Sob um experimento de uma pastagem degradada em solo arenoso para o cultivo de soja, CORDEIRO *et al.* (2021) descobriram que não havia necessidade de aplicação de fertilizante nitrogenado, pois as plantas de cobertura foram plantadas antes do plantio da soja. Com isto, além das culturas de cobertura ajudarem a reduzir o custo da adubação, os pesquisadores observaram que ajudam também a melhoraram a microbiologia do solo e, com isto, a produtividade da safra.

Para FERRARA *et al.* (2021) a inclusão de plantas de cobertura leguminosas tem um grande potencial agrônômico para melhorar a sustentabilidade ecológica e econômica dos

sistemas de cultivo, pois melhora a fertilidade do solo e limita as perdas reativas de nitrogênio e carbono dos sistemas de cultivo.

Em seu estudo, LI *et al.* (2021) sugerem que fertilizantes inorgânicos, cultura de cobertura de ervilhaca e plantio direto podem ajudar a melhorar a função e a resiliência dos agroecossistemas em relação à ciclagem de N do solo.

Não obstante, a cultura de cobertura teve um efeito maior do que o fertilizante de nitrogênio inorgânico na mitigação do efeito climático sobre o nitrogênio do solo. Por conseguinte, destacam que substituir o fertilizante inorgânico por cultura de cobertura leguminosa pode diminuir as perdas de N do solo, pois os sistemas que utilizam ambos podem exceder as necessidades da cultura.

Com o objetivo de analisar um possível aumento na atividade biológica no solo sob a implantação de culturas de cobertura nas regiões semi áridas, HOUSMAN *et al.* (2021) constataram em substituição ao pousio de verão que as culturas de cobertura aumentaram a atividade enzimática, a biomassa microbiana e o nitrogênio potencialmente mineralizável.

Perante a necessidade de restabelecer o potencial micorrízico do solo pela alta dependência das videiras pelos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), NOGALES *et al.* (2021) estabeleceram um experimento com plantas de coberturas inoculadas com FMAs para garantir uma estratégia conveniente neste contexto. Por conseguinte, observaram que as culturas de cobertura inoculadas aumentaram a eficiência fotossintética da videira e concluíram que a estratégia aumentou a adaptabilidade da planta às intempéries climáticas, garantindo a qualidade da uva e compensando a eventual competição de água pela vegetação circundante.

### **2.2.2 Planta de cobertura “groundcover”**

Em um estudo sobre as coberturas espontâneas do solo no cultivo de vinhas e pomares, FLEISHMAN *et al.* (2021) os resultados da investigação sugeriu que o plantio de cobertura de solo em vinhedos pode ser uma estratégia importante para aumentar o C do solo tanto para a saúde do solo quanto para os objetivos de sequestro de C e N atmosféricos, já que o crescimento da raiz das plantas de cobertura do solo promoveu o aumento do carbono e o nitrogênio do solo em quase 50% entre profundidades de 0 a 40 cm.

Sob uma das principais ameaças para a sustentabilidade ao cultivo de videiras, WARREN RAFFA *et al.* (2021) decidiram pesquisar sobre a influencia da cobertura espontânea nas propriedades do solo. Os resultados se apresentaram positivos quanto ao índice da estrutura do solo, a resistência de solo à penetração e a saúde biológica do solo,

devido ao aumento da estabilidade física e agregação do solo, diminuindo assim a erodibilidade.

VUKICEVICH *et al.*, (2020) avaliaram o efeito das coberturas vivas espontâneas exóticas e nativas quanto ao controle biológico de um fungo patogênico em vinhedos e, enquanto investigavam perceberam que as coberturas vivas nativas podem servir como sistemas mais adequados para estudar os efeitos das plantas a fim de conduzir o funcionamento do ecossistema do solo, como o controle biológico de conservação, devido a mortalidade de *Galleria mellonella* por fungos ter sido maior nos tratamentos com coberturas nativas.

Sob o objetivo de avaliar a população de artrópodes sobre o efeito das coberturas vivas espontâneas nos vinhedos italianos, ZANETTIN *et al.* (2021) descobriram que o corte tardio da cobertura vegetal favoreceu os artrópodes benéficos (por exemplo, aranhas e vespas parasitas), mas não influenciou a densidade dos herbívoros. Concluíram que as práticas de manejo da cobertura vegetal com o objetivo de aumentar a biodiversidade vegetal nos vinhedos, podem ser uma ferramenta útil para aumentar a abundância de artrópodes benéficos.

A fim de elucidar os efeitos das chuvas drásticas na perda de solo dos pomares de citros no sul da China, os pesquisadores DUAN *et al.* (2020) estudaram os efeitos sob diferentes coberturas terrestres e destacaram que o manejo da cobertura terrestre é um fator importante que afeta os processos hidrológicos e erosivos dos pomares, concluíram que a vegetação espontânea promoveu a menor perda de solo quando exposta a chuvas extremas.

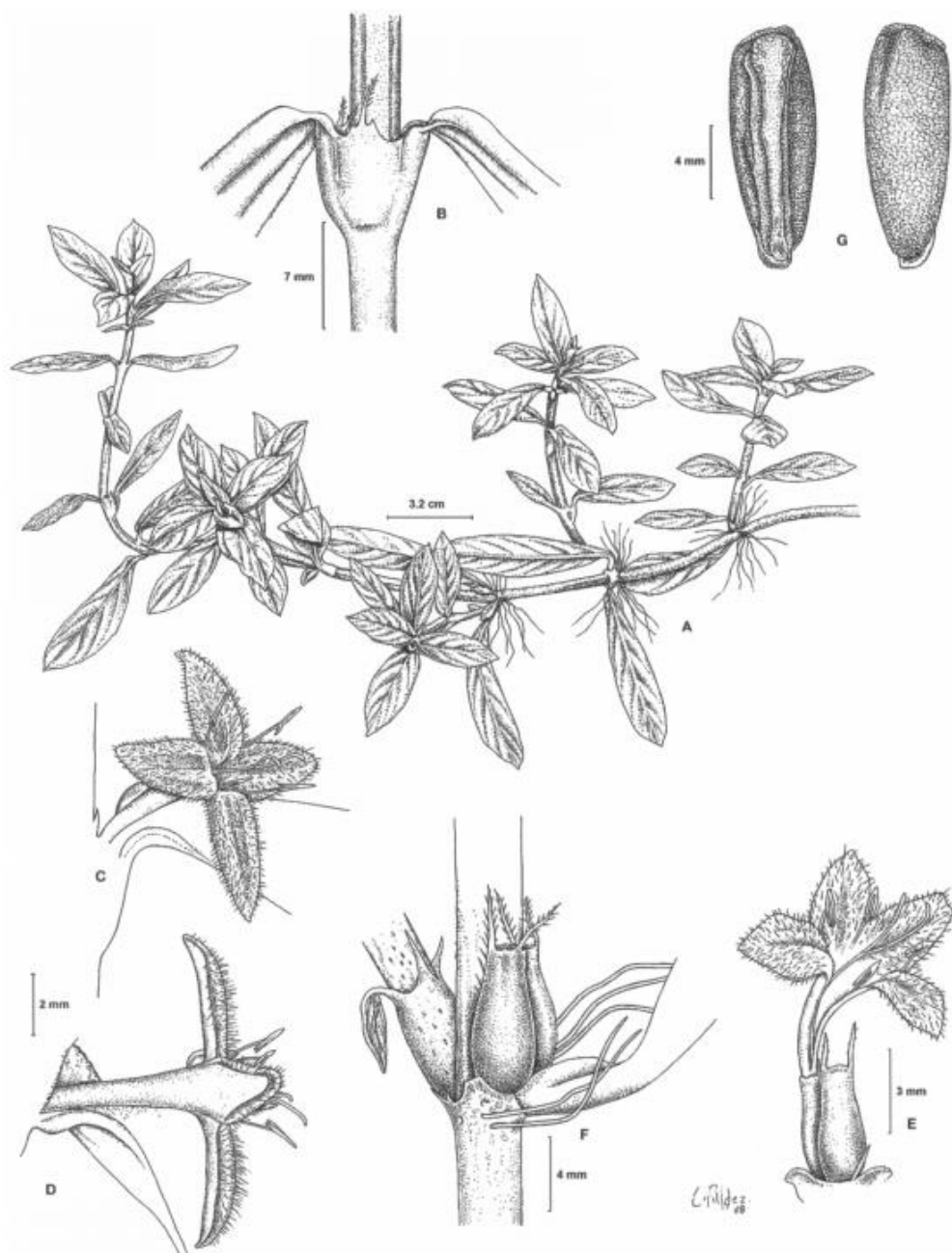
### **2.3 *Diodia saponariifolia* (Cham. & Schltdl.) K.Schum**

A *Diodia saponariifolia* pertence à família Rubiaceae na tribo Spermacoceae, a qual apresenta distribuição de ocorrência de caráter pantropical, ou seja, distribuída em regiões tropicais. A espécie é uma macrófita herbácea perene, porém não ocorre de forma endêmica diante de tais características botânicas. Sob outra via, uma heliófila de hábito rasteiro com pequenas flores brancas que são caracterizadas por apresentarem quatro sépalas e estigmas capitados (Figura 1) na estrutura das flores, diferentemente de outras espécies do gênero cujas as flores apresentam duas a três sépalas e estilos bífidios com ramos estigmáticos filiformes. (PÉREZ; HERNÁNDEZ, 2011)

No Brasil, há registros de ocorrência da espécie na Caatinga; Mata Atlântica; Cerrado; Pampa e Pantanal (CABRAL; SALAS, 2015), onde é conhecida popularmente como a poaia do brejo por estar presente espontaneamente em bordas dos rios e matas.

No México, foram registrados sítios de ocorrência em áreas de distintos tipos de vegetação, desde as densas florestas perenefólias até pastagens inundadas. Recentemente, estudos apresentaram registros da ocorrência nas praias do Caribe, Belice, Guatemala e Nicarágua (PÉREZ; HERNÁNDEZ, 2011).

Ela já foi considerada com planta competidora com o sistema de cultivo de arroz (LORENZI, 2000). Perante outra perspectiva, FERREIRA (2016) constatou do arrefecimento de populações de Cyperaceae e Poaceae, e o não efeito alelopático da *D. saponariifolia* sobre a germinação do gergelim (*Sesamum indicum*) abrindo espaço para o potencial uso como planta de cobertura no sistema de cultivo. Tal atributo que foi confirmado por ROCHA (2017), quem também apresentou a concentração de macronutrientes que a cobertura perene aporta, sugerindo os principais nutrientes requeridos em ordem decrescente, K>N>Ca>Mg>P, desvendando sua participação na ciclagem de nutrientes.



**Figura 1.** *Diodia saponariifolia*. A, ramos com folhas e raízes nos nós; B, bainha interpeciolar; C, D, flores axilares com orientação diferente; E, corola com uma seção longitudinal e um ovário; F, frutos expostos na axila de um nó e algumas raízes; G, sementes em vista ventral e dorsal (PÉREZ; HERNÁNDEZ, 2011).

#### 2.4 As plantas de cobertura do solo e a diversidade funcional para o sistema de cultivo

As plantas de cobertura se encontram em diferentes nichos ecológicos quando abordamos à sua diversa participação na funcionalidade no agroecossistema. Desta forma, muitas pesquisas estão sendo desenvolvidas quanto a este tipo de funcionalidade em prol do sistema de cultivo. Por exemplo, em um pomar, as coberturas perenes do solo são utilizadas

para suprimir o crescimento de ervas daninhas consoante à proteção do solo (NAVARRO-CERRILLO *et al.*, 2009).

Por outro lado, a introdução de plantas de cobertura leguminosas não impediu totalmente o crescimento de ervas daninhas, mas foi claramente uma solução agroecológica relevante para diminuir o herbicida, enquanto aumentou a sustentabilidade e a diversidade das estratégias de controle de ervas daninhas em sistemas de cultivo (LORIN *et al.*, 2015).

Entretanto, um dos principais desserviços das plantas de cobertura é a competição por água e nutrientes (PERIN *et al.*, 2003), porém, CANALI *et al.*, (2015) indicaram em sua pesquisa que o crescimento de uma planta de cobertura bem manejada, ou seja, por semeadura tardia em relação ao transplante da cultura principal, promoveu resultados positivos quanto ao rendimento agrícola.

Neste contexto, SHILI-TOUZI *et al.*, (2010), destacaram que a introdução de uma planta de cobertura durante o ciclo de crescimento da cultura comercial sob o consórcio de revezamento e sua manutenção após a colheita da cultura comercial pode ajudar a preservar a biodiversidade, aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo e sequestro de carbono e fornecer outras funções ecossistêmicas, como regulação natural de pragas ou reciclagem de nutrientes, aumentando as interações bióticas úteis sob o incremento da biomassa no agroecossistema.

Em outro aspecto, WEYERS *et al.*, (2021) concluíram que as culturas de cobertura durante o inverno podem contribuir para a mobilidade de nutrientes advindos da vegetação viva ou em decomposição, o que ajudou a reduzir o escoamento superficial durante as chuvas de alta intensidade.

Para MIDWOOD *et al.*, (2020), os solos nas linhas de plantio que continham mais carbono do que as linhas de cultivo adjacentes, eram o resultado de entradas de carbono da cobertura viva da linha de transmissão e detritos de poda. Em consonância à sua pesquisa, RUIZ-COLMENERO *et al.*, (2013), constataram que a vegetação de cobertura do solo demonstrou aumentar diretamente o carbono do solo em vinhedos, e em pomares (PALESE *et al.*, 2014).

Sob a comparação com o manejo do solo descoberto (sem planta de cobertura), GARCÍA-GONZÁLEZ *et al.* (2018) destacou que as plantas de cobertura do solo apresentaram várias funções para melhorar o desempenho ambiental dos sistemas de cultivo de árvores, incluindo: melhorar a estrutura física do solo. Por conseguinte, LIU *et al.*, (2021) mostraram que o cultivo com plantas de cobertura vivas resultaram em maior eficiência na redução do escoamento, perdas de nutrientes do que sob o manejo com a cobertura morta

(*mulching*).

Em consonância, ATUCHA *et al.* (2013) relataram que o manejo da cultura de cobertura pode diminuir significativamente o escoamento e a perda de solo, dentro do estudo em um pomar de abacate no centro do Chile, enquanto a pesquisa de DUAL *et al.*, (2020) comprovou este serviço diante do estudo em pomares de citros no sul da China.

Diante da observação no aumento de nutrientes de solo, ZHONG *et al.*, (2018) chegaram a resultados satisfatórios quanto a inserção de plantas de cobertura no sistema de cultivo, tal como o diferencial no teor de nitrogênio e fósforo retidos no solo sob o manejo de cobertura. Desta forma, o carbono orgânico do solo eleva e a produtividade também (NOVARA *et al.*, 2019), logo o rendimento e a qualidade das árvores frutíferas, por exemplos (LI *et al.*, 2019).

Não obstante, WANG *et al.*, (2020) desvendaram que estes benefícios estão associados também à capacidade que as plantas de cobertura têm em aumentar a diversidade microbiana do solo e a atividade enzimática, promovendo assim a ciclagem de nutrientes do solo e dinâmica da matéria orgânica.

## **2.5 As plantas de coberturas do solo e os fungos micorrízicos arbusculares**

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são simbioses mutualistas de raízes que desempenham papéis importantes na nutrição das plantas e tolerância destas às intempéries ambientais (VASILIKIOTIS *et al.* 2020). Devido a onipresença dos FMAs e seus benefícios às plantas, sua adaptação nos diferentes manejos do agroecossistema deve ser sempre tema de pesquisa quando o objetivo seja de aumentar a sustentabilidade agrícola (JONHSON *et al.*, 2021).

Neste contexto, CHIFETETE e DAMES (2020) sugeriram em suas pesquisas abordagens para manter a abundância de FMAs na cultura de batata, destacando o potencial das práticas de manejo conservacionista como plantas de cobertura. Os autores observaram que em períodos curtos de pousio, as plantas de cobertura promoveram a diversidade de fungos micorrízicos. Em consonância, VASILIKIOTIS *et al.*, (2020) verificara que pomares manejados organicamente tiveram maiores taxas de colonização de raízes de FMA (73,2%) em comparação com pomares manejados convencionalmente (62,1%), principalmente devido à presença de cobertura vegetal do solo em vez de adubações com matéria orgânica.

Não obstante, KLODD *et al.* (2016), avaliando videiras em crescimento conjunto com plantas de cobertura do solo, verificaram a ausência de competição quanto à água e ao nitrogênio, porém houve competição pelo fósforo, o que pode evidenciar a importância da



associação micorrízica. Por conseguinte, GARCÍA-GONZÁLEZ *et al.*, (2019) provaram que o uso da ervilhaca como cobertura viva além de aumentar a colonização das raízes de oliveira em 50% comparada com o tratamento sem a cobertura, também levou a maiores teores de polifenóis no fruto, o que melhorou a qualidade de azeite posteriormente.

VUKICEVICH *et al.*, (2018) observaram que o crescimento de videiras, foi afetado pelo tipo de planta de cobertura, sendo que gramas exóticas pareceram ter promovido uma comunidade microbiana mais benéfica quando comparadas com as gramas nativas. Não obstante, VUKICEVICH *et al.*, (2019) em continuidade à investigação perceberam que o tratamento com as gramíneas nativas se destacaram quanto ao aumento do número de arbúsculos na videira.

De acordo com a pesquisa de PALLA *et al.* (2020) sobre o manejo de coberturas do solo no pomar de oliveiras, a manutenção de uma cobertura verde protetora versus o corte raso da vegetação, afetou a composição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares, aumentando a diversidade de FMAs na rizosfera da oliveira.

Ao analisar as práticas de cultivo sustentáveis TRINCHERA *et al.* (2021) verificaram que os cereais, usados como cobertura morta ou consorciados como cobertura verde impulsionaram a seleção de ervas espontâneas em favor da simbiose micorrízica promovendo a rede micelial, aumentando significativamente a colonização, a absorção de P, o rendimento e as características de qualidade dos cereais. A colonização de fungos micorrízicos arbusculares em experimento com trigo plantado após tratamentos com plantas de cobertura aumentou significativamente onde havia a presença das mesmas (HOUSMAN *et al.* 2021).

MURRELL *et al.*, (2020) explicaram que a seleção de espécies de plantas de cobertura pode aumentar ou diminuir a colonização micorrízica de raízes de milho, o que por sua vez afetou a absorção de fósforo e possivelmente afetaram a resistência à herbivoria no milho. PATANITA *et al.*, (2020) também encontraram vantagens quanto ao efeito do consórcio e do sistema de preparo do solo com planta de cobertura em resposta à micorrização do milho, por constatarem que o conjunto da adoção de ambas as práticas conservacionistas, abastece a microbiota através do aumento do fluxo energético.

## **2.6 Os fungos micorrízicos e a disponibilidade de nutrientes para as plantas cultivadas**

A simbiose micorrízica representa uma ferramenta valiosa para aumentar a absorção de nutrientes pelas plantas, incrementando a biodiversidade do sistema, os serviços ecossistêmicos e a produtividade (TRINCHERA *et al.*, 2021). No entanto o funcionamento da

simbiose depende de vários fatores genéticos entre os simbioses e de vários fatores do solo, particularmente a disponibilidade de nutrientes. Já o crescimento em direção às raízes e a infecção depende de uma comunicação química entre hifas e raízes.

De acordo com CARBONNEL GUTJAHR, (2014) e NOURI *et al.*, (2014), desenvolvimento da colonização é favorecido sob as condições de baixa disponibilidade de fósforo no solo e muitas vezes reduzido ou mesmo completamente eliminado quando a planta tem acesso suficiente ao fósforo.

LANFRANCO; FIORILLI; GUTJAHR (2018) abordam que o sucesso evolutivo e ecológico da simbiose micorrízica arbuscular depende de um sistema de comunicação reciprocamente eficiente quando reconhece uma parceria nas vias de regulação metabólica em sintonia ao alcance funcional do ecossistema. Tal abordagem fundamenta a ciência sob a perspectiva de descobertas quanto à aplicação de fungos micorrízicos arbusculares na agricultura, concluem os autores.

Os fungos micorrízicos arbusculares têm sido utilizados na agricultura para melhorar a produtividade de algumas culturas. Como por exemplo, KARAGIANNIDIS *et al.*, (2011) obtiveram resultados favoráveis de como o uso (via isolamento de duas espécies) de fungos micorrízicos pode ser recomendado para permitir o desenvolvimento de plantas em solos de baixa fertilidade, a fim de atenuar a entrada de fertilizantes e aumentar a produção de plantas.

MUTHUKUMAR, T.; UDAIYAN, K (2002) comprovaram que os níveis de colonização e número de esporos foram correlacionados positivamente com os fatores edafoclimáticos, com isto, as plantas de cobertura são ótimas estimuladoras quando a germinação micorrízica recebe o estímulo sob a condicioante térmica favorável que a cobertura do solo promove (PARK *et al.*, 2021).

WANG *et al.*, (2007) afirmaram que a inoculação de *Acaulospora mellea* em sistema de cultivo de milho aumentou a biomassa da parte aérea do vegetal; tais resultados destacaram a eficiência técnica aplicada na pesquisa de participação das micorrizas na absorção de nutrientes no solo (RUYI *et al.*, 2008).

### **3 OBJETIVO GERAL**

Este trabalho teve o objetivo geral de apresentar demais funções que *Diodia saponariifolia* como cobertura perene desenvolve em prol do manejo ecológico do solo no sistema de cultivo.

#### **3.1 Objetivos específicos**

Constatar a interação simbiótica entre a *Diodia saponariifolia* e os fungos micorrízicos arbusculares;

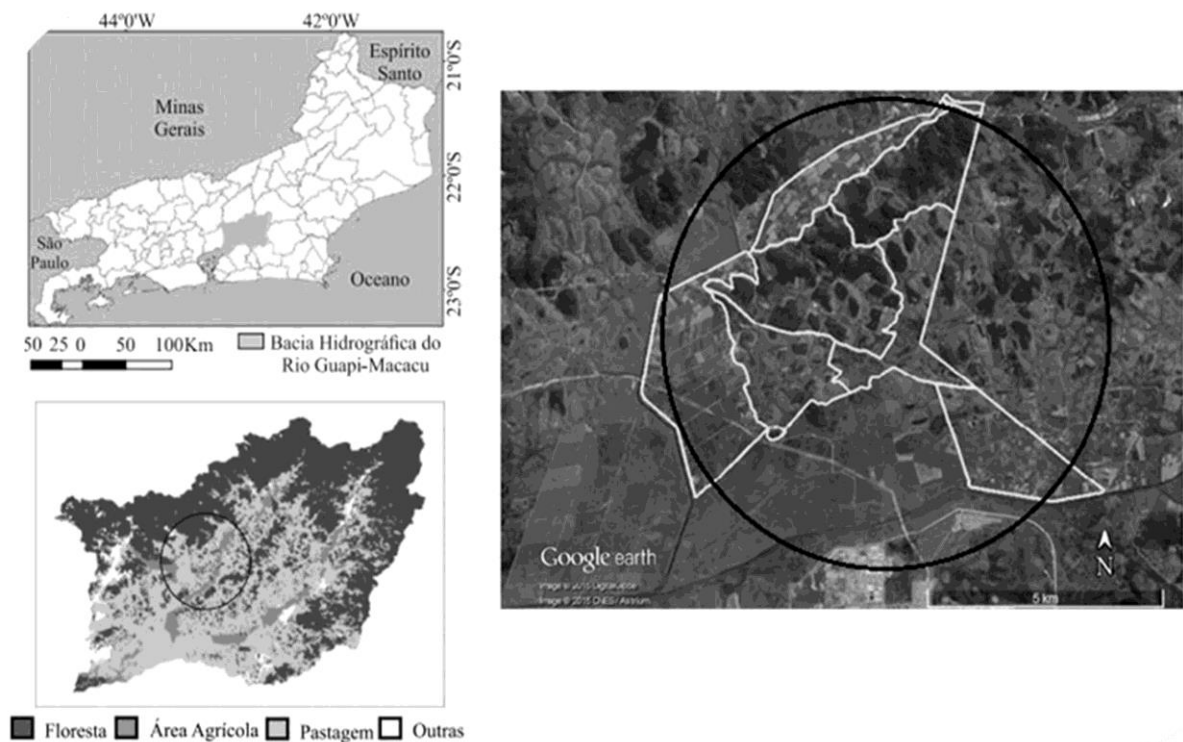
Analisar o efeito da *Diodia saponariifolia* na fertilidade do solo sobre o cultivo do milho mediante a correlação positiva com as micorrizas arbusculares;

Analisar a ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares sob a presença e a ausência de *Diodia saponariifolia*.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Caracterização da Área Geral

A área de estudo está inserida sob o domínio ecológico da Mata Atlântica na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu (IBGE, 2012). As terras da Bacia do rio Guapi-Macacu são ocupadas predominantemente por florestas (45%) do tipo Ombrófila Densa (FIDALGO *et al.* 2009). O relevo é do tipo Mar de Morros, caracterizado pela feição típica que as formas do relevo conferem à paisagem (MELGAR, 2002). A área pertence ao assentamento São José da Boa Morte, localizado no município de Cachoeiras de Macacu (Figura 2).



**Figura 2.** Esquema representativo do estado do Rio de Janeiro, Bacia Guapi-Macacu e o assentamento São José da Boa Morte, Cachoeiras de Macacu/RJ. Adaptado de Uzêda *et al.*, 2016.

O clima em Cachoeiras de Macacu é tropical. Chove muito menos no inverno que no verão. Segundo a classificação de Köppen e Geiger o clima é Aw. Em Cachoeiras de Macacu a temperatura média é 23,1 °C. Pluviosidade média no verão é de 334,6 mm e no inverno é de 55 mm. O mês de maior precipitação é dezembro, com uma média de 367 mm. O mês mais quente do ano é fevereiro com uma temperatura média de 26,1 °C. Ao longo do ano julho tem uma temperatura média de 20,0 °C. (CLIMATE DATA, 2019).

## 4.2 Caracterização da Horta-floresta

O local da área de estudo pertence a uma unidade produtiva da agricultura familiar. A área se localiza nas coordenadas 22°37'37,81''S e 42°50'3,43''O (Figura 3).



**Figura 3.** Imagem da área da unidade produtiva do estudo exploratório em São José da Boa morte em Cachoeiras de Macacu-RJ. Área Total: 3,24ha (vermelha); Área Horta-floresta (amarela): 1ha; Área das amostragens: 0,0312ha (verde).

A horta-floresta foi implantada aproximadamente há sete anos. A partir do desenho de arbóreas em linhas e nas entrelinhas os cultivos alternados de: quiabo, mandioca, berinjela e milho. A composição de arbóreas da Horta-Floresta aporta: *Citrus sinensis* (Laranja); *Plinia glomerata* (Cabeludinha); *Carica papaya* (Mamão); *Eugenia uniflora* (Pitanga); *Citrus reticulata* (Tangerina); *Handroanthus albus* (Ipê amarelo); *Spondia mombin* (Cajá); *Bertholletia excelsa* (Castanha de macaco); *Annona montana* (Araticum); *Persea gratissima* (Abacate); *Plinia cauliflora* (jabuticaba); *Bactris gasipaes* (Pupunha); *Pouteria caimito* (Abiu); *Saccharum officinarum* (Cana de açúcar); *Psidium guajava* (Goiaba); *Eugenia candolleana* (Ameixa da mata); *Aegiphila sellowiana* (Tamanqueira); *Annona squamosa*

(Pinha); *Elaeis guineenses* (Dendê); *Musa sapientum* (Banana); *Inga edulis* (Ingá); *Mangifera indica* (Manga) e dentre outras espécies nativas.

### **4.3 *Diodia saponariifolia* na Horta-floresta**

A cobertura de *D. saponariifolia* (DS) foi implantada na Horta-floresta há cerca de quatro anos. O milho o cultivo do milho foi estabelecido em áreas com e sem essa cobertura viva.

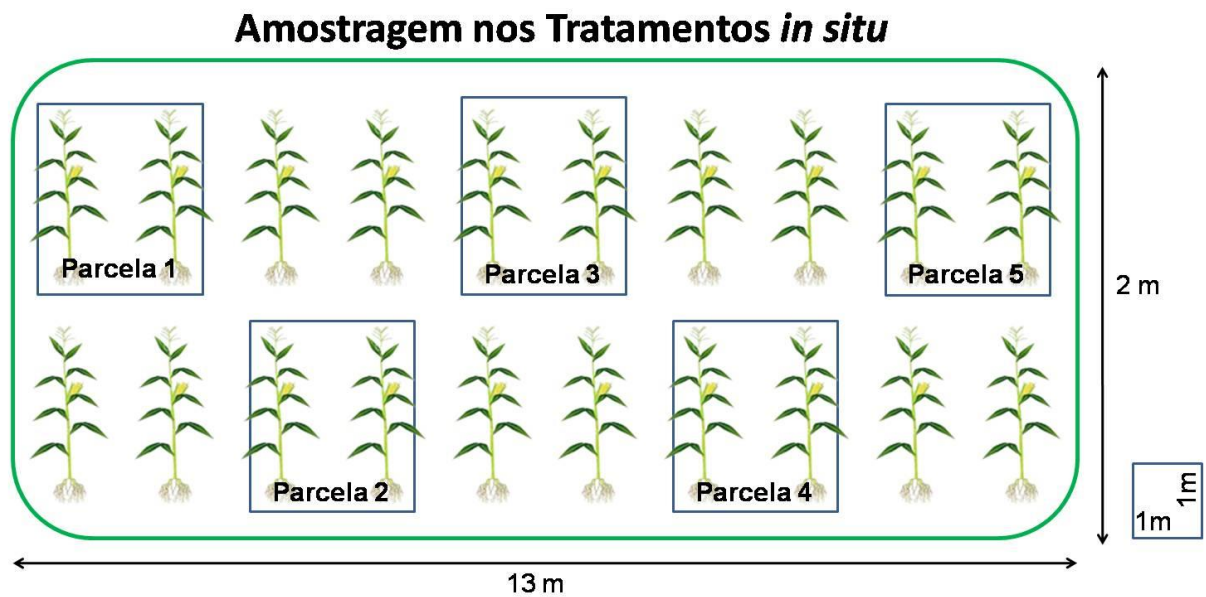
Para estabelecimento do delineamento experimental foi realizado um diagnóstico visual da ocorrência da DS na Horta-floresta onde a intensidade da cobertura foi avaliada usando a classificação visual: forte; moderada e inexistente.

O cultivo do milho do milho foi estabelecido nas entrelinhas das arbóreas. O solo, classificado como Latossolo Amarelo de acordo com Embrapa Solos (2020). Houve a adição de 1 L de esterco bovino curtido na cova no momento do plantio

### **4.4 Delineamento e Amostragem dos Tratamentos *In situ***

Os tratamentos cultivo do milho na presença da cobertura viva de *D. saponariifolia* (CD) e o cultivo do milho sem cobertura viva (SD) tiveram uma área de amostragem de 26m<sup>2</sup> (2m x13m) cada e ficaram distantes entre si 20m.

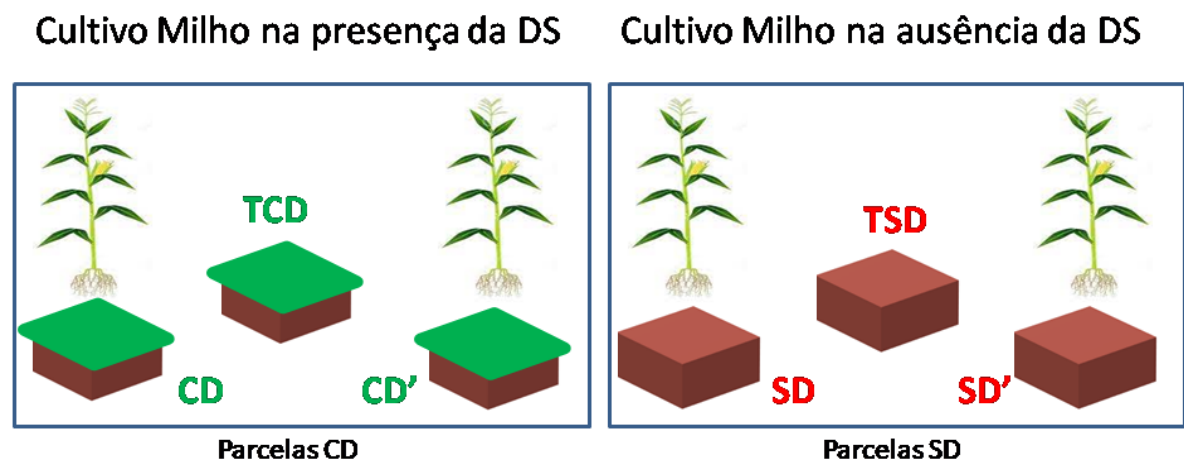
O plantio do milho estava em modo linha dupla, com dois metros de distância entre linhas e um metro de distância entre plantas, a partir deste formato de tratamento foi delimitada a área das parcelas (2m<sup>2</sup>). A sequência das parcelas foi realizada de forma aleatória na área delimitada para os tratamentos, formando um movimento zigue-zague conforme mostra a Figura 4.



**Figura 4.** Croqui da área de amostragem em cada tratamento (CD ou SD), apresentando o plano de amostragem em zigue-zague das parcelas *in situ*. Área de cada tratamento: 26 m<sup>2</sup>.

Em cada parcela haviam duas plantas de milho que foram amostradas formando duas replicatas em cada parcela para análise de nutrientes, produtividade e biomassa vegetal (SD;SD';CD;CD') (Figura 5). Desta forma, de cada tratamento (SD ou CD) com cinco parcelas e duas replicatas em cada parcela formaram dez amostras em cada tratamento de plantas, totalizando 20 amostras de plantas no experimento todo.

Para avaliação da colonização e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares sob a presença e ausência da *D. saponariifolia* foram coletados uma única vez em cada parcela, torrões de 20cm<sup>3</sup> na entrelinha de plantas de milho (TCD e TSD), resultando em 5 amostras em cada tratamento (Figura 5) e 10 amostras de torrões no experimento todo.



**Figura 5.** Esquema da amostragem das plantas e torrões (20cmx20cmx20cm) em cada tratamentos (SD ou CD). TCD: Torrão com *D. Saponariifolia* na entrelinha do milho. TSD: Torrão sem *D. Saponariifolia* na entrelinha do milho. CD, CD', SD e SD': amostras de

plantas de milho.

As amostras para análise de fertilidade do solo foram coletadas em todas as parcelas entre as plantas, uma amostra composta de outras 3 subamostras em duas profundidades, 0 a 5cm e 5 a 10cm do Latossolo Amarelo. Portanto foram duas amostras em cada parcela (0 a 5cm e 5 a 10cm), totalizando 10 amostras para cada tratamento (CD e SD) e 20 amostras para análise da fertilidade no total. A coleta do solo foi de acordo com EMBRAPA, 1997.

Ao total foram coletadas 50 amostras para as diferentes análises presentes neste estudo (20 plantas; 10 torrões e 20 de solo para fertilidade).

#### **4.5 Análises da fertilidade do solo, de nutrientes no tecido do milho, de produtividade e biomassa vegetal**

O preparo do solo para análise química e físico-química do solo foi de acordo com EMBRAPA, 1997. As amostras de solo foram colocadas para secagem ao ar durante dez dias. Depois de secas ao ar foi passado um rolo compressor manual para a destruição dos agregados do solo para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Por conseguinte, as amostras de TFSA foram alocadas em potes identificados e levadas para o Laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia para análise da fertilidade do solo. No Laboratório de Química Agrícola foi avaliado teores de Carbono; Nitrogênio; Alumínio, Cálcio, Alumínio + Hidrogênio, Potássio e Magnésio trocáveis; Fósforo disponível e valor de pH dos diferentes tratamentos. A análise de solo foi realizada de acordo com os procedimentos descritos por NOGUEIRA e SOUZA (2005).

A parte aérea das plantas de milho foram separadas em espigas; biomassa verde (folhas e caules) e raízes. As raízes foram utilizadas para a fase da avaliação da identificação de colonização com fungos micorrízicos. As amostras de milho ficaram por 15 dias na estufa a 60 °C. Este período em estufa foi estipulado durante o monitoramento dos pesos e quando os mesmos atingiram a constância de massa, o material foi retirado da estufa. Desta forma, foram obtidas as produtividades de massas secas das plantas.

As espigas e a biomassa verde foram levadas ao setor de moagem e moídas separadamente para a avaliação do teor de nutrientes. Análises de Ca; Mg; K e P foram realizadas nesses tecido vegetais de acordo com os procedimentos fundamentados –em NOGUEIRA e SOUZA, (2005). Enquanto, as análises de Carbono e Nitrogênio da biomassa verde e dos grãos ocorreram de acordo com os métodos descritos em DUMAS (1831).

Na avaliação das variáveis de produtividade do milho, foram analisadas o número de

grãos por espiga, através da multiplicação entre o número de fileiras e o número de grãos em uma fileira e essa produtividade foi correlacionada com a massa seca dos grãos. Estes parâmetros foram estimados de acordo com FARINELLI, 2012.

#### **4.6 Avaliação da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares**

As raízes foram separadas do solo rizosférico, foram pesadas para avaliação da biomassa fresca e amostradas em ao menos 0,5g de raízes frescas para avaliação da colonização com fungos micorrízicos. Para isso as raízes foram clarificadas com KOH 2,5%, conforme KOSKE e GEMMA (1988) e coloridas com azul de metila 0,05%, conforme GRACE e STRIBLEY (1991). A colonização micorrízica foi estimada pelo método da interseção em placa quadriculada (Gridline Intesect Method) de GIOVANNETTI e MOSSE (1980) observando a presença e ausência de colonização nas raízes sob microscópio estereoscópico em cada interseção. Os procedimentos foram os mesmos para as raízes de Milho e de *D. saponariifolia*.

Os esporos foram extraídos das amostras de solo por peneiramento úmido descrito por GERDEMANN e NICOLSON (1963) e centrifugação diferencial, conforme descrito por JENKINS (1964). Os esporos foram extraídos de uma alíquota de 50 cm<sup>3</sup> de solo de cada amostra e foram estudados os esporos retidos na peneira de 0,053 mm. Os esporos foram quantificados sob microscópio estereoscópico e posteriormente montados em lâmina permanente para microscopia.

Para a identificação taxonômica, esporos foram depositados nas lâminas para microscopia, e estas receberam o montante a base de PVLG (Polivinil-Lacto-Glicerol) e o montante misturado com reagente de Melzer (1:1). Neste último montante, os esporos foram rompidos a fim de expor suas paredes germinativas e poder ser observado suas reações ao reagente Melzer. A identificação das espécies de FMAs foi realizada comparando o observado em microscópio óptico com as descrições das espécies originais ou presentes no manual de SCHENCK e PÉREZ (1988) ou na página da *International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (INVAM, 2021).

#### **4.7 Análises Estatísticas**

Para avaliação das características química do solo, contagem de esporos, colonização micorrízica, biomassa do milho e teores de nutrientes da parte aérea os resultados obtidos foram testados quanto a sua normalidade e homocedasticidade. As comparações de médias foram feitas par a par utilizando análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a 5% de



significância. Os dados foram analisados utilizando o programa estatístico R (R Core Team, 2016).

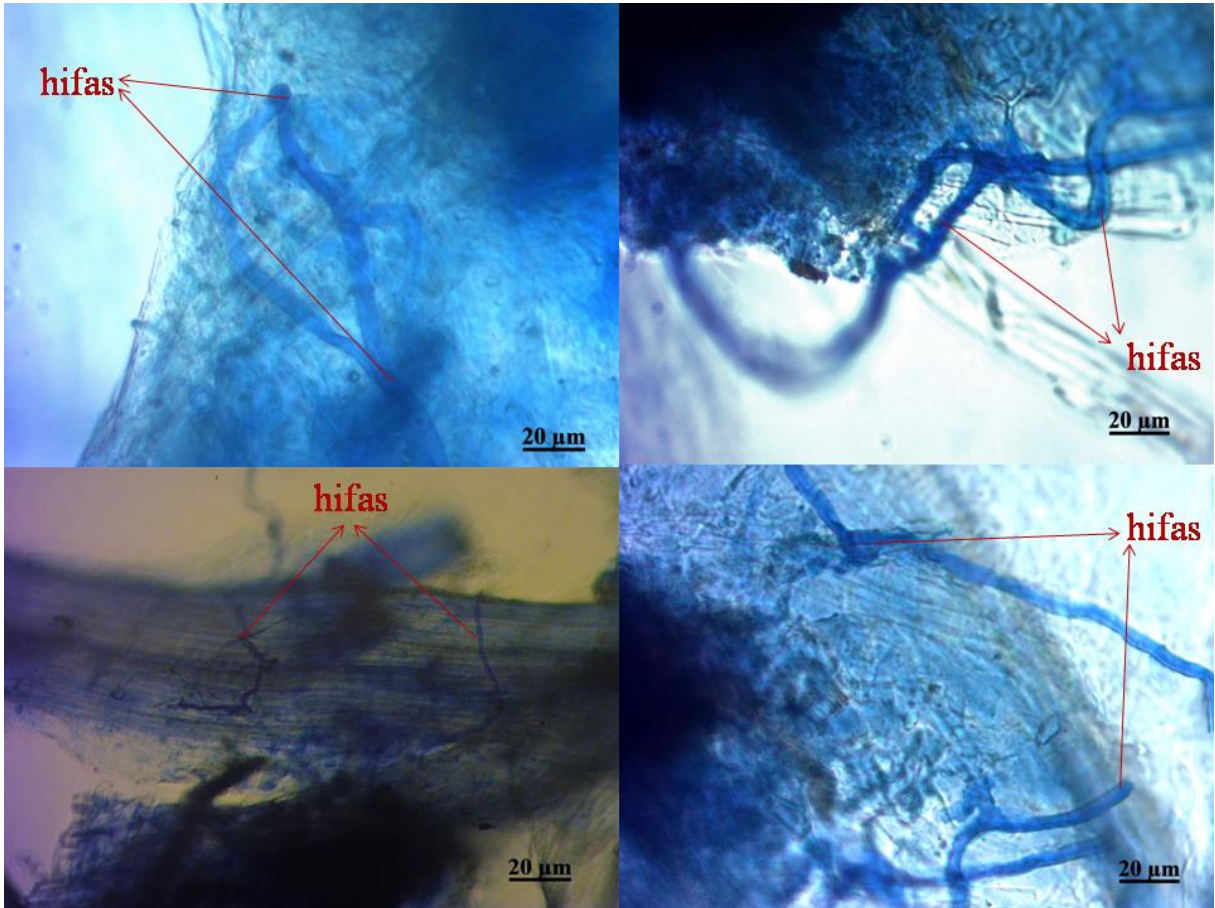
Para compreensão da interação entre as diferentes variáveis avaliadas foram utilizados testes multivariados tais como o Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) e a análise canônica de coordenadas principais (CAP). A NMDS auxiliou na avaliação da distribuição das espécies nos tratamentos avaliados e a entender as suas dissimilaridades.

A CAP foi obtida para auxiliar na avaliação da relação entre as variáveis ambientais e as diferenças na composição e abundância de espécies. Tanto a NMDS quanto a CAP foram obtidas utilizando a distância de Jaccard, considerando a frequência de verificação das espécies encontradas. Ambas foram obtidas com o uso do programa VEGAN.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 *Diodia saponariifolia* e a simbiose com os FMAs**

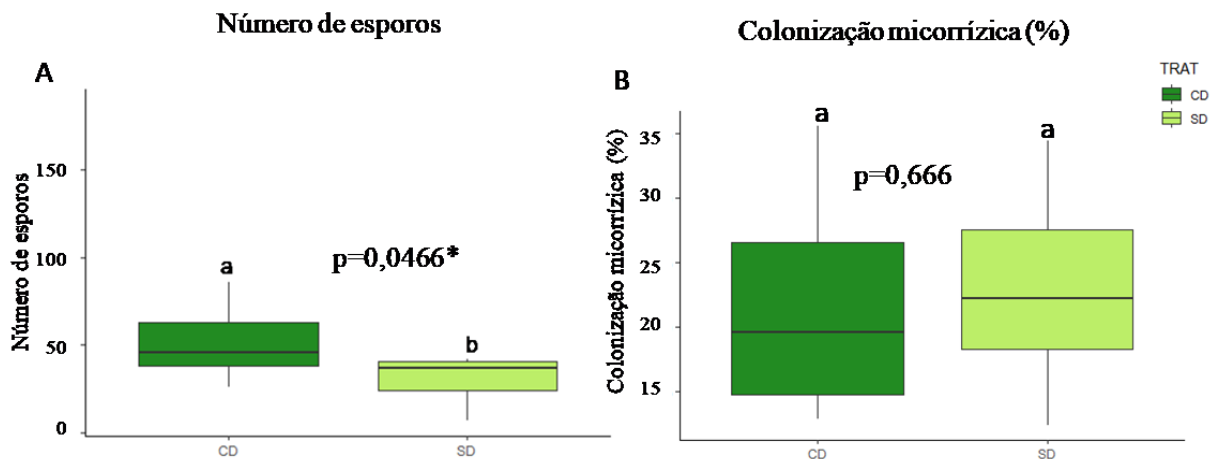
Após pesquisa em diversas bases de dados, não se encontrou outros estudos que indicassem a presença de simbiose micorrízica em *Diodia saponariifolia*. Desta forma, este é possivelmente o primeiro relato sobre a presente relação simbiótica entre as raízes de DS e os FMAS (Figura 6), onde foi possível observar a colonização micorrízica através das hifas inter e intracelulares presentes nas raízes da DS. Este resultado reflete a ocorrência desta simbiose encontrada também em outras espécies da família Rubiaceae, tal como o Café que apresenta elevada dependência dessa associação (MOREIRA *et al.*, 2018).



**Figura 6.** Imagens da colonização micorrízica da raiz da *Diodia saponariifolia* por fungos micorrízicos arbusculares, mostrando hifas inter e intracelulares e extraradiculares..

### 5.2 *Diodia saponariifolia* e os esporos de FMAs

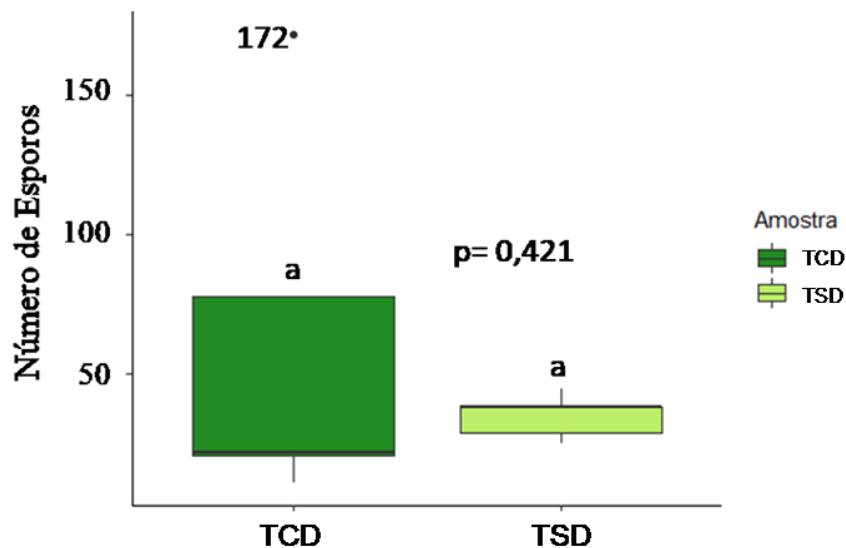
Quanto ao número de esporos de FMAs nos tratamentos, encontrou-se um maior número no tratamento CD (Figura 7). Entretanto, a porcentagem da colonização micorrízica não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Figura 7).



**Figura 7.** Número de esporos e colonização micorrízica (%) sob os diferentes tratamentos: CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. As barras pretas horizontais representam a mediana dos valores encontrados; O valor p (*p value*) representa a diferença entre as medianas, sendo seguido por asterisco quando for diferente pela ANOVA em 5% de significância. Letras iguais sobre as barras representam a não significância na diferença entre as medianas. As extremidades inferiores e superiores das caixas coloridas representam os dados do primeiro e terceiro quartil, respectivamente. E as extremidades inferiores e superiores das linhas pretas verticais representam os valores mínimos e máximos dos dados, respectivamente.

A presença da cobertura viva espontânea (CVE) de *Diodia saponariifolia* (DS) possivelmente beneficiou a esporulação através da manutenção de temperatura e umidade mais constantes no solo (PARK *et al.*, 2021) e também proporcionando o acúmulo de nutrientes na forma orgânica (CARBONNELe GUTJAHR, 2014 e NOURI *et al.*, 2014). Mas, além disso, DS se mostrou também uma boa hospedeira dos FMAs, promovendo uma boa colonização e esporulação, de até 172 esporos por 50 cm<sup>3</sup> de solo (Figura 8).

É importante ressaltar que o acúmulo de nutrientes no tratamento CD pode ter a colonização micorrízica, visto que este efeito do aumento da disponibilidade de nutrientes no solo é grandemente relatado sobre ocorrência da simbiose com FMAs (LANFRANCO; FIORILLI; GUTJAHR, 2018).

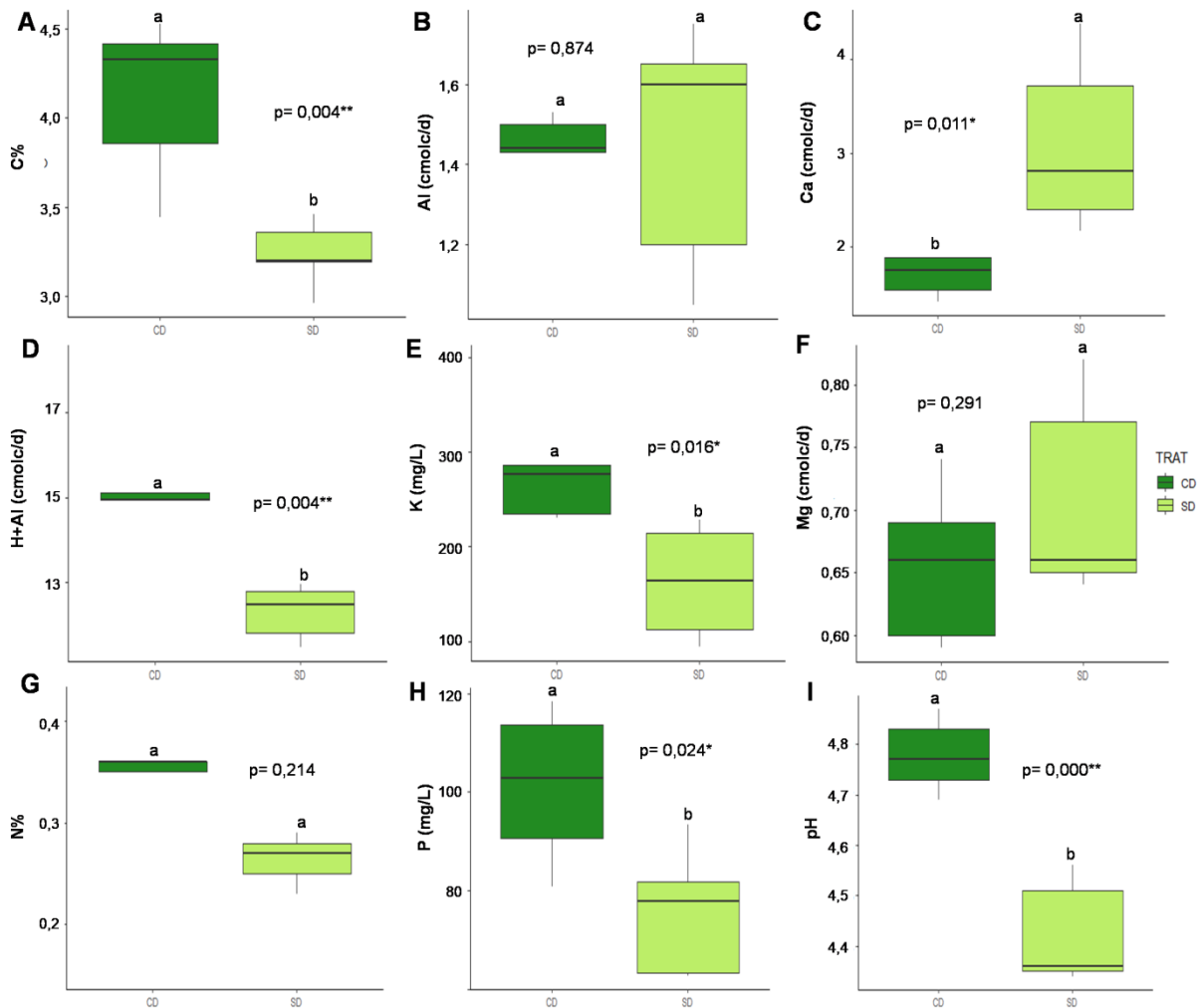


**Figura 8.** Número de esporos nas diferentes amostragens dos torrões, solo sob a *Diodia saponariifolia* (TCD) e ausência de *Diodia saponariifolia* (TSD). As barras pretas horizontais representam a mediana dos valores encontrados; O valor p (*p value*) representa a diferença entre as medianas, sendo seguido por asterisco quando for diferente pela ANOVA em 5% de significância. Letras iguais sobre as barras representam a não significância na diferença entre as medianas. As extremidades inferiores e superiores das caixas coloridas representam os dados do primeiro e terceiro quartil, respectivamente. E as extremidades inferiores e superiores das linhas pretas verticais representam os valores mínimos e máximos dos dados,

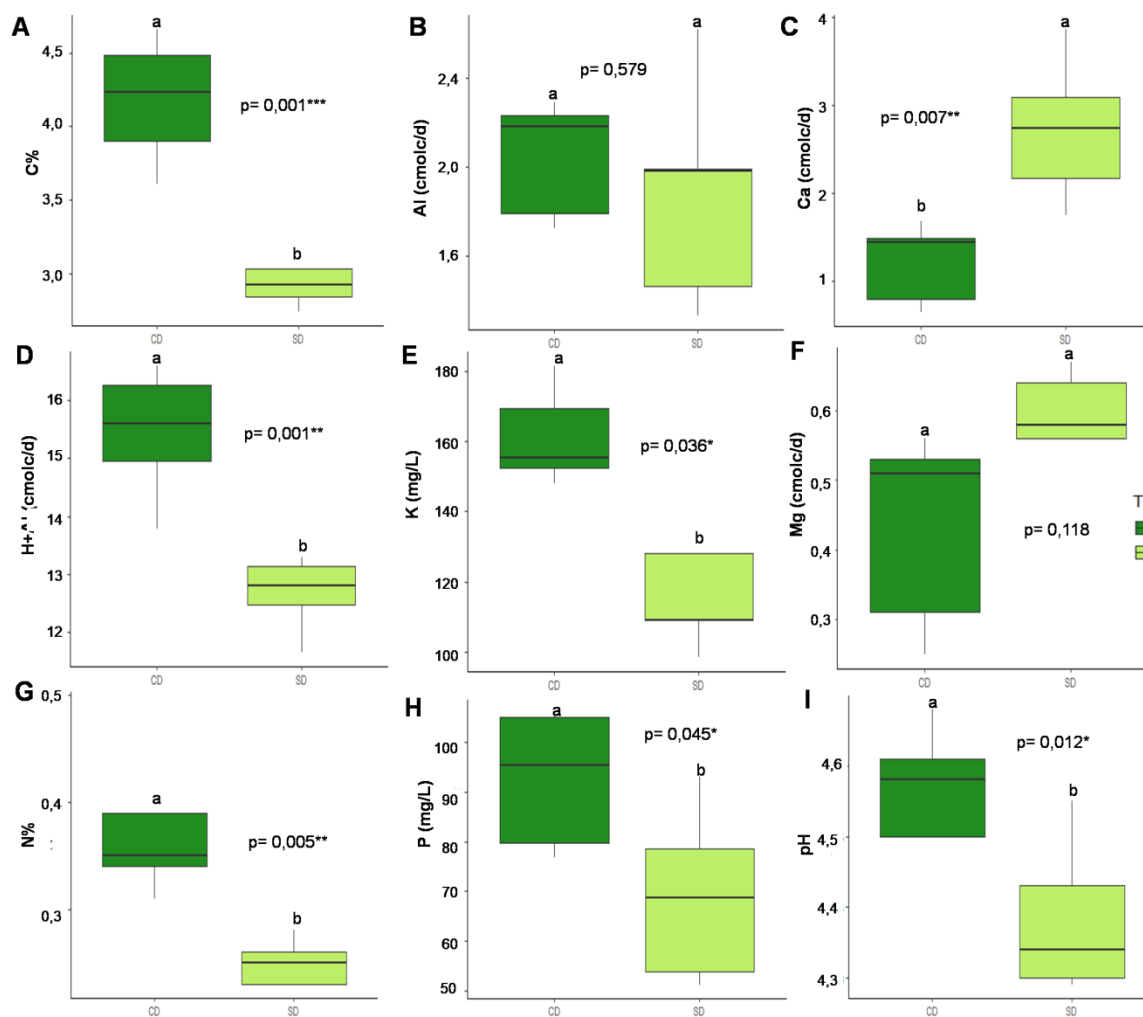
respectivamente. Os dados para esta análise não foram transformados. O valor máximo de esporos encontrados na amostra é mostrado pontualmente e não pela linha vertical preta.

### **5.3 Efeito da *D. saponariifolia* em simbiose com FMAs na Fertilidade do solo**

Em geral, o tratamento com a cobertura viva espontânea (CVE) de *D. saponariifolia* (DS), possivelmente junto com sua associação com FMAs, contribuiu para o acúmulo de nutrientes no solo (Figuras 9 e 10), verificando-se que os teores de carbono (Figuras 9A e 10A); potássio (Figura 9E e 10E) e fósforo (Figuras 9H e 10H) foram significativamente maior que da área sem *D. saponariifolia*, em ambas as profundidades de solo amostradas. O teor de nitrogênio foi maior com DS somente para camada de 5 a 10 cm (Figura 10G), apesar de apresentar uma tendência ao aumento na camada superior (0 a 5), porém não significativa (Figura 9G). O valor de pH (acidez ativa) - apresentou menos ácido em ambas as profundidades na presença de DS (Figura 9I e 10I). Já o teor de H+Al (acidez potencial) - apesar de geralmente diretamente relacionada ao pH, neste solo apresentou valores de maior acidez na presença de DS, sugerindo relação inversa ao pH (Figura 9D e 10D). Os teores de alumínio (Figuras 9B e 10B) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos CD e SD, em ambas as profundidades avaliadas, possivelmente devido à grande variabilidade dos dados de teores de alumínio na área SD. Por último, a presença da DS reduziu o teor de cálcio no solo em ambas as profundidades amostradas (Figuras 9C e 10C), sendo que os de magnésio apresentaram a mesma tendência, mas não foram significativos (Figuras 9F e 10F).



**Figura 9.** Características químicas da fertilidade do solo na profundidade 0 a 5 cm nos tratamentos: CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. Sendo: Teor de Carbono (%) – A; Teor de Alumínio (cmol/dm<sup>3</sup>) – B; Teor de Cálcio (cmol/dm<sup>3</sup>) – C; Teor de H+Al (cmol/dm<sup>3</sup>) – D; Teor de Potássio (mg/L) – E; Teor de Magnésio (cmol/dm<sup>3</sup>) – F; Teor de Nitrogênio (%) – G; Teor de fósforo (mg/L) – H; Valor de pH (escala de 1 a 14) – I. Teores dos nutrientes são referentes do solo nos diferentes tratamentos, milho sob a presença de *Diodia saponariifolia* (CD) e milho sob a ausência da *Diodia saponariifolia* (SD). As barras pretas horizontais representam a mediana dos valores encontrados; O valor p (*p value*) representa a diferença entre as medianas, sendo seguido por asterisco quando for diferente pela ANOVA em 5% de significância. Letras iguais sobre as barras representam a não significância na diferença entre as medianas. As extremidades inferiores e superiores das caixas coloridas representam os dados do primeiro e terceiro quartil, respectivamente. E as extremidades inferiores e superiores das linhas pretas verticais representam os valores mínimos e máximos dos dados, respectivamente.



**Figura 10.** Características químicas da fertilidade do solo na profundidade de 5 a 10 cm sob os diferentes tratamentos: CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. Sendo: Teor de Carbono (%) – A; Teor de Alumínio (cmol/dm<sup>3</sup>) – B; Teor de Cálcio (cmol/dm<sup>3</sup>) – C; Teor de H+Al (cmol/dm<sup>3</sup>) – D; Teor de Potássio (mg/L) – E; Teor de Magnésio (cmol/dm<sup>3</sup>) – F; Teor de Nitrogênio (%) – G; Teor de fósforo (mg/L) – H; Valor de pH (escala de 1 a 14) – I. Teores dos nutrientes são referentes do solo nos diferentes tratamentos, milho sob a presença de *Diodia saponariifolia* (CD) e milho sob a ausência da *Diodia saponariifolia* (SD). As barras pretas horizontais representam a mediana dos valores encontrados; O valor p (*p value*) representa a diferença entre as medianas, sendo seguido por asterisco quando for diferente pela ANOVA em 5% de significância. Letras iguais sobre as barras representam a não significância na diferença entre as medianas. As extremidades inferiores e superiores das caixas coloridas representam os dados do primeiro e terceiro quartil, respectivamente. E as extremidades inferiores e superiores das linhas pretas verticais representam os valores mínimos e máximos dos dados, respectivamente.

Observando esses resultados, é possível inferir que a cobertura com DS promoveu acúmulo de macronutrientes (N; P; K) e de carbono (C) no solo através da deposição e ciclagem da matéria orgânica produzida pela cobertura viva (ROCHA, 2017), consequentemente contribuiu com a melhora da fertilidade do solo. Não obstante, a CVE de DS contribuiu com a diminuição dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis e,

possivelmente, este resultado contribuiu com o aumento da acidez potencial (H+Al) do solo. Isso pode ter ocorrido devido a baixos teores de Ca e Mg no solo, associado a uma grande demanda por esses nutrientes da planta de cobertura, resultando na imobilização desses nutrientes na matéria orgânica não decomposta. Todavia a redução dos teores de Ca e Mg não foi limitante para o crescimento da CVE de DS e do milho, mesmo porque a acidez ativa do solo (pH) foi reduzida com a cobertura viva, como apresentado nas figuras 9I e 10I.

Como esses resultados com *Diodia saponariifolia* são relatados, aparentemente, pela primeira vez na literatura acadêmica, foi utilizado estudos de outras espécies de cobertura viva espontânea para a discussão dos resultados encontrados. Neste contexto, os estudos revisados apresentaram semelhança quanto ao potencial de melhorar a fertilidade do solo com uso de coberturas vivas nos cultivos de: maçãs (SANCHEZ *et al.*, 2005); macadâmias (FIRTH; WHALLEY; JOHNS, 2003); vinhedos (GARCÍA-DÍAZ *et al.*, 2017) e no próprio cultivo de milho (GRABBER e JOKELA, 2013). Deste modo, a presença da DS melhorou a fertilidade do solo sendo esse um dos benefícios ecológicos que geralmente as coberturas vivas do solo oferecem aos sistemas de cultivo (SCHIPANSKI *et al.*, 2014).

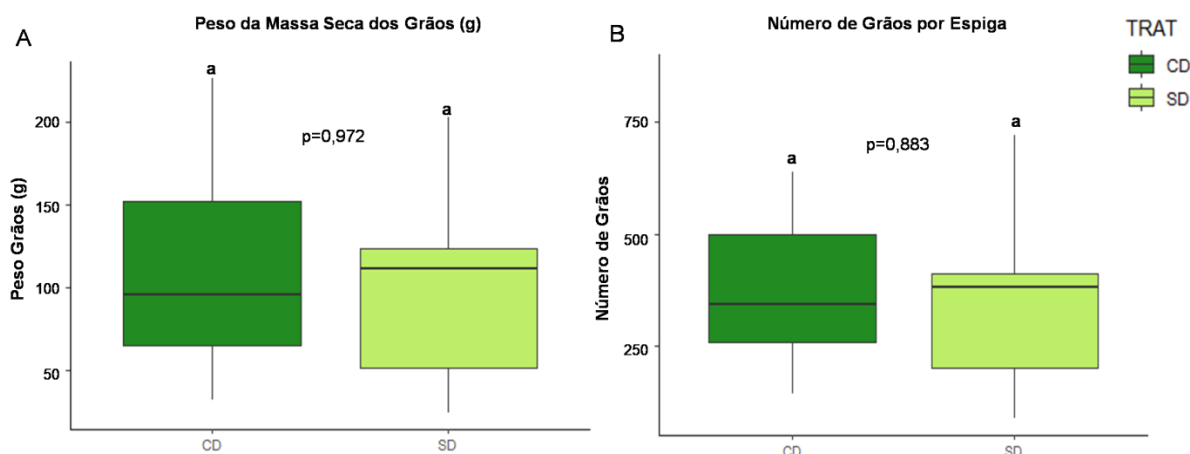
A princípio, este estudo apresentou possíveis contribuições da CVE de DS à fertilidade do solo no cultivo de milho, o qual só foi possível através da adoção do manejo orgânico pela agricultura familiar, na qual a germinação espontânea foi observada e a planta foi mantida no sistema sem capina, na função de controlar outras plantas invasoras que competiriam com as culturas do sistema horta-floresta.

Não obstante, o fato de a área de estudo possuir um Latossolo Amarelo, sob a influência de um clima AW (segundo Koppen e Geiger), implica em limitações agronômicas encontradas intrinsecamente nos Latossolos Amarelos, entre as quais se pode citar a baixa CTC, alto teor de alumínio e baixo pH (EMBRAPA, 2020). Destacando-se, assim, o benefício da DS para aumentar a fertilidade desse solo. Ainda, ROSADO *et al.* (2012) destacaram que o uso de cobertura vegetal num cultivo de banana sob o Latossolo Amarelo promoveu aumento do teor de carbono orgânico no solo, corroborando com os resultados encontrados neste estudo (Figura 9A e 10A).

#### **5.4 *Diodia saponariifolia* sob o cultivo do milho**

O peso da massa seca dos grãos (Figura 11A) e o número de grãos por espiga (Figura 11B), avaliados como medida da produtividade do milho, não apresentaram diferença

significativa entre os tratamentos SD e CD. Este resultado é satisfatório, visto que indica com segurança que a cobertura viva testada não estabelece competição com a cultura do milho.



**Figura 11.** Peso da massa seca em grama (13A) e número de grãos por espiga (13B) do milho nos tratamentos, CD = Com *Diodia saponariifolia* e SD = Sem *Diodia saponariifolia*. As barras pretas horizontais representam a mediana dos valores encontrados; O valor p (*p value*) representa a diferença entre as medianas, sendo seguido por asterisco quando for diferente pela ANOVA em 5% de significância. Letras iguais sobre as barras representam a não significância na diferença entre as medianas. As extremidades inferiores e superiores das caixas coloridas representam os dados do primeiro e terceiro quartil, respectivamente. E as extremidades inferiores e superiores das linhas pretas verticais representam os valores mínimos e máximos dos dados, respectivamente.

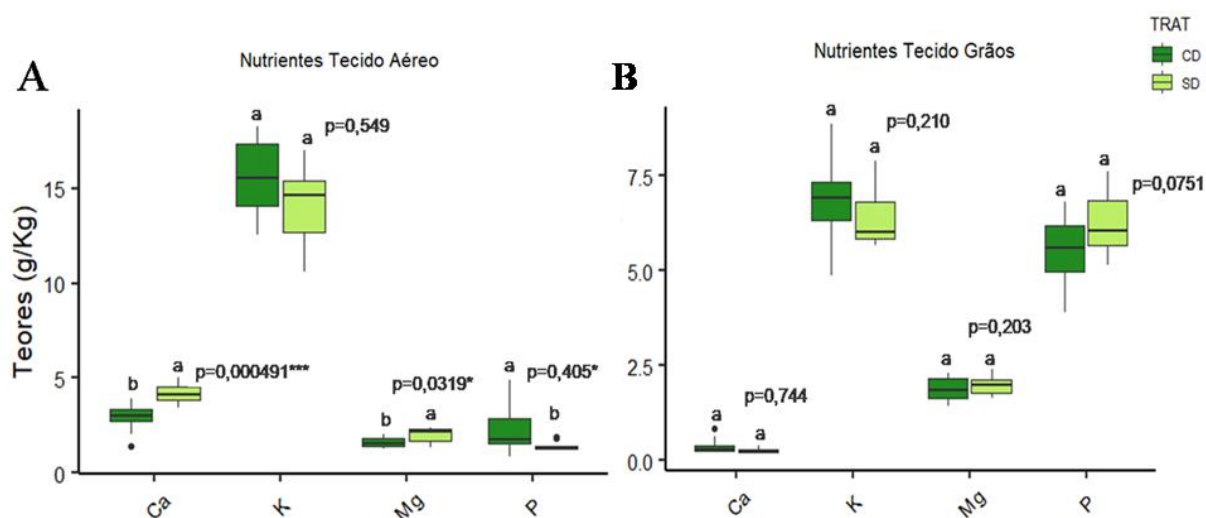
Quanto aos resultados sobre a análise de macronutrientes no tecido aéreo do milho, os teores de cálcio e magnésio foram significativamente maiores no tratamento SD, enquanto o teor de fósforo apresentou valores mais altos no tratamento CD (Figura 12A). O teor de potássio não apresentou diferença entre CD e SD, mas apresentou tendência de ser maior na área CD. Quanto aos nutrientes no tecido dos grãos, para todos os macronutrientes analisados, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos, CD e SD (Figura 12B).

Os resultados obtidos para o tecido aéreo do milho refletem na os menores teores de cálcio e magnésio encontrados na área de CD, assim como os maiores teores de fósforo e potássio no solo (Figuras 9 e 10). Desta forma, para a biomassa verde, os resultados apresentaram correlação relação direta com os teores da fertilidade do solo (Figuras 9 e 10), porém para tecido dos grãos, os resultados não se correlacionaram.

O fósforo foi o nutriente que se destacou sob a presença da cobertura viva de DS, o que beneficiou a nutrição do milho. Como o fósforo é muito absorvido via simbiose micorrízica, é possível inferir que a relação o reflexo da disponibilidade de fósforo no solo



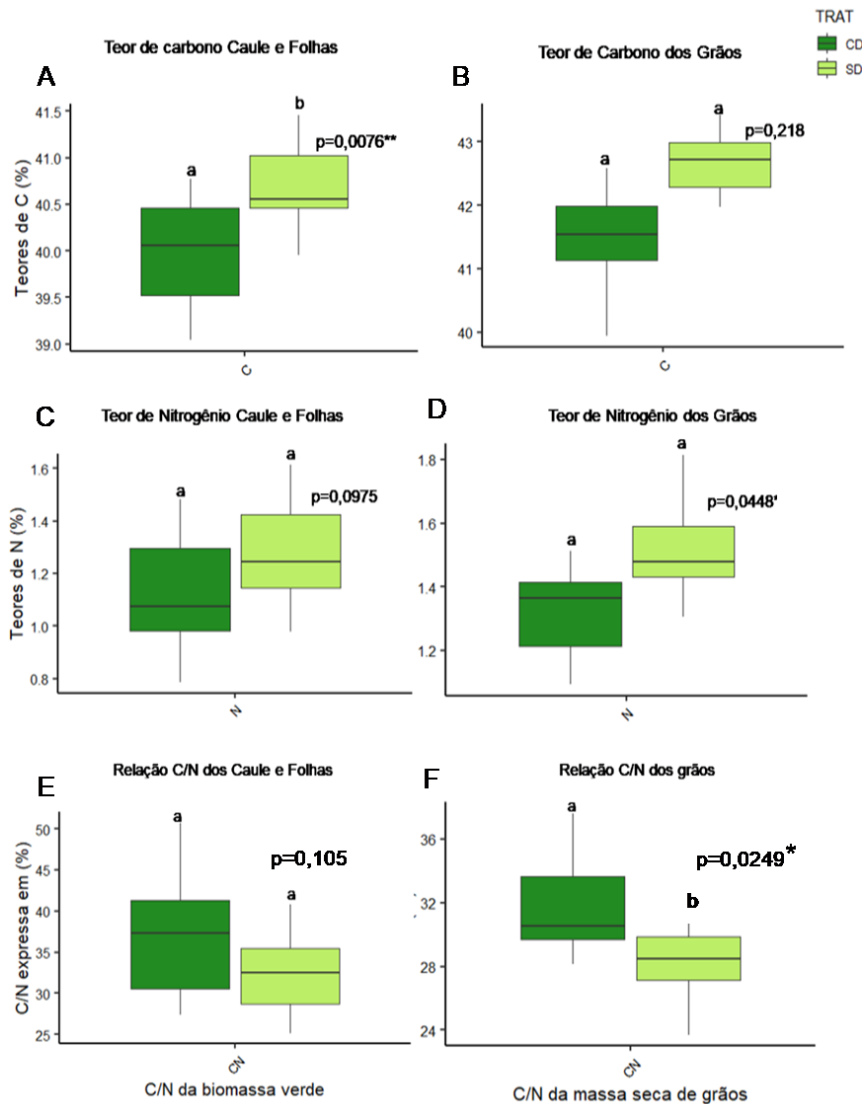
sobre o teor no tecido aéreo do milho se deve a uma participação importante da simbiose micorrízica estimulada pela presença de DS .



**Figura 12.** Teores de Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg) e Fósforo (P) em g/Kg na amostra de biomassa da parte aérea do milho (A) e grãos (B) sob os diferentes tratamentos, CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. As barras pretas horizontais representam a mediana dos valores encontrados; O valor p (*p value*) representa a diferença entre as medianas, sendo seguido por asterisco quando for diferente pela ANOVA em 5% de significância. Letras iguais sobre as barras representam a não significância na diferença entre as medianas. As extremidades inferiores e superiores das caixas coloridas representam os dados do primeiro e terceiro quartil, respectivamente. E as extremidades inferiores e superiores das linhas pretas verticais representam os valores mínimos e máximos dos dados, respectivamente.

Os teores de carbono na biomassa do tecido aéreo (Figura 13A) e no tecido dos grãos do milho (Figura 13B) foram maior no tratamento SD, embora nos grãos a diferença não tenha sido significativa. Os teores de nitrogênio na biomassa do tecido aéreo (Figura 13C) e os grãos (Figura 13D) não apresentaram diferenças entre CD e SD, mas houve tendência de ser maior em SD. Para a relação C/N da biomassa aérea (Figura 13E) e dos grãos (Figura 13F) os resultados tenderam a ser maiores no tratamento CD, mas somente o resultado nos grãos houve significância desse efeito.

Uma maior relação C/N de um material orgânico implica em uma menor taxa de decomposição, ou seja, o material se decompõe mais lentamente (OLIVEIRA, 2019). No caso da parte aérea do milho, pode indicar que houve uma maior taxa fotossintética fixando mais C em relação à absorção de N. Isso se reflete nos grãos, o qual, em termos nutricionais, poderá ter mais energia e menos proteína. GIACOMINI *et al.*, (2003) ao apresentar a influência de uma leguminosa, ervilhaca, usada como *cover crops* no cultivo do milho também encontrou um aumento da relação C/N no tecido da cultura.



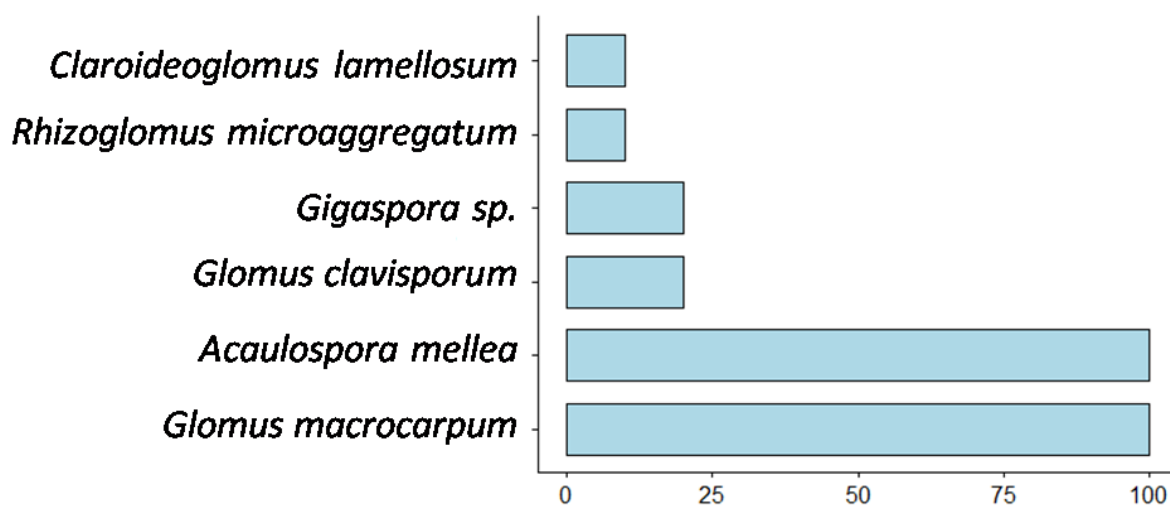
**Figura 13.** Teor de Carbono no tecido aéreo (A); Teor de Carbono no tecido dos grãos (B); Teor de Nitrogênio no tecido aéreo (C); Teor de Nitrogênio no tecido dos grãos (D); Relação Carbono e Nitrogênio no tecido aéreo (E) e Relação Carbono e Nitrogênio no tecido aéreo (F). Sob os diferentes tratamentos: CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. As barras pretas horizontais representam a mediana dos valores encontrados; O valor p (*p value*) representa a diferença entre as medianas, sendo seguido por asterisco quando for diferente pela ANOVA em 5% de significância. Letras iguais sobre as barras representam a não significância na diferença entre as medianas. As extremidades inferiores e superiores das caixas coloridas representam os dados do primeiro e terceiro quartil, respectivamente. E as extremidades inferiores e superiores das linhas pretas verticais representam os valores mínimos e máximos dos dados, respectivamente.

### 5.5 *Diodia saponariifolia* e a ocorrência de espécies FMAs

Os gêneros dominantes encontrados na área total do estudo foram *Glomus*, seguido por *Acaulospora* e *Gigaspora*. Estes resultados corroboram quanto à frequência generalista que os gêneros *Glomus* (TRAPPE, 1987; TINKER, 1975) e *Acaulospora* (TREJO *et al.*, 2015) apresentam em vários ecossistemas tropicais. O gênero *Gigaspora* é mais comum em

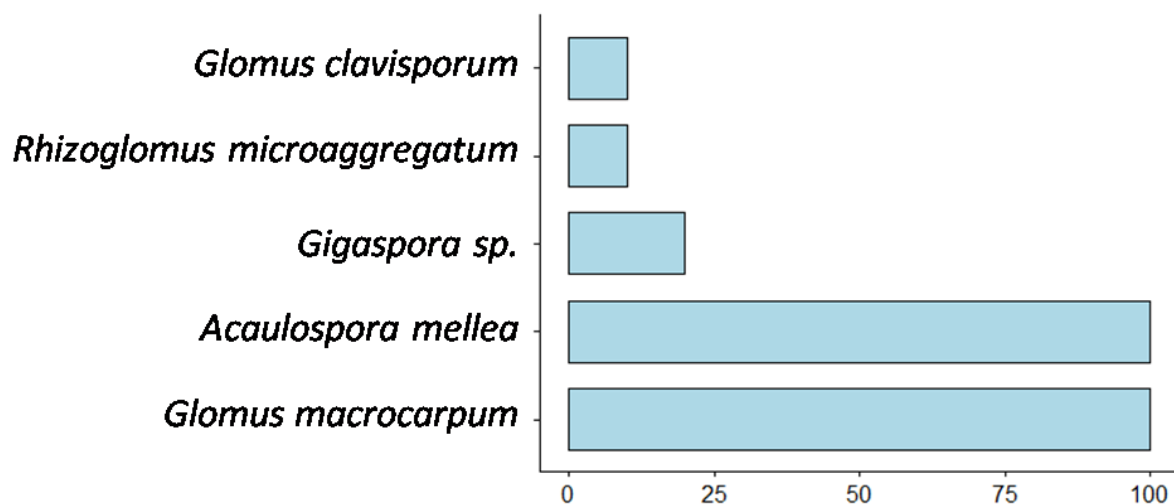
solos ácidos, se apresentando como gênero menos generalista em áreas agrícolas (ONG *et al.*, 2012).

O tratamento CD proporcionou a ocorrência de seis espécies, duas pertencentes ao gênero *Glomus*; uma pertencente ao *Acaulospora*, uma ao *Gigaspora*, uma ao *Rhizoglomus* e uma ao *Claroideoglomus*, em um total de 5 gêneros. A frequência de ocorrência das espécies no tratamento CD (Figura 14) indica que as dominantes foram *Glomus macrocarpum* e *Acaulospora mellea*, seguidas de *Glomus clavisporum* e *Gigaspora sp.* As menos comuns foram *Rhizoglomus microaggregatum* e *Claroideoglomus lamellosum*.



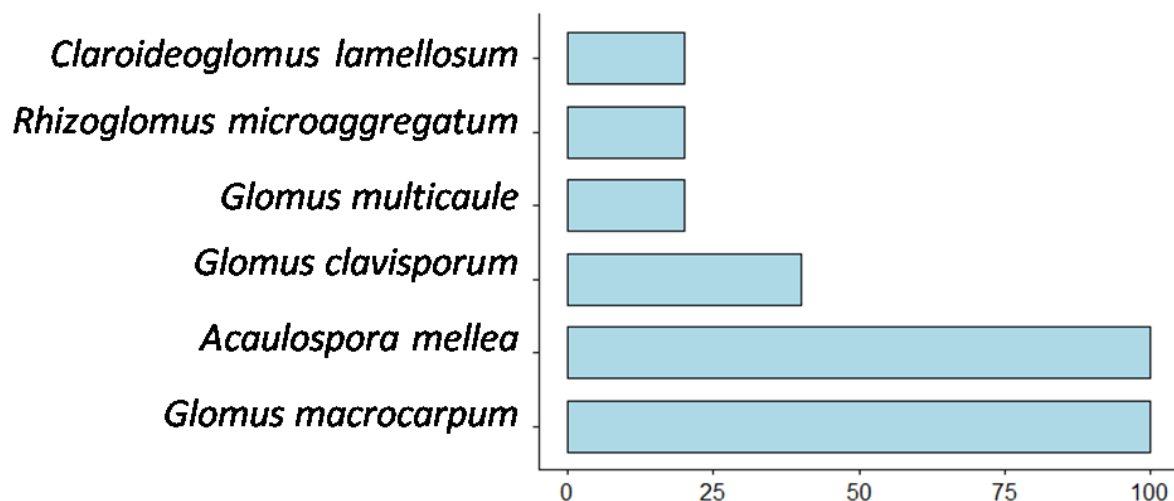
**Figura 14.** Frequência de Ocorrência das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares encontradas no milho com a *Diodia saponariifolia* (CD).

No tratamento SD ocorreram os mesmos gêneros e espécies, excetuando-se *Claroideoglomus lamellosum* (Figura 15). Nesta área as espécies dominantes também foram *Glomus macrocarpum* e *Acaulospora mellea*, seguida de *Gigaspora sp.*. Entretanto *Glomus clavisporum*, apresentou menor ocorrência que na área CD e não houve a ocorrência de *Claroideoglomus lamellosum*.



**Figura 15.** Frequência de Ocorrência das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares encontrados no milho sem a *Diodia saponariifolia* (SD).

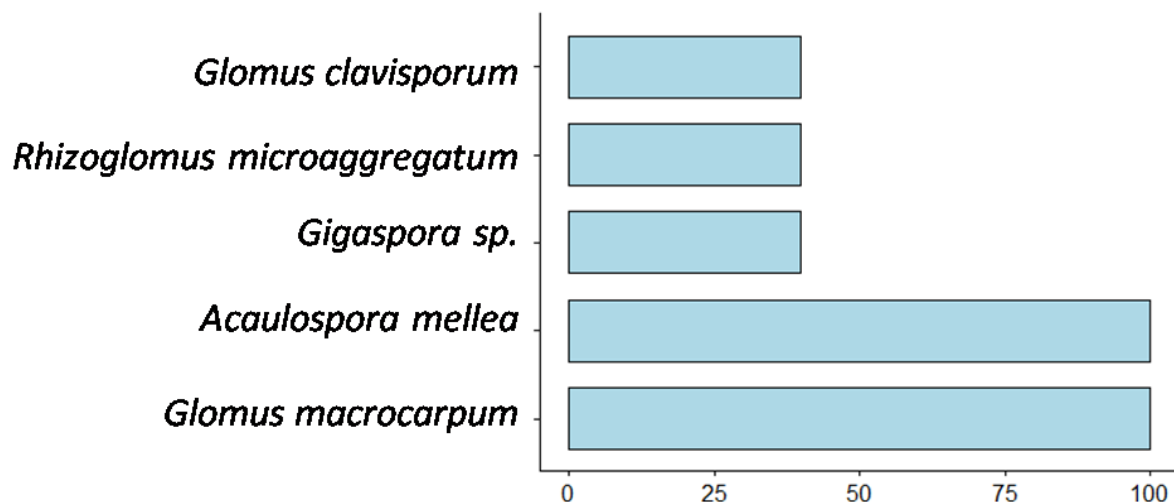
O torrão de *D. saponariifolia* (TCD) amostrado na entrelinha do milho apresentou a ocorrência de gêneros e espécies similar a da área CD, porém não se recuperou *Gigaspora sp.*, mas encontrou-se adicionalmente *Glomus multicaule* (Figura 16) As espécies dominantes foram também *Glomus macrocarpum* e *Acaulospora mellea*, seguida de *Glomus clavisporum*. As espécies menos comuns foram *Glomus multicaule*, *Rhizogloium microaggregatum* e *Claroideogloium lamellosum*.



**Figura 16.** Frequência de Ocorrência das espécies de fungos micorrízicos arbusculares encontrados na rizosfera de *D. saponariifolia* (TCD).

No torrão amostral da entrelinha de milho com ausência *D. saponariifolia* (TSD) a ocorrência de gêneros e espécies foram similares às encontradas na área SD (Figura 17). Tal como em todas as amostras, as espécies dominantes foram *Glomus macrocarpum* e

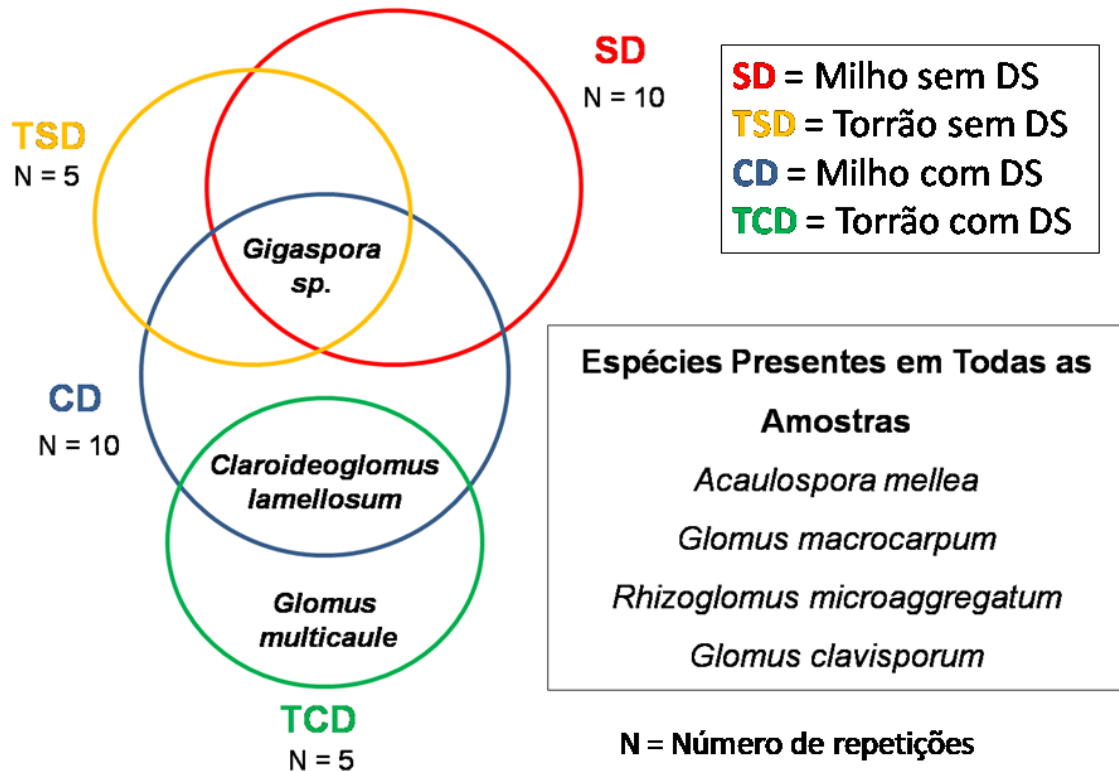
*Acaulospora mellea*. As espécies menos comuns nesta amostra foram *Gigaspora sp.*; *Rhizoglosum microaggregatum* e *Glomus clavisporum*.



**Figura 17.** Frequência de Ocorrência das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares encontrados nas amostras de solo de entrelinha do milho sem a cobertura viva de *D. saponariifolia* (TSD).

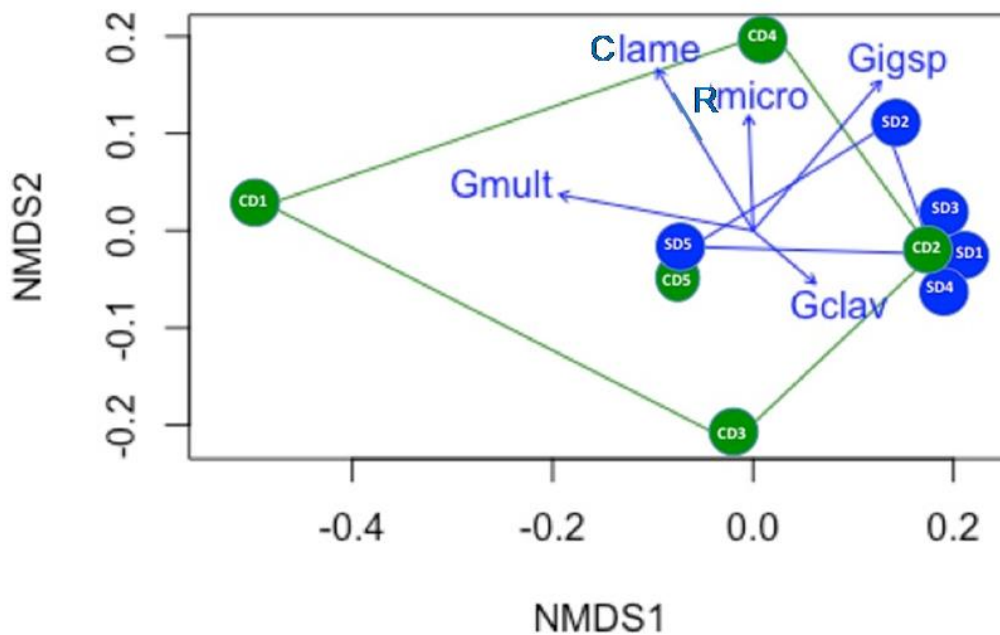
Diante de tais resultados de frequência de ocorrência de espécies de FMAs pode-se inferir similaridades e dissimilaridades correlacionadas quanto à presença e ausência de DS (Figura 18). Ante a isto, este estudo fez o registro de sete espécies de FMAs, sendo quatro delas onipresentes em todas as amostras: *A. mellea*; *G. clavisporum*; *G. macrocarpum* e *R. microaggregatum*. A ocorrência da *Gigaspora sp* tendeu a estar relacionada a presença do milho ou ausência da cobertura de DS. A ocorrência de *Claroideoglosum lamellosum* e *Glomus multicaule* tendeu a estar relacionada as amostras que apresentavam a cobertura de DS.

Portanto, pode se inferir que a ocorrência dessas três espécies, *Gigaspora sp.*, *C. lamellosum* e *G. multicaule*, foram determinadas pela presença do milho ou da DS na área de estudo, onde a *Gigaspora sp.* possivelmente apresentou relação negativa quanto à presença da DS e as espécies *C. lamellosum* e *G. multicaule* apresentaram relação positiva para com a presença de DS. Possivelmente, além da compatibilidade preferencial com a planta hospedeira, a ocorrência destas espécies também pode ter sido afetada devido às diferenças das características químicas de fertilidade já discutidas anteriormente. Visto que diferenças de fertilidade afetam a ocorrência micorrízica (JÚNIOR e DA SILVA, 2006).



**Figura 18.** Ocorrência das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares encontrada nos diferentes estratos amostrais: milho com *Diodia saponariifolia* - DS (CD); milho sem a *Diodia saponariifolia* (SD); somente amostra de *Diodia saponariifolia* (TCD); e amostra sem o milho e sem a *Diodia saponariifolia* (TSD) e número de repetições (N) de cada estrato amostral.

As similaridades/dissimilaridades entre a ocorrência de espécies de FMAs e as cinco repetições do tratamentos CD e SD foram avaliadas por análise multivariada, através do escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) (Figura 19). A ocorrência da espécie *Gigaspora sp.* apresentou correlação significativamente positiva à ausência da DS ( $p=0,014^*$ ) e a *C. lamellosum* apresentou correlação significativamente positiva quanto à presença da DS ( $p=0,025^*$ ), confirmando as inferências feitas acima baseadas na figura 18. As demais espécies não apresentaram correlações significativas, considerando  $p > 0,07$ .

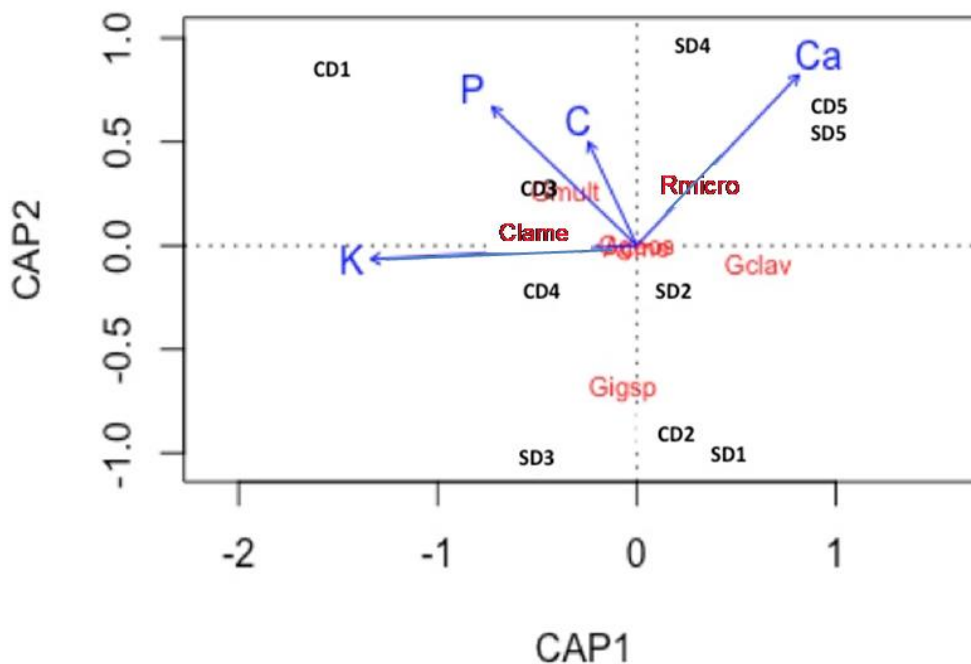


**Figura 19.** Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) das espécies de FMA encontrada nos tratamentos com *D. saponarifolia* (CD) sem *D. saponarifolia* (SD) sob a distância de Jaccard, a qual está representada pelas setas azuis, onde quanto maior o comprimento da mesma mais representativa é a ocorrência da espécie sob os tratamentos. Gigsp: *Gigaspora sp.*; Clame: *Claroideoglosum lamellosum*; Gmult: *Glomus multicaule*; Gclav: *Glomus clavisporum*; Rmicro: *Rhizoglosum microagretum*.

Sobre a presença de *Gigaspora sp.* neste estudo, pode ser inferida que sua presença foi estimulada pela acidez do solo, visto que é espécie que se adapta bem a essa condição comum no manejo ecológico do solo. De acordo com DOUDS JR; JANKE; PETERS (1993), o tipo de sistema de cultivo influencia a distribuição de espécies FMA, onde encontraram *Gigaspora sp.* em áreas sob o manejo sustentável. Quanto à presença de *C. lamellosum* e *G. multicaule* neste estudo pode se inferir que a espécie apresenta similaridade a presença de DS através dos estímulos ambientais promovidos pela cobertura viva espontânea. Em consonância com esta observação, DALPÉ; KOSKE; TEWS (1992) constataram a afinidade de *C. lamellosum* com uma CVE perene (gramínea). Não obstante, SELVAKUMAR *et al.* (2016) encontraram potencial alto de esporulação no solo de *C. lamellosum* (391 esporos por 100 g de solo) o que pode ter coincido com as boas condições de esporulação pela DS (Figura 8).

Para uma abordagem holística dos resultados encontrados, realizou-se a análise canônica de coordenadas principais (Figura 20) verificando as similaridades/dissimilaridades entre as variáveis ambientais do solo: potássio (K); fósforo (P); carbono (C); cálcio (Ca) e a ocorrência FMA sob os diferentes tratamentos, cultivo do milho com a *Diodia saponariifolia* (CD) e cultivo do milho sob a ausência da *Diodia saponariifolia* (SD). O componente

principal do eixo 1 (CAP1), explicou 51 % das variáveis e o componente principal do eixo 2 (CAP2), explicou 33% das variações. O teor de potássio apresentou correlação positiva com a ocorrência da espécie *C. lamellosum* ( $p = 0,044^*$ ); O teor de cálcio apresentou correlação positiva com a ocorrência de *G. microaggregatum* ( $p = 0,064^{**}$ ) Os demais teores de nutrientes não apresentaram correlação significativa com variáveis do solo, apesar de *G. multicaule* apresentoar tendência de correlacionar se positivamente com os teores de fósforo e carbono no solo.



**Figura 20.** Representação gráfica biplot da análise canônica de coordenadas principais (CAP) usando a distância de jaccard para avaliar similaridades entre as variáveis ambientais do solo: potássio (K); fósforo (P); carbono (C); cálcio (Ca) e a ocorrência de espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) sob os diferentes tratamentos, cultivo do milho com a *Diodia saponariifolia* (CD) e cultivo do milho sob a ausência da *Diodia saponariifolia* (SD). Ggsp: *Gigaspora sp.*; Glame: *Claroideoglosum lamellosum*; Gmul: *Glomus multicaule*; Gclav: *Glomus clavisporem*; Gmicro: *Glomus microaggregatum*. As siglas Amell: *Acaulospora mellea* e Ggeo de *Glomus geosporum* ficaram sobrepostas no gráfico. Quanto maior o comprimento das setas azuis mais representativas é a correlação entre as variáveis do solo e espécie de FMAs.

Diante de tais resultados entre ocorrência de FMAs e teores de nutrientes no solo, o possível efeito da cobertura de DS na fertilidade do solo e na sua contribuição para a nutrição do milho, é possível a inferência da hipótese que a DS associada aos FMAs *C. lamellosum* e *G. multicaule*, seja responsável pela maior disponibilidade de P e teor de C no solo, devido a possibilidade desta cobertura viva buscar com suas micorrizas o P escasso no solo e concentrar na matéria orgânica depositada superficialmente no solo.



Além disso, LIAO *et al.* (2021) revelaram que a *C. lamellosum* promoveu maior resistência quanto ao estresse hídrico submetido às mudas de canela. Diante disto, KERBAUY (2004), explica que o equilíbrio entre a concentração de potássio intracelular e extracelular permite o equilíbrio osmótico, o qual mantém a concentração de água no meio intracelular e a estabilidade no volume das células. Sob tal associação, pode inferir também que o efeito hipotetizado para o fósforo tenha ocorrido paralelamente também com o potássio, visto a grande correlação observada na análise canônica (Figura 20).

A análise canônica também indica que a presença da *R. microaggregatum* pode ter sido estimulada pela presença de cálcio, o que corrobora FREITAS (2005) que observou melhor adaptação da *R. microaggregatum* em solos com o pH mais elevado, assim, a espécie pode apresentar relação a presença de bases no solo, tal como o cálcio.

## 6 CONCLUSÃO

A espécie *Diodia saponariifolia* estabelece simbiose com os fungos micorrízicos arbusculares.

A cobertura viva espontânea de *Diodia saponariifolia* promove benefícios de aumentar os teores de N, P e K e C no solo, aumentar o pH, aumentar a esporulação e diversidade de FMAs, sendo que esse conjunto reflete em melhor nutrição do milho em cultivo agroecológico.

A cobertura viva do solo com *Diodia saponariifolia* diminuiu os teores de Ca e Mg no solo, mostrando ser bastante exigente nestes nutrientes.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fim de contribuir com a continuidade deste estudo de uso de *Diodia saponariifolia* como cobertura viva associada com fungos micorrízicos arbusculares em sistemas de cultivo orgânico, sugere-se que no futuro sejam avaliados os teores de nutrientes do tecido da *D. saponariifolia* quando inoculada com diferentes espécies de fungos micorrízicos, particularmente com as indicadas neste estudo como de ocorrência preferencial na sua rizosfera. Com isto, será também possível avaliar se a *D. saponariifolia* causa aumento do dreno de Ca e Mg do solo e elevação da acidez potencial nos solos pobres destas bases. Há também a necessidade de avaliar a capacidade da cobertura viva de multiplicar diferentes FMAs.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFAIA, S. S.; AYRES, M. I. C.; ALVAREZ PUENTE, R. J.; FERNANDES NETO, J. G.; UGUEN, K. **Cartilha para produtores rurais: princípios agroecológicos para o manejo ecológico do solo e a saúde das áreas produtivas**. 1ª ed. Manaus: Editora INPA, 2018. 24 p.
- ATUCHA, A.; MERWIN, I. A.; BROWN, M. G.; GARDIAZABAL, F.; MENA, F.; ADRIAZOLA, C.; GOEBEL, M.; BAUERLE, T. Root distribution and demography in an avocado (*Persea americana*) orchard under groundcover management systems. **Functional Plant Biology**, v. 40, n. 5, p. 507-515, 2013.
- BABU, A. G.; REDDY, M. S. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with plants growing in fly ash pond and their potential role in ecological restoration. **Current Microbiology**, v. 63, n. 3, p. 273-280, 2011.
- BELLON, M. R.; GOTOR, E.; CARACCILO, F. Conserving landraces and improving livelihoods: how to assess the success of on-farm conservation projects? **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 13, n. 2, p. 167-182, 2015.
- BONFANTE, P.; GENRE, A. Plants and arbuscular mycorrhizal fungi: an evolutionary-developmental perspective. **Trends in plant science**, v. 13, n. 9, p. 492-498, 2008.
- BUZO, F. S. **Micorrizas na cultura do milho: promoção de crescimento e maior eficiência da adubação fosfatada**. 99 f. Dissertação, (Mestrado em Sistema de Produção) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, São Paulo, SP, 2021.
- CABRAL, E.; SALAS, R. *Diodia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB13936>>. Acesso em: 17 jun. de 2021.
- CANALI, S.; CAMPANELLI, G.; CIACCIA, C.; TITTARELLI, F.; BAVEC, F.; FRAGSTEIN, P. V.; BURGIO, G.; ORTOLANI, L.; KRISTENSEN, HL. System assessment of organic living mulch for cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) cropping systems. **Acta Horticulturae**, n. 1103, p. 91-99, 2015.
- CARBONNEL, S.; GUTJAHR, C. Control of arbuscular mycorrhiza development by nutrient signals. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 462, 2014.
- CHIFETETE, V. W.; DAMES, J. F. Mycorrhizal Interventions for Sustainable Potato Production in Africa. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 264, 2020.
- CLIMATE DATA. Clima Cachoeiras de Macacu (Brasil). 2019. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/cachoeiras-de-macacu-33704/>>. Acesso em: 15 jun. de 2021.
- CORDEIRO, C. F. S.; BATISTA, G. D.; LOPES, B. L.; ECHER, F. R. Cover crop increases soybean yield cropped after degraded pasture in sandy soil1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 514-521, 2021.

CREISSEN, H. E.; JORGENSEN, T. H.; BROWN, J. K.M. Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes. **Crop Protection**, v. 85, p. 1-8, 2016.

DALPÉ, Y.; KOSKE, R. E.; TEWS, L. L. *Glomus lamellosum* sp. nov.: a new Glomaceae associated with beach grass. **Mycotaxon**, v. 43, p. 289-293, 1992.

DE CARVALHO GOMES, L.; CARDOSO, I. M.; MENDONÇA, E. S.; FERNANDES, R. B. A.; LOPES, V. S.; OLIVEIRA, T. S. Trees modify the dynamics of soil CO<sub>2</sub> efflux in coffee agroforestry systems. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 224, p. 30-39, 2016.

DE SOUZA, H. A.; LEITE, L. F. C.; MEDEIROS, J. C. Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste. Livro Científico, Embrapa Meio-Norte, Brasília, DF, 2021. 595f.

DOUDS JR, D. D.; JANKE, R. R.; PETERS, S. E. VAM fungus spore populations and colonization of roots of maize and soybean under conventional and low-input sustainable agriculture. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 43, n. 3-4, p. 325-335, 1993.

DUAN, J.; LIU, YJ.; TANG, CJ.; SHI, ZH. Role of groundcover management in controlling soil erosion under extreme rainfall in citrus orchards of southern China. **Journal of Hydrology**, v. 582, p. 124290, 2020.

EMBRAPA. M. E. C. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Embrapa Solos, 2. ed. rev. atual, Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA: Por que inserir árvores nos sistemas agropecuários?. Embrapa Agrobiologia, Seropédica – RJ. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agrobiologia/arvores-na-agricultura/sobre-o-sistema>>. Acesso em 14 de outubro de 2020.

FERRARA, R. M.; CAROZZI, M.; DECUQ, C.; LOUBET, B.; FINCO, A.; MARZUOLI, R.; GEROSA, G.; DI TOMMASI, P.; MAGLIULO, V.; RANA, G. Ammonia, nitrous oxide, carbon dioxide, and water vapor fluxes after green manuring of faba bean under Mediterranean climate. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 315, p. 107439, 2021.

FERREIRA, L. S. **Potencial de Espécies Locais na Diversificação dos Agroecossistemas, Como Culturas de Cobertura, no Manejo de Plantas Espontâneas**. 76 f. Dissertação, (Mestrado em Agricultura Orgânica) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

FIDALGO, E. C. C.; CARVALHO JÚNIOR, W.; GODOY, PINTO, M. D. Análise da qualidade do modelo digital de elevação para representação da bacia hidrográfica do rio GuapiMacacu, RJ. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, p. 25-30, 2009.

FIRTH, D. J.; WHALLEY, R. D. B.; JOHNS, G. G. Legume groundcovers have mixed effects on growth and yield of *Macadamia integrifolia*. **Australian journal of experimental agriculture**, v. 43, n. 4, p. 419-423, 2003.

FLEISHMAN, S. M.; BOCK, H. W.; EISSENSTAT, D. M.; CENTINARI, M. Undervine groundcover substantially increases shallow but not deep soil carbon in a temperate vineyard. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 313, p. 107-362, 2021.

FREITAS, R. O. **Associação entre fungos micorrízicos arbusculares e espécies pioneiras em capoeiras na Amazônia Central**. 80 f. Dissertação, (Mestrado em Ciências Agrárias) Universidade Federal do Amazonas, Instituição Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, 2005.

GARCÍA-DÍAZ, A.; BIENES, R.; SASTRE, B.; NOVARA, A.; GRISTINA, L.; CERDÀ, A. Nitrogen losses in vineyards under different types of soil groundcover. A field runoff simulator approach in central Spain. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 236, p. 256-267, 2017.

GARCÍA-GONZÁLEZ, I.; HONTORIA, C.; GABRIEL, J. L.; ALONSO-AYUSO, M.; QUEMADA, M. Cover crops to mitigate soil degradation and enhance soil functionality in irrigated land. **Geoderma**, v. 322, p. 81-88, 2018.

GARCÍA-GONZÁLEZ, I.; GARCÍA-DÍAZ, A.; SASTRE, B.; TEUTSCHEROVA, N.; PÉREZ, M. Á.; BIENES, R.; ESPEJO, R.; HONTORIA, C. Mycorrhizal, nutritional and virgin olive oil parameters affected by groundcovers. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 182, n. 5, p. 815-823, 2019.

GERDEMANN, JW; NICOLSON, T. HS. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, n. 2, pág. 235-244, 1963.

GIACOMINI, Sandro J.; GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New phytologist**, p. 489-500, 1980.

GOTOR, E.; BELLON, A.; POLAR, V.; CARACCILO, F. Assessing the benefits of Andean crop diversity on Farmers' livelihood: Insights from a development Programme in Bolivia and Peru. **Journal of International Development**, v. 29, n. 7, p. 877-898, 2017.

GRABBER, J. H.; JOKELA, W. E. Off-season groundcover and runoff characteristics of perennial clover and annual grass companion crops for no-till corn fertilized with manure. **Journal of soil and water conservation**, v. 68, n. 5, p. 411-418, 2013.

GRABBER, J. H. Prohexadiona – cálcio melhora a densidade do estande e o rendimento da alfafa semeada na silagem de milho. *Agronomy Journal*, v. 108, n. 2, pág. 726-735, 2016.

GRACE, C.; STRIBLEY, D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, v. 95, n. 10, p. 1160-1162, 1991.

HOUSMAN, M.; TALLMAN, S.; JONES, C.; MILLER, P.; ZABINSKI, C. Soil biological response to multi-species cover crops in the Northern Great Plains. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 313, p. 107373, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2. ed. rev. ampl. 2012. 271 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Em alta, agricultura orgânica reúne todos os elementos da produção sustentável. Revista Retratos. Disponível em <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/25126-em-alta-agricultura-organica-reune-todos-os-elementos-da-producao-sustentavel#:~:text=Dados%20do%20Censo%20Agropecu%C3%A1rio%20do,saltando%20de%205.106%20para%2068.716>> Acesso em 01/08/2021.

ISBELL, F.; ADLER, P. R.; EISENHAUER, N.; FORNARA, D.; KIMMEL, K.; KREMEN, C.; LETOURNEAU, D. K.; LEIBMAN, M.; POLLEY, H. W.; QUIJAS, S.; SCHERER-LORENZEN, M. Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. **Journal of Ecology**, v. 105, n. 4, p. 871-879, 2017.

JACKSON, L. E.; PULLEMAN, M. M.; BRUSSAARD, L.; BAWA, K. S.; BROWN, G. G.; CARDOSO, I. M.; DE RUITER, P. C.; GARCÍA-BARRIOS, L.; HOLLANDER, A. D.; LAVELLE, P.; OUÉDRAOGO, E.; PASCUAL, U.; SETTY, S.; SMUKLER, S. M.; TSCHARNTKE, T.; VAN NOORDWIJK, M. Social-ecological and regional adaptation of agrobiodiversity management across a global set of research regions. **Global environmental change**, v. 22, n. 3, p. 623-639, 2012.

JENKINS, WR. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter** 1964 Vol.48 No.9 pp.692

JONHSON, N. C.; GIBSON, K. S. Understanding multilevel selection may facilitate management of arbuscular mycorrhizae in sustainable agroecosystems. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 2316, 2021.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; DA SILVA, E. M. R. Micorriza arbuscular–Papel, funcionamento e aplicação da simbiose. **Miolo\_Biota**, v. 12, n. 32, p. 101-150, 2006.

KARAGIANNIDIS, N.; THOMIDIS, T.; LAZARI, D.; PANOU-FILOTHEOU, E.; KARAGIANNIDOU, C. Effect of three Greek arbuscular mycorrhizal fungi in improving the growth, nutrient concentration, and production of essential oils of oregano and mint plants. **Scientia horticulturae**, v. 129, n. 2, p. 329-334, 2011.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara. Koogan, 3ª Edição, 2004. 452 p.

KLODD, A. E.; EISSENSTAT, D. M.; WOLF, T. K. CENTINARI, M. Coping with cover crop competition in mature grapevines. **Plant and Soil**, v. 400, n. 1-2, p. 391-402, 2016.

KOSKEY, R. E. A convenient, permanent slide mounting medium. **Newsletter Mycol. Soc. Amer.**, v. 34, p. 59, 1983.

LAMAS Fernando Mendes (2017). Plantas de cobertura: O que é isto? Research, Development and Innovation: Embrapa Agropecuária Oeste. Disponível em <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto>>. Acesso em 10 de set. de 2021.

LANFRANCO, L.; FIORILLI, V.; GUTJAHR, C. Partner communication and role of nutrients in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**, v. 220, n. 4, p. 1031-1046, 2018.

LARA-PÉREZ, L. A.; OROS-ORTEGA, I.; CÓRDOVA-LARA, I.; ESTRADA-MEDINA, H.; O'CONNOR-SÁNCHEZ, A.; GÓNGORA-CASTILLO, E.; SÁENZ-CARBONELL, L. Seasonal shifts of arbuscular mycorrhizal fungi in *Cocos nucifera* roots in Yucatan, Mexico. **Mycorrhiza**, v. 30, n. 2, p. 269-283, 2020.

LI, C.; DONG, G.; SUI, B.; WANG, H.; ZHAO, L. Effects of Grassland Conversion in the Chinese Chernozem Region on Soil Carbon, Nitrogen, and Phosphorus. **Sustainability**, v. 13, n. 5, p. 2554, 2021.

LI, L.; MCCORMACK, M. L.; CHEN, F.; WANG, H.; MA, Z.; GUO, D. Different responses of absorptive roots and arbuscular mycorrhizal fungi to fertilization provide diverse nutrient acquisition strategies in Chinese fir. **Forest Ecology and Management**, v. 433, p. 64-72, 2019.

LI, L.; KONKEL, J.; JIN, V. L.; SCHAEFFER, S. M. Conservation management improves agroecosystem function and resilience of soil nitrogen cycling in response to seasonal changes in climate. **Science of The Total Environment**, v. 779, p. 146457, 2021..

LIAO, X.; CHEN, J.; GUAN, R.; LIU, J.; SUN, Q. Two Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alleviates Drought Stress and Improves Plant Growth in *Cinnamomum migao* Seedlings. **Mycobiology**, v. 49, n. 4, p. 396-405, 2021.

LIN, B. B. Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. **BioScience**, v. 61, n. 3, p. 183-193, 2011.

LIU, R.; THOMAS, B. W.; SHI, X.; ZHANG, X.; WANG, Z.; ZHANG, Y. Effects of ground cover management on improving water and soil conservation in tree crop systems: A meta-analysis. **CATENA**, v. 199, p. 105085, 2021.

LIU, YL.; NI, XM.; XU, LM.; ZHAO, JR. The Investigation and evaluation of three wild and shade-tolerant ground cover plants [J]. **Pratacultural science**, v. 9, 2004.

LORIN, M.; JEUFFROY, M.-H.; BUTIER, A.; VALANTIN-MORISON, M. Undersowing winter oilseed rape with frost-sensitive legume living mulches to improve weed control. **European Journal of Agronomy**, v. 71, p. 96-105, 2015.

LOWDER, S. K.; SKOET, J.; RANEY, T. The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide. **World Development**, v. 87, p. 16-29, 2016.

MA, J.; HAN, L. B.; JIANG, T. Assessment of ecological benefit for the introduction of drought-resistance and wild herbaceous ground cover species in Beijing area. **Beijing Linye Daxue Xuebao / Journal of Beijing Forestry University**, v. 28, p. 51-54, 2006.

MARTIN, G.; DURAND, J.-L.; DURU, M.; GASTAL, F.; JULIER, B.; LITRICO, I.; MEDIENE, G. L. S.; MOREAU, D.; VALENTIN-MORISON, M.; NOVAK, S.; PARNAUDEAU, V.; PASCHALIDOU, F.; VERTÈS, F.; VOISIN, A.-S.; CELLIER, P.; JEUFFROY, M.-H. Role of ley pastures in tomorrow's cropping systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 40, p. 1-25, 2020.

MARTINS, A. L. U. **Conservação da Agrobiodiversidade: saberes e estratégias da Agricultura Familiar na Amazônia**. 213 f. Tese, (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2016.

MELGAR, E. Geografia: Os domínios dos mares de morros e das pradarias. Folha de São Paulo, São Paulo. 11 jul. 2002. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/educacao/ult305u9854.shtml>> Acesso em: 13 de jun. de 2019.

MIDWOOD, A. J.; HANNAM, K. D.; FORGE, T. A.; NEILSEN, D.; EMDE, D.; JONES, M. D. Importance of drive-row vegetation for soil carbon storage in woody perennial crops: A regional study. **Geoderma**, v. 377, p. 114591, 2020.

MIJATOVIĆ, D.; VAN OUDENHOVEN, F.; EYZAGUIRRE, P.; HODGKIN, T. The role of agricultural biodiversity in strengthening resilience to climate change: towards an analytical framework. **International journal of agricultural sustainability**, v. 11, n. 2, p. 95-107, 2013.

MOORE, K. J.; ANEX, R. P.; ELOBEID, A. E.; FEI, S.; FLORA, C. B.; GOGGI, A. S.; JACOBS, K. L.; JHA, P.; KALEITA, A. L.; KARLEN, D. L.; LAIRD, D. A.; LENSSEN, A. W.; LÜBBERSTEDT, T.; MCDANIEL, M. D.; RAMAN, D. R.; WEYERS, S. L. Regenerating agricultural landscapes with perennial groundcover for intensive crop production. **Agronomy**, v. 9, n. 8, p. 458, 2019.

MOREIRA, S. D.; FRANÇA, A. C.; ROCHA, W. W.; TIBÃES, E. S. R.; NEIVA JÚNIOR, E. Inoculação com fungos micorrízicos no crescimento e tolerância ao déficit hídrico em mudas de café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 11, p. 747-752, 2018.

MURRELL, E. G.; RAY, S.; LEMMON, M. E.; LUTHE, D. S.; KAYE, J. P. Cover crop species affect mycorrhizae-mediated nutrient uptake and pest resistance in maize. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 35, n. 5, p. 467-474, 2020.

MUTHUKUMAR, T.; UDAIYAN, K. Growth and yield of cowpea as influenced by changes in arbuscular mycorrhiza in response to organic manuring. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 188, n. 2, p. 123-132, 2002.

MUTHUKUMAR, T.; UDAIYAN, K.. Growth response and nutrient utilization of Casuarina equisetifolia seedlings inoculated with bioinoculants under tropical nursery conditions. **New Forests**, v. 40, n. 1, p. 101-118, 2010.

NAVARRO-CERRILLO, R. M.; ARIZA, D.; GONZÁLEZ, L.; DEL CAMPO, A.; ARJONA, M.; CEACERO, C. Legume living mulch for afforestation in agricultural land in Southern Spain. **Soil and Tillage Research**, v. 102, n. 1, p. 38-44, 2009.

NOGALES, A.; ROTTIER, E.; CAMPOS, C.; VICTORINO, G.; COSTA, J. M.; COITO, J. L.; PEREIRA, H. S.; VIEGAS, W.; LOPES, C. The effects of field inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi through rye donor plants on grapevine performance and soil properties. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 313, p. 107369, 2021.

NOURI, E.; BREUILLIN-SESSOMS, F.; FELLER, U.; REINHARDT, D. Phosphorus and nitrogen regulate arbuscular mycorrhizal symbiosis in *Petunia hybrida*. **PLoS one**, v. 9, n. 3, p. e90841, 2014.

NOVARA, A.; CATANIA, V.; TOLONE, M.; GRISTINA, L.; LAUDICINA, V. A.; QUATRINI, P. Cover crop impact on soil organic carbon, nitrogen dynamics and microbial diversity in a Mediterranean semiarid vineyard. **Sustainability**, v. 12, n. 8, p. 3256, 2020.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECES, E.; WAGNER, H. Pacote 'vegan'. Pacote de ecologia da comunidade, versão, v. 2, n. 9, pág. 1-295, 2013.

OLIVEIRA, A. B.; Leite, R. M. V. B. C.; Balbinot Junior, A. A.; Seixas, C. D. S.; Kern, H. S. COLEÇÃO 500 PERGUNTAS, 500 RESPOSTAS. Embrapa, Brasília, 2019. 274p.

OLIVEIRA, J. A.; SALIMENA, F. R. G.; ZAPPI, D.. Rubiaceae of Serra Negra, Minas Gerais, Brazil. **Rodriguésia**, v. 65, n. 2, p. 471-504, 2014.

ONG, K. H.; CHUBO, JOHN KEEN.; KING, JIE HUNG.; LEE, CHIA SHING.; AN SU, DENNIS SHAN.; SIPEN, PHILIP. Influence of soil chemical properties on relative abundance of arbuscular mycorrhiza in forested soils in Malaysia. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 36, n. 4, p. 451-458, 2012.

ORTAS, Ibrahim; YUCEL, Celal. Do mycorrhizae influence cover crop biomass production?. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science**, v. 70, n. 8, p. 657-666, 2020.

PALESE, A. M.; VIGNOZZI, N.; CELANO, G.; AGNELLI, A.E.; PAGLIAI, M.; XILOYANNIS, C. Influence of soil management on soil physical characteristics and water storage in a mature rainfed olive orchard. **Soil and Tillage Research**, v. 144, p. 96-109, 2014.

PALLA, M.; TURRINI, A.; CRISTANI, C.; CARUSO, G.; AVIO, L.; GIOVANNETTI, M.; AGNOLUCCI, M. Native mycorrhizal communities of olive tree roots as affected by protective green cover and soil tillage. **Applied Soil Ecology**, v. 149, p. 103520, 2020.

PARK, S-I; YANG, H. I.; PARK, H.-J.; SEO, B.-S.; JEONG, Y.-J.; LIM, S.-S.; KWAK, J.-H.; KIM, H.-Y.; YOON, K.-S.; LEE, S.-M.; CHOI, W.-J.. Rice straw cover decreases soil erosion and sediment-bound C, N, and P losses but increases dissolved organic C export from upland maize fields as evidenced by  $\delta^{13}\text{C}$ . **Science of The Total Environment**, v. 753, p. 142053, 2021.

PATANITA, M.; CAMPOS, M. D.; FÉLIX, M. R.; CARVALHO, M.; BRITO, I. Effect of Tillage System and Cover Crop on Maize Mycorrhization and Presence of *Magnaportheopsis maydis*. **Biology**, v. 9, n. 3, p. 46, 2020.

PEDREIRA, B. C. C. G; FIDALGO, E. C. C.; UZÊDA, M. C.; COSTA, M. D. A. Áreas Prioritárias para Recuperação na Região da Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, RJ. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 191. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, RJ. 2011.

PÉREZ, L. L.; HERNÁNDEZ, C. G. *Diodia saponariifolia* (rubiaceae: spermacoceae), especie disyunta entre sudamérica y mexico. **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, p. 299-302, 2011.

PÉREZ, L. L.; HERNÁNDEZ, C. G. *Diodia saponariifolia* (rubiaceae: spermacoceae), especie disyunta entre sudamérica y mexico. **Journal of the Botanical Research Institute of**



Texas, p. 299-302, 2011.

PÉREZ, Y.; SCHENCK, N. C. A unique code for each species of VA mycorrhizal fungi. **Mycologia**, v. 82, n. 2, p. 256-260, 1990.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 791-796, 2003.

PREECE, C.; PEÑUELAS, J. A return to the wild: Root exudates and food security. **Trends in plant science**, v. 25, n. 1, p. 14-21, 2020.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico de pragas e doenças. Livraria Nobel SA, 1987.

QUALSET, C.; MCGUIRE, P.; WARBURTON, M. In California: 'agrobiodiversity' key to agricultural productivity. **California agriculture**, v. 49, n. 6, p. 45-49, 1995.

R Development Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria, 2016.

ROCHA, F. I. **Intensificação Ecológica: Serviços ecossistêmicos e manejo da comunidade de plantas espontâneas em paisagens agrícolas**. 122 f. Dissertação, (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2017.

ROSADO, T. L.; MONÇÃO, O. P.; GONTIJO, I.; PIRES, F. R. Efeito da cobertura vegetal nos atributos físicos de um Latossolo Amarelo cultivado com banana. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, 2012.

RUIZ-COLMENERO, M.; BIENES, R.; ELDRIDGE, DJ, MARQUES, MJ. Vegetation cover reduces erosion and enhances soil organic carbon in a vineyard in the central Spain. **Catena**, v. 104, p. 153-160, 2013.

RUYI, Y.; GUODONG, Y.; JIANJUN, T.; XIN, C. Effects of metal lead on growth and mycorrhizae of an invasive plant species (*Solidago canadensis* L.). **Journal of Environmental Sciences**, v. 20, n. 6, p. 739-744, 2008.

SÁENZ-ROMO, M. G.; VEAS-BERNAL, A.; MARTÍNEZ-GARCÍA, H.; CAMPOS-HERRERA, R.; IBANEZ-PASCUAL, S.; MARTÍNEZ-VILLAR, E.; PÉREZ-MORENO, I.; MARCO-MANCEBÓN, V. S. Ground cover management in a Mediterranean vineyard: Impact on insect abundance and diversity. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 283, p. 106571, 2019.

SANCHEZ, E. E.; CICHÓN, L. I.; FERNANDEZ, D. Effects of soil management on yield, growth and soil fertility in an organic apple orchard. In: V International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Plants 721. p. 49-54. 2005.

SASTRE, B.; ÁLVAREZ, B.; ANTÓN, O.; PÉREZ, M. Á.; MARQUES, M. J.; BIENES, R.; GARCÍA-DÍAZ, A. Groundcovers in Olive Groves in Semiarid Climates: Are They Always Beneficial?. **Water**, v. 12, n. 8, p. 2230, 2020.

SCHIPANSKI, M. E.; BARBERCHECK, M.; DOUGLAS, M. R.; FINNEY, D. M.;

- HAIDER, K.; KAYE, J. P.; KEMANIAN, A. R.; MORTENSEN, D. A.; RYAN, M. R.; TOOKER, J. A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. **Agricultural Systems**, v. 125, p. 12-22, 2014.
- SELVAKUMAR, G.; SHAGOL, C. C., KANG, Y.; CHUNG, B. N.; HAN, S. G.; SA, T. M. Arbuscular mycorrhizal fungi spore propagation using single spore as starter inoculum and a plant host. **Journal of applied microbiology**, v. 124, n. 6, p. 1556-1565, 2018.
- SELVAKUMAR, G.; KRISHNAMOORTHY, R.; KIM, K.; SA, T. Propagation technique of arbuscular mycorrhizal fungi isolated from coastal reclamation land. **European Journal of Soil Biology**, v. 74, p. 39-44, 2016.
- SHILI-TOUZI, I.; DE TOURDONNET, S.; LAUNAY, M.; DORÉ, T. Does intercropping winter wheat (*Triticum aestivum*) with red fescue (*Festuca rubra*) as a cover crop improve agronomic and environmental performance? A modeling approach. **Field Crops Research**, v. 116, n. 3, p. 218-229, 2010.
- TAN, Q.; TONG, J.; JI, X.; CHEN, FZ. Researches on capability of carbon fixation & oxygen production, and temperature decrease & humidity increase in 31 wild groundcover plants in Wuhan. **Chinese Landscape Architecture**, v. 26, p. 93-95, 2010.
- TINKER, P. B. H.; PBH, TINKER. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizas on higher plants. 1975.
- TOMA, T.; ASHARIF, M. R. AHP coefficients optimization technique based on GA, TRAPPE, James M. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. **Ecophysiology of VA mycorrhizal plants**, p. 5-25, 1987.
- TREADWELL, D.; CREAMER, N.; BALDWIN, K. An introduction to cover crop species for organic farming systems. Cornell University Cooperative Extension <http://www.extension.org/pages/18542/an-introduction-to-cover-cropspecies-for-organic-farming-systems>, 2010.
- TREJO, D.; GUZMÁN, G.; LARA, L.; ZULUETA, R.; PALENZUELA, J.; SÁNCHEZ-CASTRO, I.; SILVA, G. A.; SIEVERDING, E.; OEHL, F. Morphology and phylogeny of *Acaulospora foveata* (Glomeromycetes) from Mexico. **Sydowia**, v. 67, p. 119-126, 2015.
- TRINCHERA, Alessandra et al. Agroecological Service Crops Drive Plant Mycorrhization in Organic Horticultural Systems. **Microorganisms**, v. 9, n. 2, p. 410, 2021.
- Trincher, A., Testani, E., Rocuzzo, G., Campanelli, G., & Ciaccia, C. (2021). Culturas de serviços agroecológicos impulsionam a micorrização de plantas em sistemas orgânicos de horticultura. **Microorganisms**, 9 (2), 410.
- TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y., WANGER, T. C., JACKSON, L., MOTZKE, I., PERFECTO, I., VANDERMEER, J.; WHITBREAD, A. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. **Biological conservation**, v. 151, n. 1, p. 53-59, 2012.
- UZÊDA, M. C.; FIDALGO, E. C.; AMÂNCIO, C. O.; ALMEIDA, E.C.; AGLIO, M.D.; RUMJANEK, N.G.; ARAÚJO, E. & GUERRA, J.G.M. Construção coletiva dos princípios

Agroecológicos voltados à consolidação de Paisagens Sustentáveis no Assentamento São José da Boa Morte (Cachoeiras de Macacu-RJ). II Encontro Científico do Parque Estadual dos Três picos, 2012.

UZÊDA, M. C., FIDALGO, E. C. C., MOREIRA, R. V. D. S., FONTANA, A., DONAGEMMA, G. K. Soil eutrophication and tree community in patches of an agricultural landscape. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1120-1130, 2016.

VAAST, P.; ZASOSKI, R. J.; BLEDSOE, C. S. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation at different soil P availabilities on growth and nutrient uptake of in vitro propagated coffee (*Coffea arabica* L.) plants. *Mycorrhiza*, v. 6, n. 6, p. 493-497, 1997.

VASILIKIOTIS, C., LI, M.; SCHMIDT, J. E.; AZIMI, A.; GARCIA, J.; VOLDER, A.; LAMPINEN, B.; GAUDIN, A. C. M. Orchard management practices affect arbuscular mycorrhizal fungal root colonisation of almond. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 36, n. 4, p. 230-248, 2020.

VUKICEVICH, E.; LOWERY, D. T.; EISSENSTAT, D.; HART, M. Changes in arbuscular mycorrhizal fungi between young and old *Vitis* roots. **Symbiosis**, v. 78, n. 1, p. 33-42, 2019.

VUKICEVICH, E.; LOWERY, D. T.; BOWEN, P.; ÚRBEZ-TORRES, J. R.; HART, M. Cover cropstoincreasesoil microbial diversityandmitigate decline in perennialagriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 36, n. 3, p. 1-14, 2016.

VUKICEVICH, E.; LOWERY, D. T.; ÚRBEZ-TORRES, J. R.; BOWEN, P.; HART, M. Groundcover management changes grapevine root fungal communities and plant-soil feedback. **Plant and Soil**, v. 424, n. 1, p. 419-433, 2018.

VUKICEVICH, E.; MACDONALD, M.; LOWERY, D. T.; HART, M. The effect of vineyard groundcover on the abundance of naturally occurring entomopathogenic fungi isolated using a quantitative *Galleria* bait method. **Rhizosphere**, v. 15, p. 100232, 2020.

WANG, C. T.; TANG, Y. Y.; WANG, X. Z.; WU, Q.; YANG, Z.; GONG, Q. X.; SHENG, S. G.; GAO, H. Y.; NI, W. L.; YU, S. T.; LI, M.; QIAN, L.; YANG, T. R. *Arachis* species: classification, phylogenetic status and uses as ornamental groundcover. **Environmental Research Journal**, v. 7, n. 3, 2013.

WANG, F. Y.; LIN, X. G.; YIN, R. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus *Acaulospora mellea* decreases Cu phytoextraction by maize from Cu-contaminated soil. **Pedobiologia**, v. 51, n. 2, p. 99-109, 2007.

WANG, X. L.; KONG, X.; ZHAO, Y.; CAO, Y.; CAO, Z. The endomycorrhizal fungal species and their effects on the growth and nutrient characteristics of *Eucalyptus maidenii* seedlings in China. **Dendrobiology**, v. 83, p. 85-95, 2020.

WARREN RAFFA, D.; ANTICHI, D.; CARLESI, S.; FRASCONI, C.; MARINI, S.; PRIORI, S.; BÀRBERI, P. Groundcover Mulching in Mediterranean Vineyards Improves Soil Chemical, Physical and Biological Health Already in the Short Term. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 787, 2021.

WEYERS, S. L.; WEYERS, S. L.; GESCH, R. W.; FORCELLA, F.; EBERLE, C. A.; THOM, M. D.; MATTHEES, H. L.; OTT, M.; FEYEREISEN, G. W.; STROCK, J. S.

Surface runoff and nutrient dynamics in cover crop–soybean systems in the Upper Midwest. **Journal of Environmental Quality**, v. 50, n. 1, p. 158-171, 2021.

WIDIATI, B. R.; SOLLE, M. S., IDRUS, M. I.; IMRAN, M. The Improvement of Nutrient Absorption and Production of Soybean Genotypes By Utilizing Vesicular Arbuscular Mycorrhizae (Vam). **Research Journal Of Pharmaceutical Biological And Chemical Sciences**, v. 8, n. 2, p. 1505-1516, 2017.

WU, B.; TIAN, J.; BAI, C.; XIANG, M.; SUN, J.; LIU, X. The biogeography of fungal communities in wetland sediments along the Changjiang River and other sites in China. **The ISME journal**, v. 7, n. 7, p. 1299-1309, 2013.

WU, P.; AXMACHER, J. C.; LI, X.; SONG, X.; YU, Z.; XU, H. X.; TSCHARNTKED, T.; WESTPHALE, C.; LIU, Y. Contrasting effects of natural shrubland and plantation forests on bee assemblages at neighboring apple orchards in Beijing, China. **Biological Conservation**, v. 237, p. 456-462, 2019.

ZANETTIN, G.; BULLO, A.; POZZEBON, A.; BURGIO, G.; DUSO, C. Influence of Vineyard Inter-Row Groundcover Vegetation Management on Arthropod Assemblages in the Vineyards of North-Eastern Italy. **Insects**, v. 12, n. 4, p. 349, 2021.

ZHONG, S.; ZENG, H.-C. Long-term interactions of reduced tillage and different amounts of residue retaining improved soil environment in a semi-arid tropical climate. **Chilean journal of agricultural research**, v. 80, n. 2, p. 197-208, 2020.