

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

DISSERTAÇÃO

***Diodia saponariifolia*, 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*, planta de cobertura
espontânea do solo sob o cultivo orgânico do 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 no Programa de Pós-Graduação
em Agricultura Orgânica.

Seropédica,
RJ Agosto
de 2021

A447d ALMEIDA, Anastácia Perci Campos de , 1986-
Diodia saponariifolia, planta de cobertura
espontânea do solo sob o cultivo orgânico do milho na
agricultura familiar / Anastácia Perci Campos de
ALMEIDA. - Belford Roxo, 2021.
60 f.: il.

Orientadora: Mariella Camardelli UZÊDA.
Coorientadora: 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. Zea mays. 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.

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
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

ANASTÁCIA PERCI CAMPOS DE ALMEIDA

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

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/09/2021.

Mariella Camardelli Uzêda. Dra. Embrapa Agrobiologia
(Orientadora)

Eliane Maria Ribeiro da Silva. PhD. Embrapa Agrobiologia
(Membro Interno)

Marco Aurélio Carbone Carneiro. Dr. UFLA
(Membro Externo)

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 às 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 à minha amorosa e saudosa Aracy Almeida, minha mestra do amor e da felicidade. Gratidão à 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 amigos pelos caminhos!

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

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

Gratidão à 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 PPGAO.

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

Gratidão à minha amada Turma PPGAO 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 aos mestres, Igor pela incentivo na Capoeira e Mestre Teco pela energia reikiana maravilhosa.

Gratidão às 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 Alojamento Pós-Graduação UFRRJ, as guerreiras dos ciclos da convivência. Amor e Prosperidade às todas.

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

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

BIOGRAFIA

No tarde do dia 31 de março de 1986 saia do ventre Anastácia Perci Campos de Almeida na Baixada Fluminense, 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 me 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 relacionara com a mesma? Por este caminho, surgiu a opção de estudar algo que contempla-se a relação humana com a terra. Como principal meta: 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 do mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação da Agricultura Orgânica uma Parceria da UFRRJ, EMBRAPA e PESAGRO. E mesmo sem estar formada no PPGAO, foi aprovada no PGCA-CS, onde? Na UFRRJ!!! Mãe, UFRRJ, agradeço pela confiança, parceria e união! Amor e Paz. Anastácia continua seguindo na estrada da pesquisa junto da valorosa fé.

RESUMO GERAL

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 delimitação 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 com 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 cm³ 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

GENERAL ABSTRACT

Cover crops not only offer conservation benefits, but also play an important role in benefiting cropping systems in terms of improving soil fertility. With this, this study is relevant in the exploration of the functional diversity that the “groundcover” spontaneous cover plants offer to the agroecosystem. The experiment was carried out in an organic garden-forest system on a Yellow Latosol, in the São José da Boa Morte Settlement (Cachoeiras de Macacu/RJ), in which the spontaneous emergence of a living ground cover plant, the species *D. saponariifolia* (DS), became a research instrument under the valuation of local knowledge and biodiversity. It was necessary to demarcate the treatments in situ, according to the occurrence of SD throughout the garden-forest system. In this way, two treatments were delimited: (I) - DS as a 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). This study presents the first report of mycorrhizal symbiosis between SD and AMFs. DS presented itself as a good host of AMFs, promoting a sporulation of up to 172 spores per 50 cm³ 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, and also carbon and soil pH. In general, the DS in a mutualist relationship with the AMFs supported the supply of nutrients for the cultivation of corn, not affecting the productivity of organic cultivation.

Keywords: *Zea mays*, arbuscular mycorrhizal fungi, agrobiodiversity

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 Cachoeiras 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 m².....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 Ggsp significa *Gigaspora sp.*; Clame, *Glomus lamellosum*; Gmult, *Glomus multicaule*; Gclav, *Glomus clavisporum*; Rmicro, *Rhizogloium 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, Ggsp 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	15
2.	REVISÃO DE LITERATURA	16
	2.1 Agrobiodiversidade e a Agricultura Familiar	16
	2.2 Os tipos de coberturas do solo sob o sistema de cultivo	17
	2.2.1 Plantas de cobertura “cover crop”	17
	2.2.2 Planta de cobertura “groundcover”	18
	2.3 <i>Diodia saponariifolia</i>	19
	2.4 As plantas de cobertura do solo e a diversidade funcional para o sistema de cultivo	21
	2.5 As plantas de coberturas do solo e os fungos micorrízicos arbusculares	23
	2.6 Os fungos micorrízicos e a disponibilidade de nutrientes para as plantas cultivadas	24
3	OBJETIVO GERAL	25
	3.1 Objetivos específicos	26
4	METODOLOGIA	26
	4.1 Caracterização da Área Geral	26
	4.2 Caracterização da Horta-floresta	27
	4.3 <i>Diodia saponariifolia</i> na Horta-floresta	28
	4.4 Amostragem de Tratamentos <i>In situ</i>	28
	4.5 Análises dos macronutrientes do solo e do tecido do milho	29
	4.6 Avaliação da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares	30
	4.7 Análises Estatísticas	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
	5.1 <i>Diodia saponariifolia</i> e a simbiose com os FMAs	32
	5.2 <i>Diodia saponariifolia</i> e os esporos de FMAs	33
	5.3 Efeito da <i>D. saponariifolia</i> em simbiose com FMAs na Fertilidade do solo	34
	5.4 <i>Diodia saponariifolia</i> sob o cultivo do milho	37
	5.5 <i>Diodia saponariifolia</i> e ocorrência de espécies FMAs	40
6	CONCLUSÃO	48
7	CONSIDERAÇÕES	48
8	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	49

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 a 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 agrônomo 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*

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 bífidos 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.

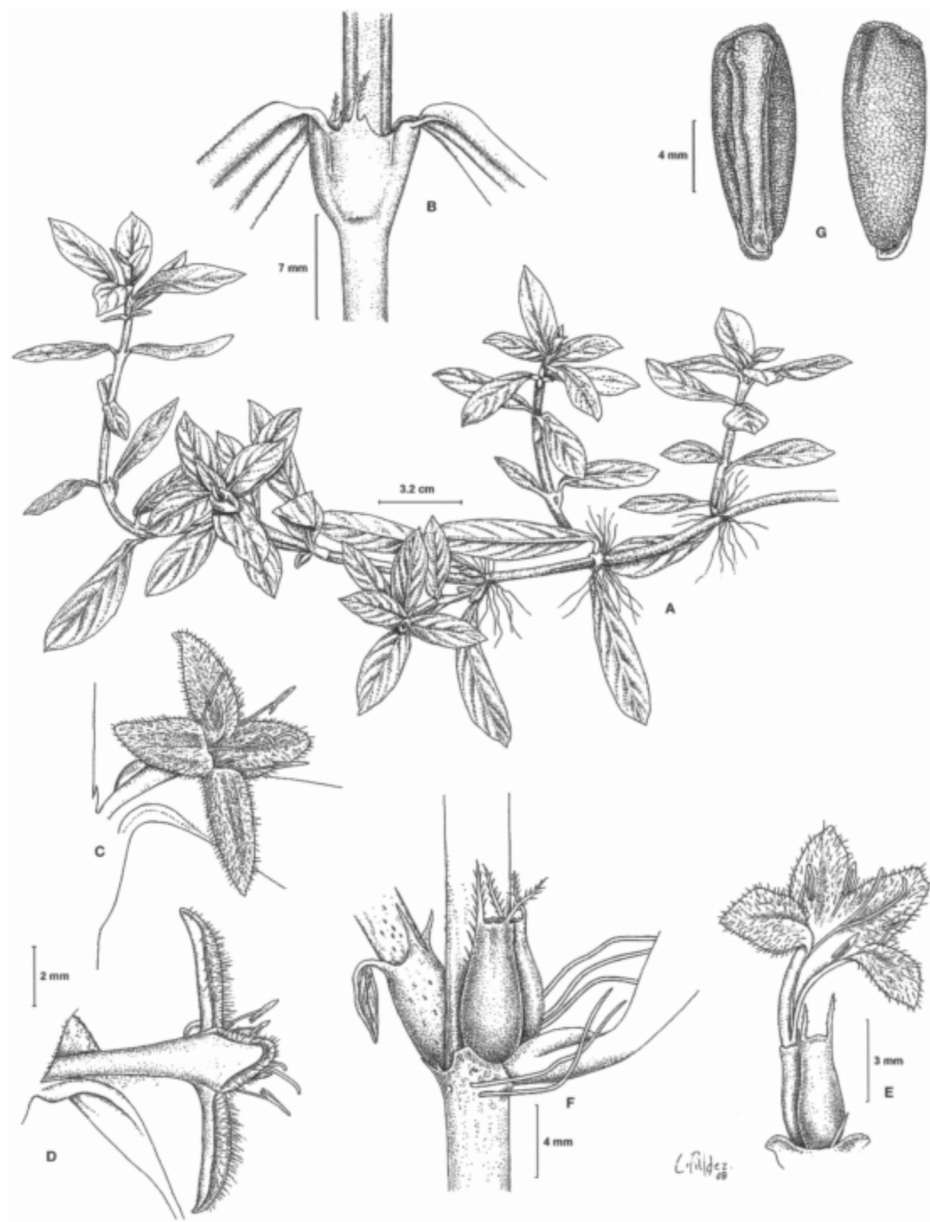


Figura 1. *Diodia saponariifolia*. A, ramos com folhas e raízes nos nós; B, bainha interpeciolar; C, D, flores axilares com orientação diferente; E, corola com uma seção longitudinal e um ovário; F, frutos expostos na axila de um nó e algumas raízes; G, sementes em vista ventral e dorsal (PÉREZ; HERNÁNDEZ,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

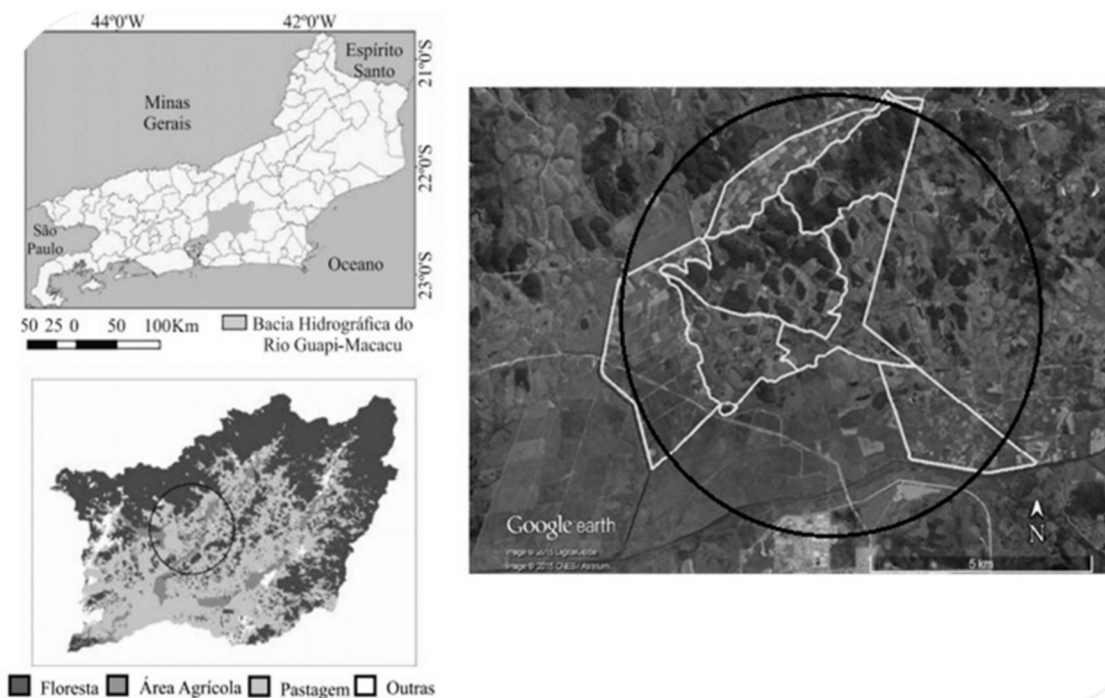


Figura 2. Esquema representativo do estado do Rio de Janeiro, Bacia Guapi-Macacu e o assentamento São José da Boa Morte, Cachoeiras de Macacu/RJ. Adaptado de Uzêda *et al.*, 2016.

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 cultivo do milho foi estabelecido em áreas com e sem 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 (forte; moderada e inexistente).

O cultivo do milho do milho foi estabelecido nas entrelinhas das arbóreas. O solo, classificado como Latossolos Amarelos de acordo com Embrapa Solos (2020), a adição 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 26m² (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 (2m²). A sequencia das parcelas foi realizada de forma aleatória na área delimitada para os tratamentos, formando um movimento zigue-zague conforme mostra a Figura 4.

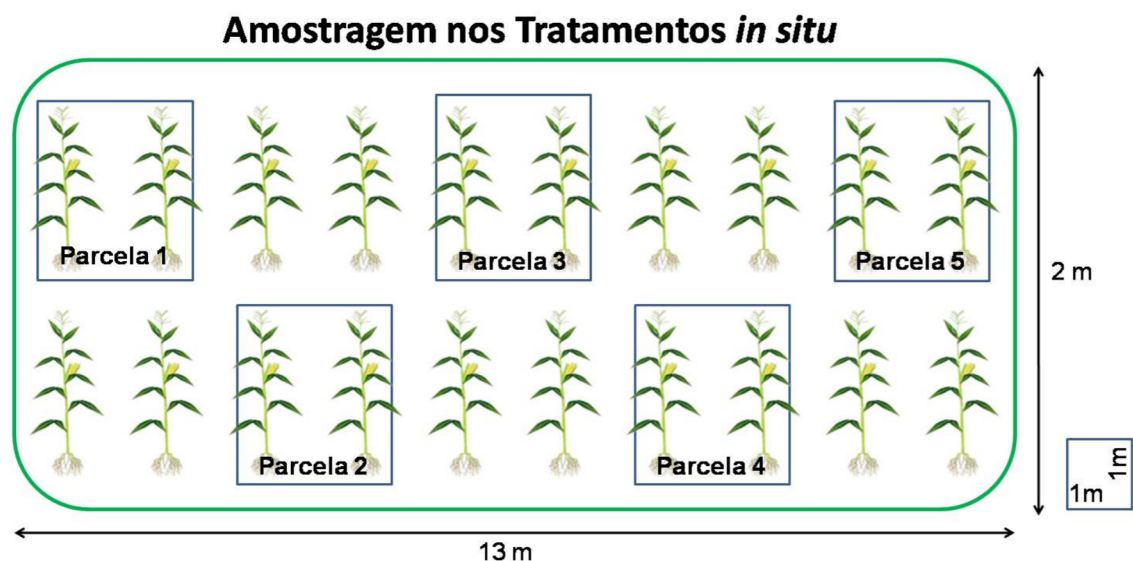


Figura 4. Croqui da amostragem em ambos tratamentos (CD e SD), apresentando a identificação e disposição das parcelas *in situ*. Área de cada tratamento: 26 m².

Em cada parcela haviam duas plantas de milho, cada unidade foi utilizada como amostra de tecido vegetal, considerando duas repetições em cada parcela (SD;SD';CD;CD') (Figura 5). Onde cada tratamento adotou se o seguinte desenho: cinco parcelas e duas repetições em cada, dez amostras em cada tratamento, nesta primeira parte totalizando 20 amostras.

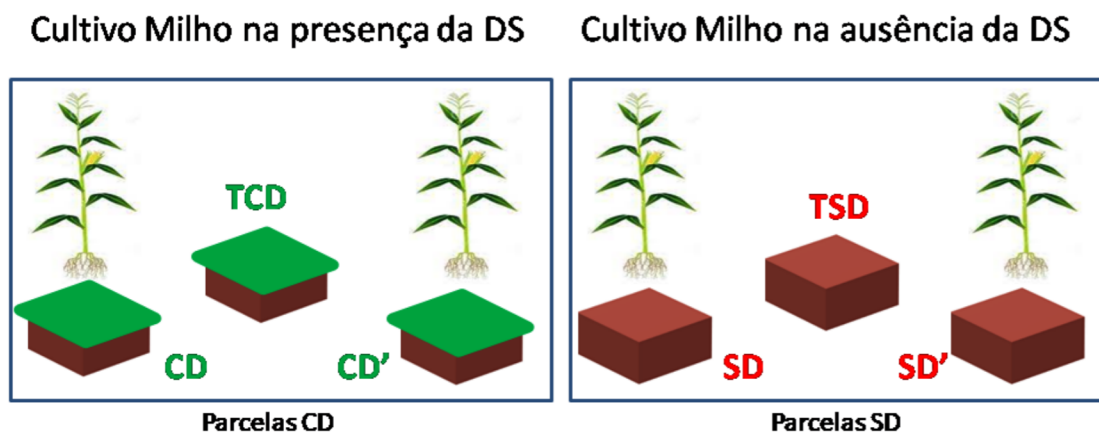


Figura 5. Amostragem das coletas dos torrões (20cmx20cmx20cm) em ambos tratamentos. TCD: Torrão com *D. saponariifolia*. TSD: Torrão sem *D. saponariifolia*. apresentando coleta das plantas de milho nas parcelas e dos torrões entre plantas.

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, os torrões (20cm³) entre as plantas (TCD e TSD), resultando em 5 amostras em cada tratamento (Figura 5). Nesta segunda parte foram 10 amostras.

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. Nesta terceira parte foram duas amostras em cada parcela (0 a 5cm e 5 a 10cm), totalizando 20 amostras (10 para cada tratamento).

Ao total foram necessárias a coleta de 50 amostras para as diferentes análises presentes neste estudo (20 plantas; 10 torrões e 20 solo). A coleta do solo foi de acordo com EMBRAPA, 1997.

4.5 Análises dos macronutrientes do solo e do tecido do milho

O preparo do solo para análise química e físico-química do solo foi de acordo com EMBRAPA, 1997. As amostras foram colocadas para secagem ao ar (TFSA) durante dez

dias. Depois de secas ao ar foi passado um rolo compressor manual para a destruição dos agregados do solo. Por conseguinte, as amostras foram alocadas em potes identificados e levadas para o Laboratório de Química Agrícola na sede da EMBRAPA Agrobiologia.

As análises de Ca; Mg; K e P foram realizadas de acordo com os procedimentos fundamentados no "Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Animal e Alimentos - NOGUEIRA e SOUZA, (2005)". Enquanto, as análises de Carbono e Nitrogênio da biomassa verde e dos grãos ocorreram de acordo com os Métodos de análise DUMAS (1831).

Sob a avaliação dos parâmetros de produtividade do milho, foram analisadas as seguintes características: o número de grãos por espiga, através da multiplicação entre o número de fileiras e o número de grãos e a produtividade foi correlacionada com a massa seca dos grãos. Estes parâmetros foram realizados de acordo com FARINELLI, 2012.

A parte aérea das matrizes 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 espigas e a biomassa verde foram levadas ao setor de moagem e moídas separadamente para a avaliação.

No Laboratório de Química Agrícola foi avaliado teores de Carbono; Alumínio; Cálcio; Alumínio + Hidrogênio; Potássio; Magnésio; Nitrogênio; Fósforo e valor de pH dos diferentes tratamentos. A análise de solo foi realizada de acordo com os procedimentos descritos por NOGUEIRA e SOUZA (2005).

As amostras de milho ficaram por 15 dias na estufa a 105° Celsius. Este período em estufa foi estipulado durante o monitoramento dos pesos e quando os mesmos atingiram respectivamente a constância do peso, o material foi retirado da estufa. Desta forma, foram obtidas as massas secas do *Zea mays*.

4.6 Avaliação da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares

As raízes foram separadas do solo rizosférico, foram pesadas 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. Os procedimentos foram os mesmos para as raízes de Milho e de *D. saponariifolia*.

Os esporos foram extraídos das amostras de solo por procedimentos que se deram por peneiramento úmido e centrifugação diferencial descritos por GERDEMANN e NICOLSON (1963) e centrifugação diferencial, conforme descrito por JENKINS (1964). Os esporos foram extraídos de uma alíquota de 50 cm³ 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 são depositados nas lâminas e estas recebem o montante a base de PVLG (Polivinil-Lacto-Glicerol) e o montante misturado com reagente de Melzer (1:1) auxiliam na identificação das espécies. Nesta etapa, os esporos são rompidos a fim de expor suas paredes germinativas e poder ser observado suas reações em 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 da química do solo, contagem de esporos, colonização micorrízica, biomassa do milho e características químicas da parte aérea os resultados obtidos foram testados quanto a sua normalidade e homocedasticidade. As comparações foram feitas par a par utilizando ANOVA e Teste de tukey a 5% de significância. Os dados foram analisados no pacote estatístico R (R Core Team, 2016).

Para compreensão da interação entre os diferentes parâmetros avaliados 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 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 pacote VEGAN.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 *Diodia saponariifolia* e a simbiose com os FMAs

Até o presente momento este estudo se mostra inédito quanto à simbiose micorrízica em *Diodia saponariifolia*. Desta forma, este é o primeiro relato sobre a presente relação mutualista entre as raízes de DS e os FMAs (Figura 6), onde foi possível observar a colonização micorrízica através das hifas intercelulares presente nas raízes da DS. Este resultado reflete à ocorrência da simbiose encontrada em outras espécies da família Rubiaceae, tal como o Café (MOREIRA *et al.*, 2018).

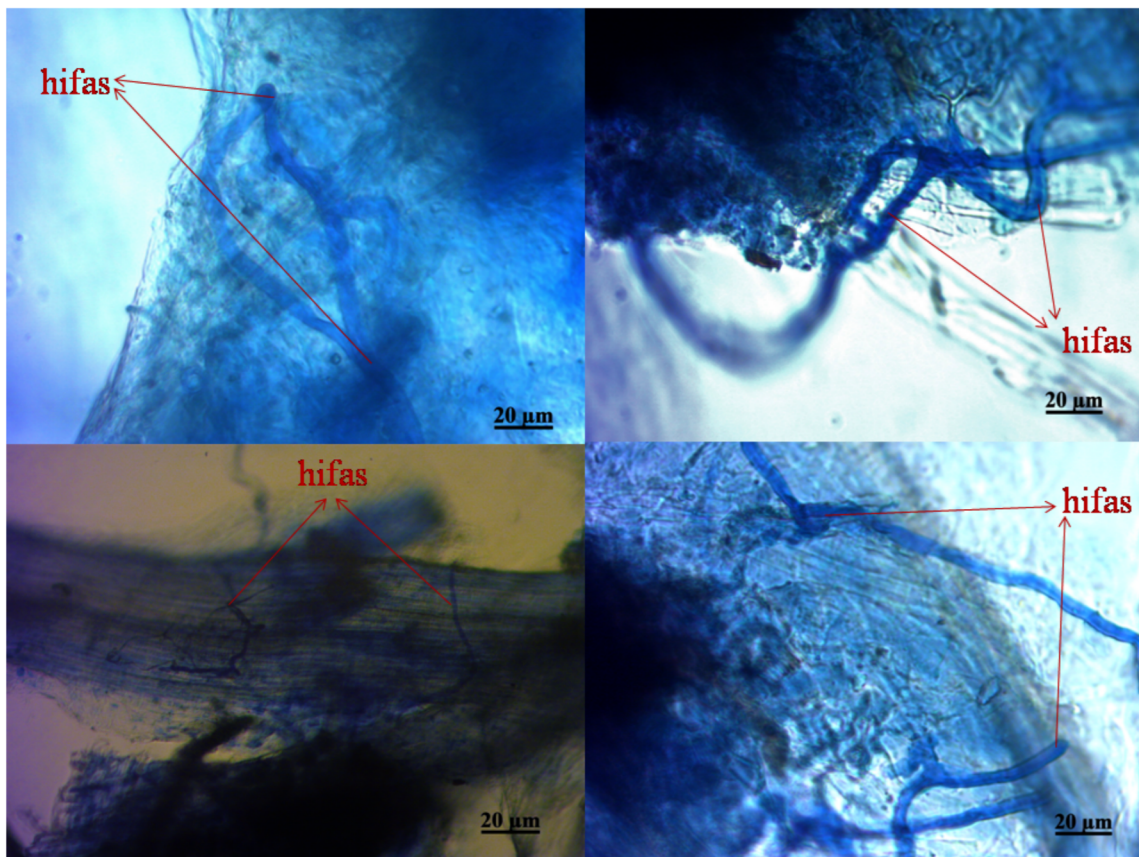


Figura 6. Imagens da colonização micorrízica ampliada entre a raiz da *Diodia saponariifolia* e os fungos micorrízicos arbusculares, representadas pelas estruturas das hifas intercelulares presentes nos compartimentos anatômicos radiculares, analisado microscopicamente em 20 μm.

MOORE *et al.* (2019), a incorporação de CVEs em sistemas de cultivo anual tem o potencial de restaurar os serviços do ecossistema sem impactar negativamente a produção de grãos e oferece a perspectiva de aumentar a produtividade de grãos por meio da melhoria do funcionamento biológico do sistema.

SASTRE *et al.* (2020) destacam que o uso de cobertura viva espontânea apresentou acúmulo intermediário quanto ao teor de nutrientes no solo, mas apresentou maior diversidade

microbiana no solo quando comparada com culturas as semeadas. Estes estudos apóiam o uso de plantas espontânea como cobertura viva, *groundcover*, visando à promoção de uma maior interação com a biologia do solo.

5.2 *Diodia saponariifolia* e os esporos de FMAs

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

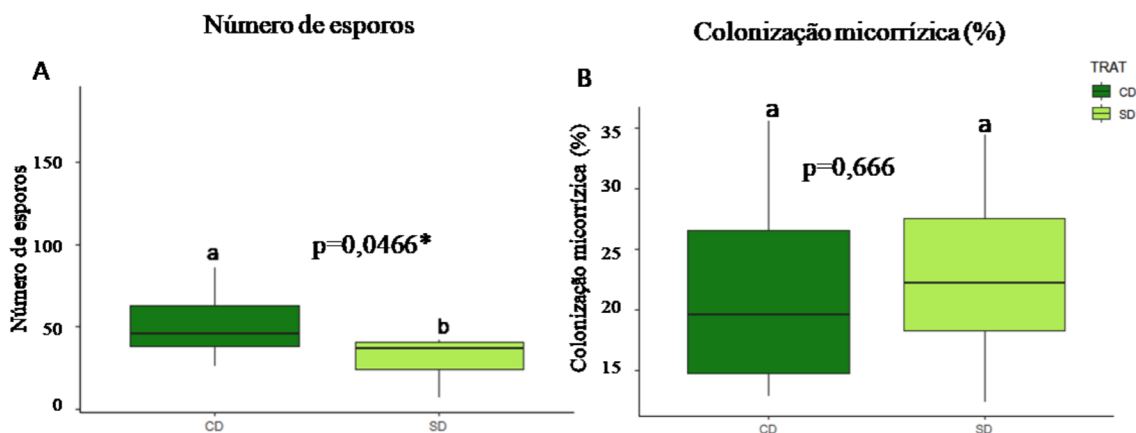


Figura 7. Número de esporos e colonização micorrízica (%) sob os diferentes tratamentos: CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. As barras pretas em linhas verticais representam a mediana dos valores encontrados; a letra (p) está representando o valor da diferença entre as 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.

A presença da CVE DS possivelmente beneficiou a esporulação com manutenção da temperatura e umidade mais constante no solo (PARK *et al.*, 2021) e também proporcionando o acúmulo de nutrientes (CARBONNELe GUTJAHR, 2014 e NOURI *et al.*, 2014). Todavia, DS se mostrou como uma boa hospedeira dos FMAs, promovendo uma boa esporulação, de até 172 esporos por 50 cm³ de solo (Figura 8).

É importante ressaltar que o acúmulo de nutrientes no tratamento CD pode ter inibido a micorrização, visto que a falta de disponibilidade de nutrientes no solo é um estímulo à ocorrência da simbiose com FMAs (LANFRANCO; FIORILLI; GUTJAHR, 2018).

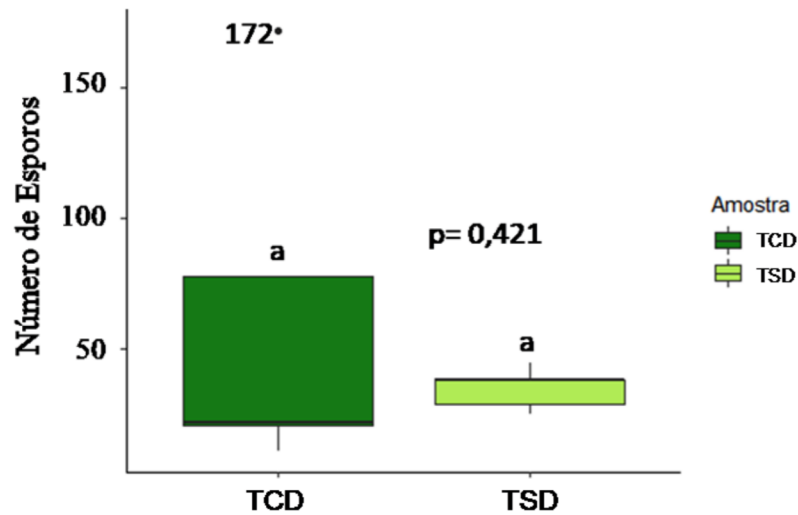


Figura 8. Número de esporos nas diferentes amostragens dos torrões, solo sob a *Diodia saponariifolia* (TCD) e ausência de *Diodia saponariifolia* (TSD). As barras pretas em linhas verticais representam a mediana dos valores encontrados; a letra (p) está representando o valor da diferença entre as medianas (*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.

Nesta avaliação as amostragens tiveram que ser isoladas do conjunto do tratamento devido à participação efetiva da cobertura viva. Para esta análise não foi necessário a transformação do número de esporos, pois o principal resultado desta figura é o limite máximo de esporos encontrados na amostra (DS) em 50 cm³ de solo.

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

Em geral, o tratamento com a cobertura viva espontânea (CVE), *D. saponariifolia* (DS) contribuiu para o acúmulo de nutrientes no solo (Figuras 9 e 10) através da associação como FMAs, onde os teores de carbono (Figuras 9A e 10A); potássio (Figura 9E e 10E) e fósforo (Figuras 9H e 10H) foram significativos em ambas as profundidades; o teor de nitrogênio (Figura 10G) foi significativo somente para camada de 5 a 10 cm, apesar de apresentar uma tendência ao aumento na camada superior (0 a 5), porém não significativo (Figura 9G). O valor de pH – acidez ativa - (Figura 9I e 10I) apresentou diferença significativa em ambas as profundidades. Já o teor de H+Al - acidez potencial - (9D e 10D) apesar de diretamente relacionado ao parâmetro anterior, foi significativo em ambas as profundidades. Os teores de alumínio (Figuras 9B e 10B), por sua vez, não apresentaram diferença significativa em nenhuma das profundidades avaliadas. Por último, a presença da

DS reduziu, de maneira significativa a disponibilidade de cálcio (Figuras 9C e 10C) e de magnésio (Figuras 9F e 10F) presente no sistema de cultivo.

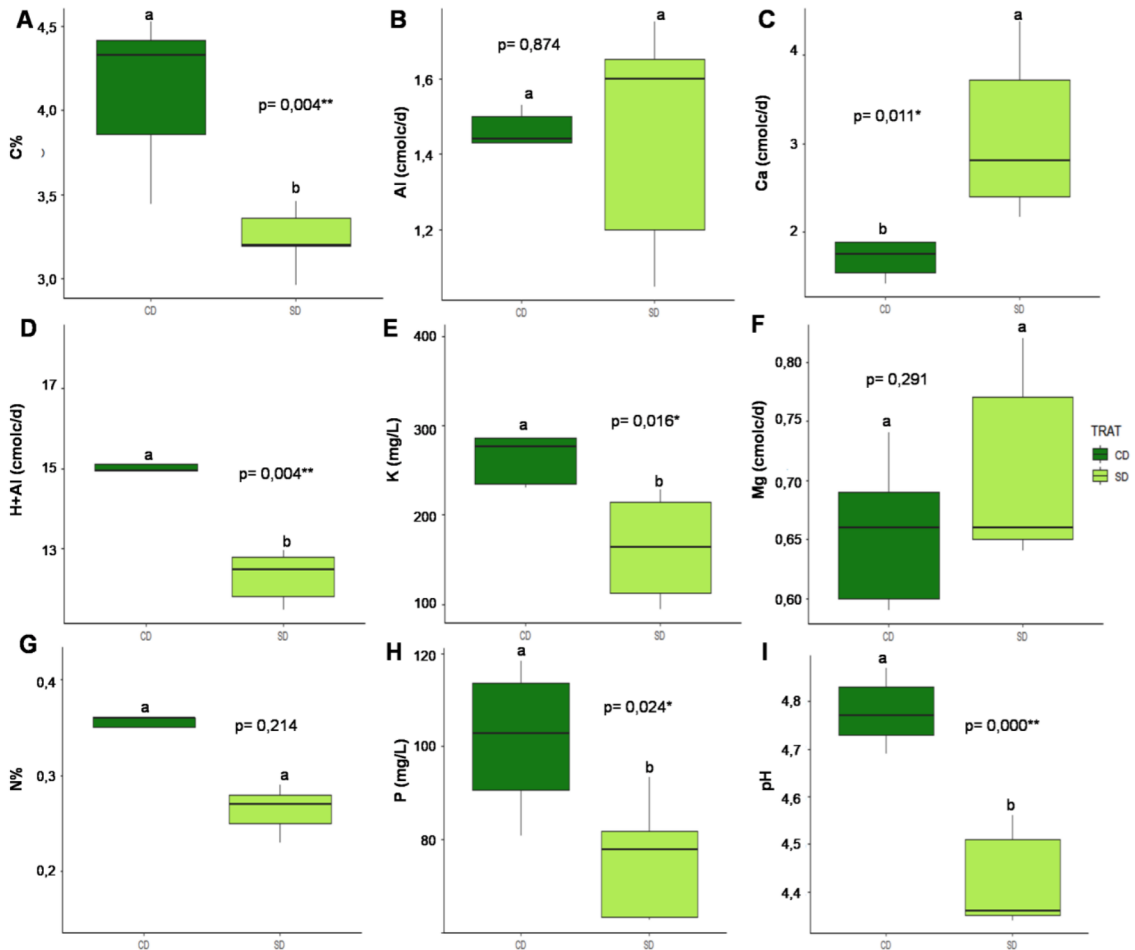


Figura 9. Resultados da fertilidade do solo na profundidade dentre 0 a 5 cm sob os diferentes tratamentos: CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. Sendo: Teor de Carbono (%) – A; Teor de Alumínio (cmolc/d) – B; Teor de Cálcio (cmolc/d) – C; Teor de H+Al (cmolc/d) – D; Teor 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.

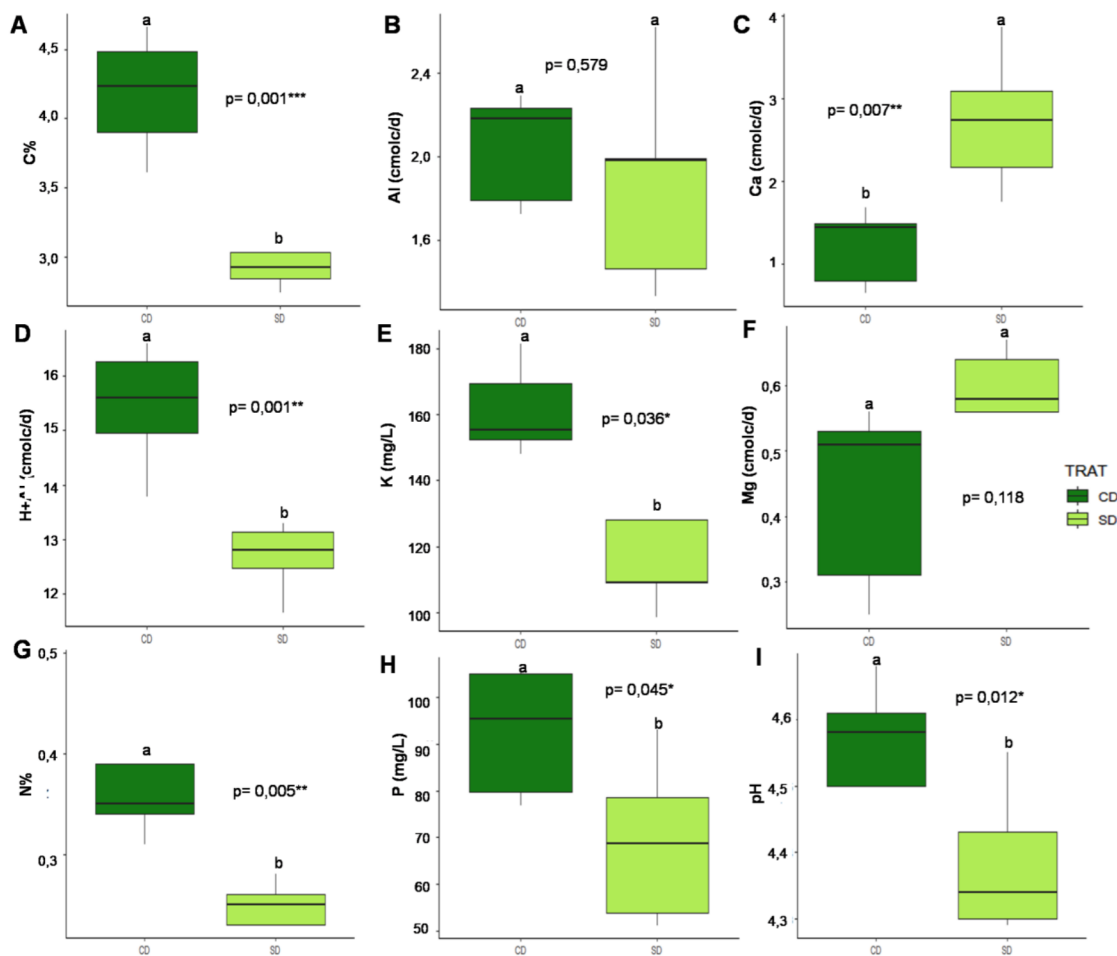


Figura 10. Resultados da fertilidade do solo na profundidade dentre 5 a 10 cm sob os diferentes tratamentos: CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. Sendo: Teor de Carbono (%) – A; Teor de Alumínio (cmolc/d) – B; Teor de Cálcio (cmolc/d) – C; Teor de H+Al (cmolc/d) – D; Teor 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.

Observando esses resultados, é possível inferir que a DS influenciou o acúmulo de macronutrientes (N; P; K) e de carbono (C) no solo através da capacidade de absorção/adsorção nutricional exercida pela cobertura viva (ROCHA, 2017), consequentemente contribuiu com a melhora da fertilidade do solo. Não obstante, a CVE DS contribuiu com a diminuição dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e possivelmente este resultado contribuiu com o aumento da acidez potencial (H+Al) do solo, todavia isto não foi

uma limitante para com os benefícios que a CVE DS proporcionou ao solo, já que também a acidez do solo foi reduzida, como apresentado nas figuras 9I e 10I.

Diante de tal abordagem ser aparentemente relatada pela primeira vez na literatura acadêmica, foi utilizado estudos de outras espécies de cobertura viva espontânea quanto à corroboração 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 dentre um dos benefícios ecológicos que as coberturas vivas do solo oferecem ao sistema de cultivo (SCHIPANSKI *et al.*, 2014).

A princípio, este estudo apresentou possíveis contribuições da CVE 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 na função de controlar plantas daninhas ao sistema horta-floresta.

Não obstante, a área de estudo pertence a um Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 2020) sob a influência do clima AW - segundo Koppen e Geiger – isto implica também nas limitações agronômicas encontradas intrinsecamente aos Latossolos Amarelos, dentre a baixa CTC; alto teor de alumínio e baixo pH do solo, possivelmente podem ser características abordadas em próximos estudos quanto à continuação de tal efeito da DS para com a fertilidade do 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 do tecido dos grãos (Figura 11A) e o número dos grãos (Figura 11B), adotados como parâmetros de produtividade do milho, não apresentaram diferença significativa entre os resultados dos diferentes tratamentos SD e CD. Este resultado é satisfatório, visto que a cobertura viva testada não estabeleceu competição com a cultura do milho.

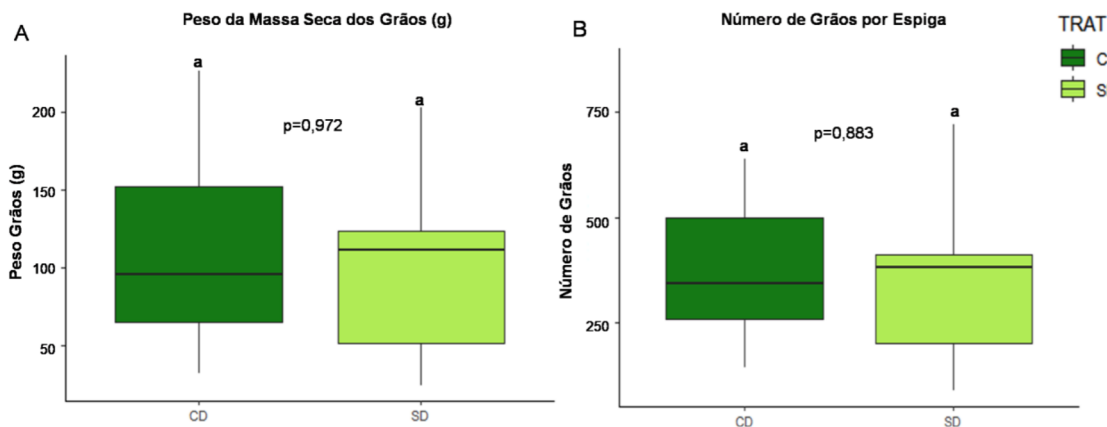


Figura 11. Peso da massa seca em grama (13A) e número de grãos por espiga (13B) do milho sob os diferentes tratamentos, CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. As barras pretas em linhas verticais representam a mediana dos valores encontrados; a letra (p) está representando 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.

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 os teores de fósforo e potássio (Figura 12A) apresentaram valores mais altos no tratamento CD, porém somente foram encontradas diferenças significativas para os teores de fósforo. Quanto ao tecido dos grãos, nenhum resultado dos teores de macronutrientes teve diferenças significativas entre os tratamentos, CD e SD (Figura 12B).

Os resultados obtidos para o tecido do milho refletem na redução dos teores de cálcio e magnésio encontrados no solo de CD (Figura 9 e 10). Assim como os resultados dos teores de fósforo e potássio no solo (Figuras 9 e 10).

Para a biomassa verde, os resultados apresentaram relação direta com os encontrados na avaliação da fertilidade do solo (Figuras 9 e 10), porém para tecido dos grãos, os resultados não se correlacionaram, exceto para o teor de potássio (Figura 12A) onde encontramos os valores mais altos para o tratamento CD (Figuras 9 e 10).

Desta forma, o potássio aparenta ser o nutriente que se destaca sob a presença da cobertura viva de DS, o que pode ter beneficiado a nutrição do cultivo do milho. De acordo com NAVARRO-CERRILLO *et al* (2009), o potássio é um dos principais elementos concentrados no tecido do milho (P, Ca, Mg e K) em solo cultivado com coberturas vivas de plantas espontâneas. Desta forma, é possível inferir que a relação entra a absorção/adsorção do potássio no milho se deve a simbiose micorrízica estimulada pela presença de DS .

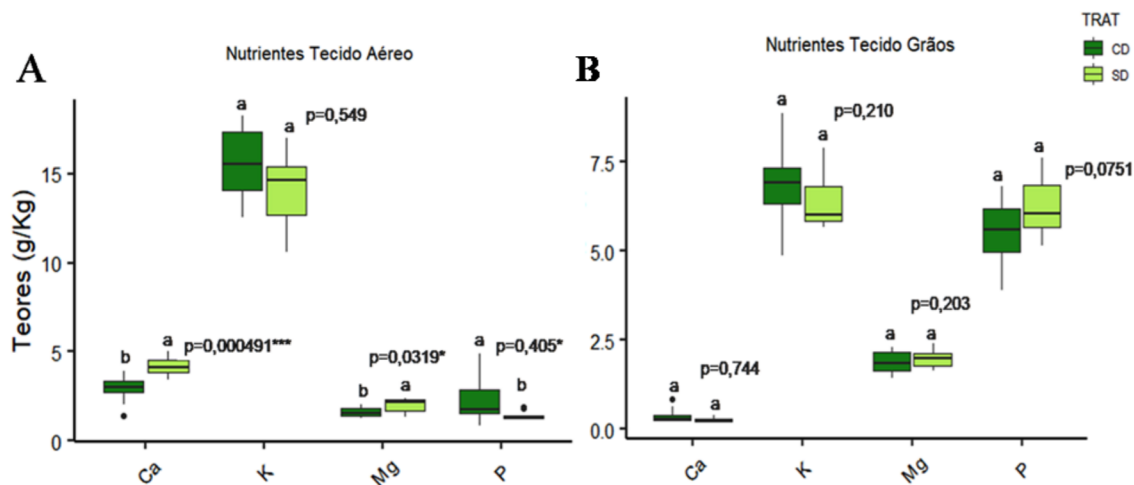


Figura 12. Teores de Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg) e Fósforo (P) em g/Kg na amostra de biomassa da parte aérea do milho (A) e grãos (B) sob os diferentes tratamentos, CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. As barras pretas em linhas verticais representam a mediana 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.

Os teores de carbono (Figura 13A) e nitrogênio (Figura 13C) encontrados na análise da biomassa do tecido aéreo do milho foram maiores no tratamento SD, porém somente o resultado de carbono foi significativo. Nos grãos, os teores de carbono (Figura 13B) e nitrogênio (Figura 13D) mantiveram-se maiores no tratamento SD, porém somente o resultado do nitrogênio foi significativo. Para a relação C/N da biomassa aérea (Figura 13E) e dos grãos (Figura 13F) os resultados foram maiores no tratamento CD, mas somente o resultado da relação C/N dos grãos apresentou significância. Em contrapartida a estes resultados, o pesquisador GRABBER, (2016) apresentou o acúmulo de nitrogênio para plantio de milho na presença de cobertura do tipo *cover crops*, as coberturas de ciclo curto. Não foram encontradas referências quanto à disponibilidade de macronutrientes advindas do uso das coberturas do tipo *groundcovers*, as coberturas perenes, na nutrição do milho.

Visto que uma baixa relação C/N implica em uma maior taxa de decomposição, ou seja, o material se decompõe mais rapidamente (OLIVEIRA, 2019), o resultado do aumento da relação C/N no tecido dos grãos (Figura 13F) pode ter sido influenciado pela presença da DS. GIACOMINI *et al.*, (2003) ao apresentar a influência de uma leguminosa, ervilhaca, usada como *cover crops* no cultivo do milho encontrou um aumento da relação C/N no tecido da cultura.

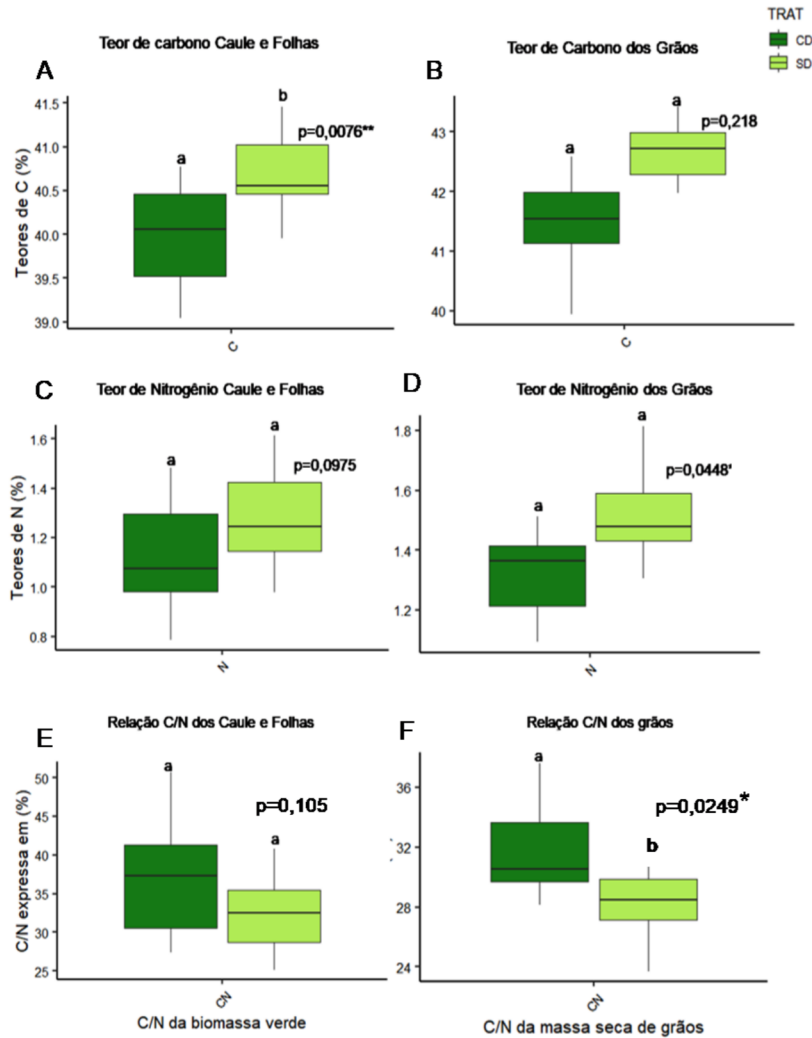


Figura 13. Teor de Carbono no tecido aéreo (A); Teor de Carbono no tecido dos grãos (B); Teor de Nitrogênio no tecido aéreo (C); Teor de Nitrogênio no tecido dos grãos (D); Relação Carbono e Nitrogênio no tecido aéreo (E) e Relação Carbono e Nitrogênio no tecido aéreo (F). Sob os diferentes tratamentos: CD = Com *Diodia saponariifolia*. SD = Sem *Diodia saponariifolia*. As barras pretas 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.

5.5 *Diodia saponariifolia* e ocorrência de espécies FMAs

Os gêneros encontrados na área total do estudo foram *Glomus* como predominante, 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 no ecossistema; já para o gênero *Gigaspora* é mais comum a ocorrência em florestas, se apresentando como gênero menos generalista (ONG *et al.*, 2012).

O tratamento CD proporcionou a ocorrência de todos os gêneros encontrados, no qual foram encontradas seis espécies, quatro pertencentes ao *Glomus*; uma pertencente ao *Acaulospora* e outra ao *Gigaspora*, onde a frequência de ocorrência das espécies no tratamento CD (Figura 14) foram predominantes para *Glomus macrocarpum*; *Acaulospora mellea*; *Glomus clavisporum*; *Gigaspora sp.*; *Rhizoglomus microaggregatum* e *Claroideoglomus lamellosum*, respectivamente, na sequência decrescente de ocorrência.

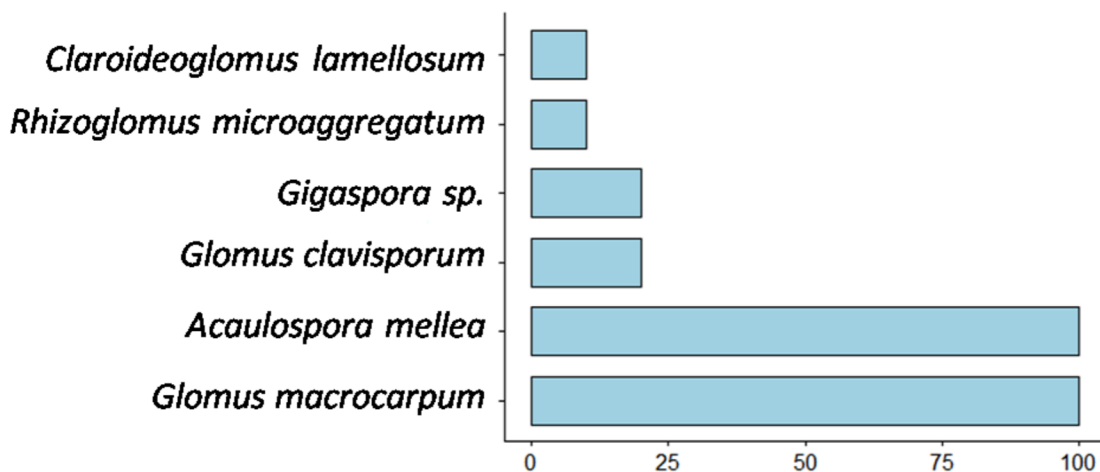


Figura 14. Frequência de Ocorrência das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares encontrados no tratamento do cultivo do milho com a *Diodia saponariifolia* (CD).

O tratamento SD proporcionou a ocorrência de todos os gêneros encontrados, no qual foram encontradas cinco espécies, três pertencentes ao *Glomus*; um pertencente ao *Acaulospora* e outro ao *Gigaspora*, onde a frequência de ocorrência das espécies no tratamento CD (Figura 15) foi predominante para *Glomus macrocarpum*; *Acaulospora mellea*; *Gigaspora sp.*; *Rhizoglomus microaggregatum* e *Glomus clavisporum*, respectivamente, na sequência decrescente de ocorrência.

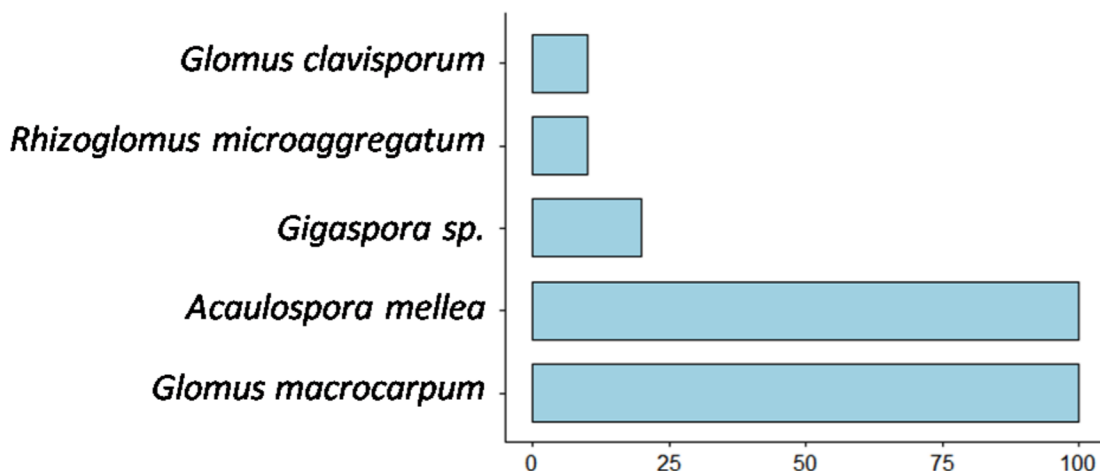


Figura 15. Frequência de Ocorrência das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares encontrados no tratamento do cultivo do milho sem a *Diodia saponariifolia* (SD).

O torrão de *D. saponariifolia* (TCD) apresentou a ocorrência de dois dos gêneros encontrados, no qual foram encontradas seis espécies, cinco pertencentes ao *Glomus*; uma pertencente ao *Acaulospora*, onde a frequência de ocorrência das espécies (Figura 16) foi predominante para *Glomus macrocarpum*; *Acaulospora mellea*; *Glomus clavisporum*; *Glomus multicaule*; *Rhizogloium microaggregatum*, *Claroideogloium lamellosum*, respectivamente, na sequência decrescente de ocorrência.

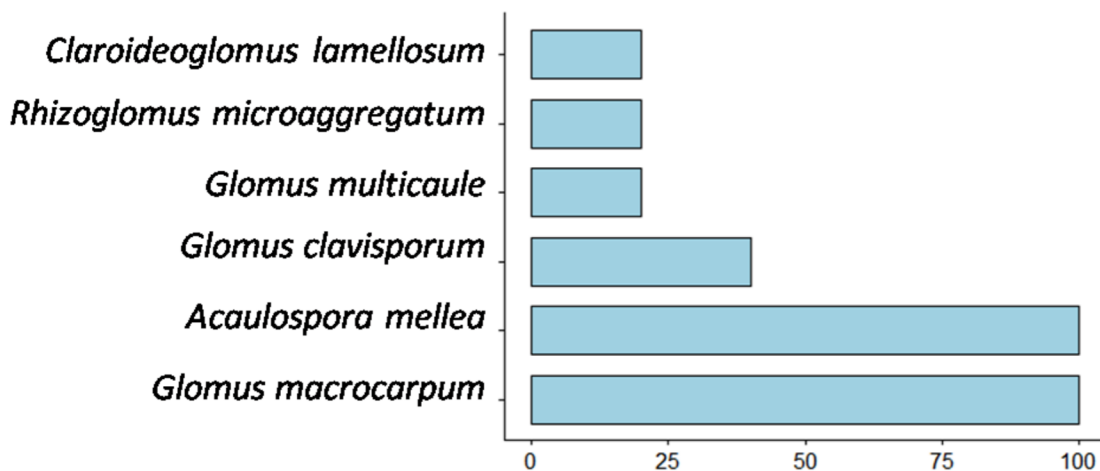


Figura 16. Frequência de Ocorrência das espécies de fungos micorrízicos arbusculares encontrados nas amostras de solo da *D. saponariifolia* (TCD).

O torrão amostral sob a ausência *D. saponariifolia* (TSD) apresentou a ocorrência de todos os gêneros encontrados, no qual foram encontradas cinco espécies, três pertencentes ao *Glomus*; um pertencente ao *Acaulospora* e outro ao *Gigaspora*, onde a frequência de ocorrência das espécies (Figura 17) foi predominante para *Glomus macrocarpum*;

Acaulospora mellea; *Gigaspora sp.*; *Rhizoglyphus microaggregatum* e *Glomus clavisporum* respectivamente, na sequência decrescente de ocorrência.

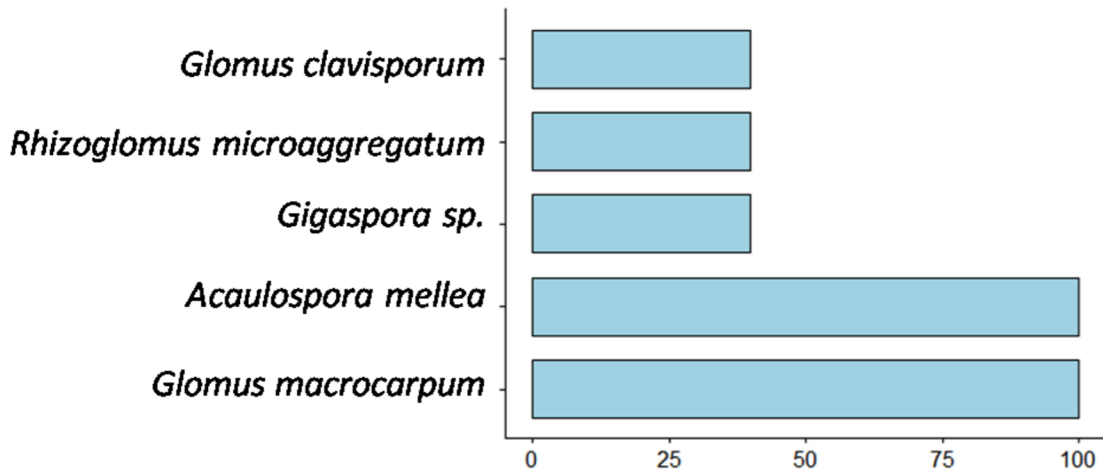


Figura 17. Frequência de Ocorrência das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares encontrados nas amostras de solo sem a cobertura viva de *D. saponariifolia* e o Milho (TSD).

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, *A. mellea*; *G. clavisporum*; *G. macrocarpum* e *R. microaggregatum* nos tratamentos (CD e SD) e nos torrões amostrais (TCD e TSD). A ocorrência da *Gigaspora sp.* apresentou similaridade nos tratamentos CD e SD, assim como no TSD. A ocorrência da *Claroideoglyphus lamellosum* apresentou similaridade entre o tratamento CD e o TCD. Por fim, a ocorrência da *Glomus multicaule* foi exclusiva no torrão amostral TCD.

Diante desta observação sobre a frequência de ocorrência nos diferentes tratamentos (CD e SD) e torrões amostrais (TCD e TSD) pode se inferir que as três espécies, *Gigaspora sp.*, *C. lamellosum* e *G. multicaule*, foram determinantes para avaliar a disposição das mesmas na área de estudo, onde a *Gigaspora sp.* possivelmente apresentou correlação negativa quanto à presença da DS e as espécies *C. lamellosum* e *G. multicaule* apresentaram correlação positiva para com a presença de DS; outro caminho de inferência é a ocorrência destas espécies devido ao acúmulo de nutrientes no solo, os quais são estimulantes à ocorrência micorrízica (JÚNIOR e DA SILVA, 2006)

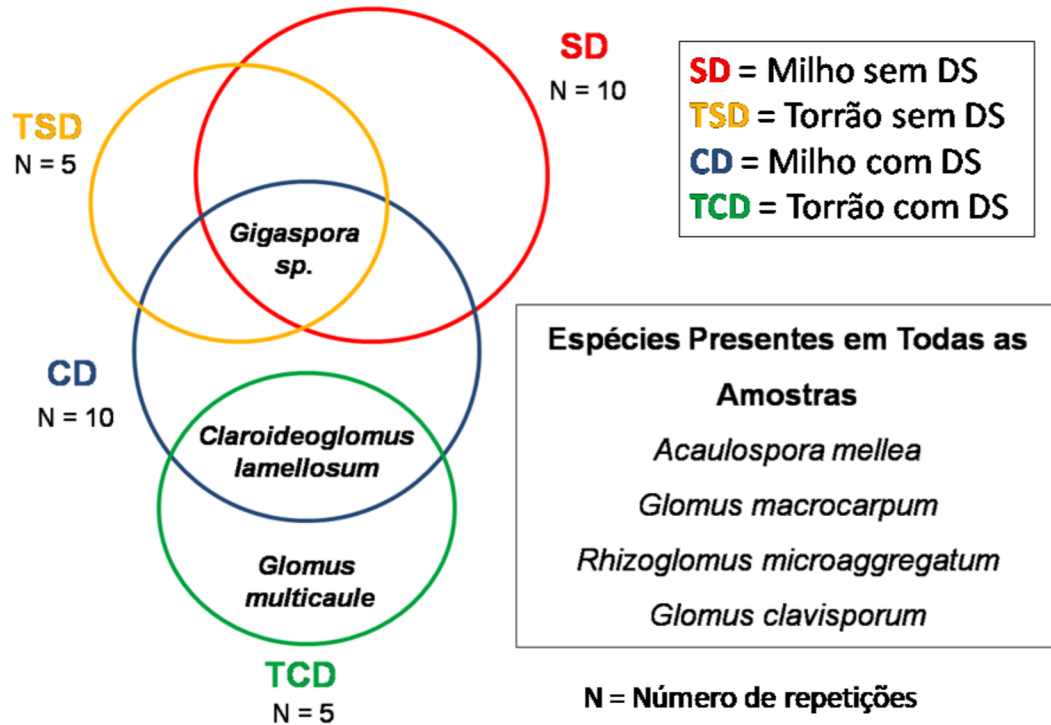


Figura 18. Ocorrência das espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares encontrada nos diferentes estratos amostrais: milho com *Diodia saponariifolia* - DS (CD); milho sem a *Diodia saponariifolia* (SD); somente amostra de *Diodia saponariifolia* (TCD); e amostra sem o milho e sem a *Diodia saponariifolia*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

As similaridades/dissimilaridades entre a ocorrência de espécies de FMAs e os tratamentos (CD e SD) foram elucidadas pela análise multivariada através do escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) (Figura 19). Onde a ocorrência da espécie *Gigaspora sp.* apresentou correlação significativamente positiva quanto à ausência da DS ($p=0,014^*$) e a *C. lamellosum* apresentou correlação significativamente positiva quanto à presença da DS ($p=0,025^*$). As demais espécies não apresentaram correlações significantes sob ANOVA. O valor do Stress foi de 0,07.

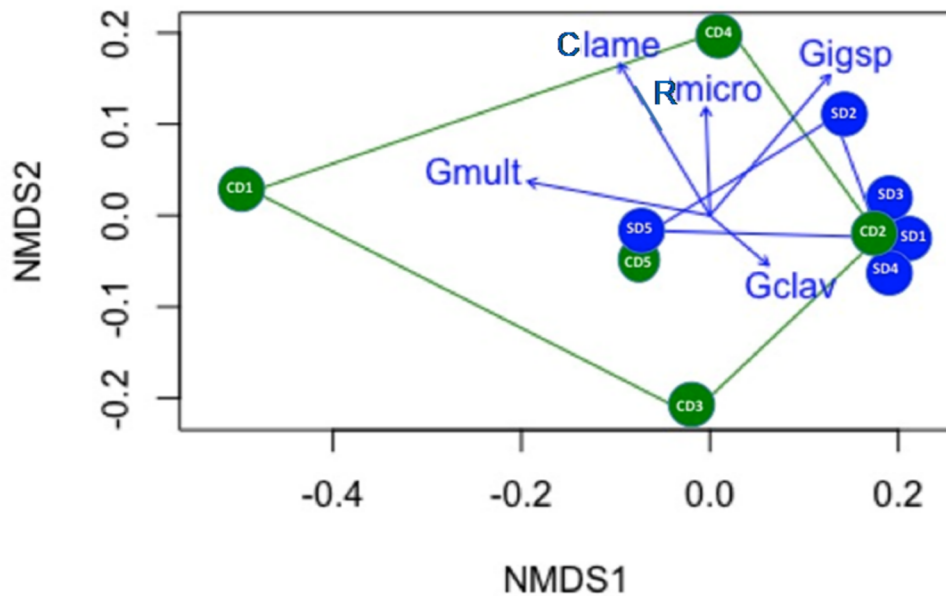


Figura 19. Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) quanto das espécies de FMAs encontrada nos tratamentos com *D. saponarifolia* (CD) sem *D. saponarifolia* (SD) sob a distância de Jaccard, a qual está representada pelas setas azuis, onde quanto maior o comprimento da mesma mais representativa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

O escalonamento não métrico (nMDS), apresentou a correlação positiva entre CD e a ocorrência das espécies *G. multicaule* e *C. lamellosum* (0,025*), assim como a correlação positiva entre SD e a ocorrência da *Gigaspora sp.* (p=0,014*) As espécies *G. microaggregatum* e *G. clavisporum* tiveram ocorrência similares entre os diferentes tratamentos. O valor do stress foi 0,07.

Sobre a presença significativa da *Gigaspora sp.* neste estudo, pode ser inferida que a presença destas espécies foi estimulada através do manejo ecológico do solo. De acordo com DOUDS JR; JANKE; PETERS (1993), o tipo de sistema de cultivo influencia na ordenação da distribuição de espécies FMAs, onde encontraram a *Gigaspora sp.* em áreas sob o manejo sustentável. Quanto à presença significativa da *G. lamellosum* neste estudo pode se inferir que a espécie apresentou similaridade quando ao ambiente com a DS através dos estímulos ambientais promovidos pela cobertura viva espontânea. Em consonância com esta observação, DALPÉ; KOSKE; TEWS (1992) constataram a afinidade desta mesma espécie associação micorrizica com uma CVE (gramínea). Não obstante, SELVAKUMAR *et al.* (2016) encontraram potencial alto de esporulação no solo por *G. lamellosum* (391 esporos por

100 g de solo) o que pode ter coincido com as boas condições de esporulação pela DS (Figura 8).

Sob uma abordagem holística dos resultados encontrados, a análise canônica de coordenadas principais (Figura 20) apresentou as similaridades/dissimilaridades entre as variáveis ambientais do solo: potássio (K); fósforo (P); carbono (C); cálcio (Ca) e a ocorrência FMAs 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 *G. lamellosum* ($p = 0,044^*$); O teor de cálcio apresentou correlação positiva com a ocorrência da *G. microaggregatum* ($p= 0,064$ a 1% sob ANOVA); os demais teores de nutrientes não apresentaram diferença significativa quanto à correlação entre a ocorrência de espécies, a *G. multicaule* apresentou uma tendência a correlacionar se positivamente com a disposição do acúmulo de fósforo e carbono no solo.

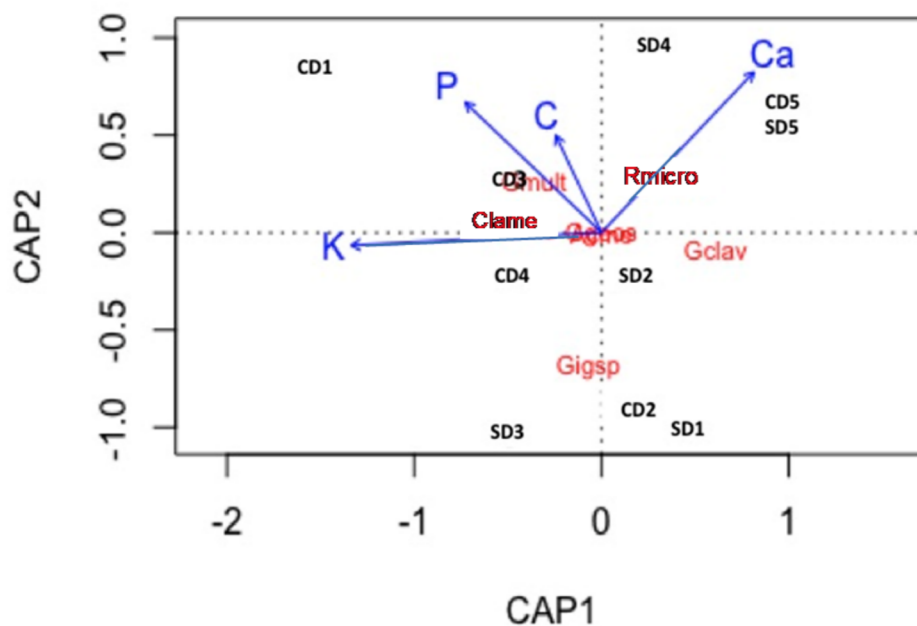


Figura 20. Representação gráfica biplot da análise canônica de coordenadas principais (CAP) usando a distância de jaccard para avaliar similaridades entre as variáveis ambientais do solo: potássio (K); fósforo (P); carbono (C); cálcio (Ca) e a ocorrência de espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) sob os diferentes tratamentos, cultivo do milho com a *Diodia saponariifolia* (CD) e cultivo do milho sob a ausência da *Diodia saponariifolia* (SD). 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 representativa 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%.

Diante de tais resultados significativos entre ocorrência de FMAs e os teores nutricionais que o solo aportava, este estudo retoma a discussão sobre o possível efeito na fertilidade do solo e na contribuição à nutrição do milho, quando agora se torna possível inferência sobre a participação da DS em contribuição aos estímulos para a ocorrência da *C. lamellosum*, a qual pode estar correlacionada positivamente com: o requerimento da CVE DS pelo potássio (ROCHA, 2017); o acúmulo de potássio no solo (Figuras 9E e 10E) e o tendencioso acúmulo de potássio no tecido vegetal do milho (Figura 12). Não obstante, não foi encontrado até o atual momento referências para com a especificidade da *C. lamellosum* pelo potássio.

Todavia, 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 surgir uma incipiente inferência sobre o estímulo que a CVE DS ofereceu a ocorrência micorrízica com a *C. lamellosum* sob a disponibilidade de potássio no solo, mas também pode ser uma estratégia micorrízica que a DS tem para com o seu suprimento nutricional do potássio.

A presença da *R. microaggregatum* pode ter sido estimulada pela presença de cálcio que o SD apresentou. Diante disto, FREITAS (2005) apresentou a melhor adaptação da *R. microaggregatum* em solos com o pH mais elevado, assim, a espécie pode apresentar semelhança quanto a presença de bases no solo, tal como o cálcio.

A presença da *G. multicaule* para com os teores de fósforo e carbono no solo pode ser explicada pelo resultado encontrado no estudo de BABU; REDDY (2011), onde a *G. multicaule* apresentou contribuição no crescimento de mudas de eucalipto, no qual a principal determinante para a melhora no desenvolvimento das mudas foi o aumento da nutrição pelo fósforo.

6 CONCLUSÃO

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

A *Diodia saponariifolia* como planta de cobertura espontânea do solo apresenta benefícios de aumentar os teores de N, P e K e C no solo, aumentar o pH, aumentar a diversidade de FMAs, o que se reflete na melhor nutrição do milho sob a necessidade desses nutrientes.

A *Diodia saponariifolia* como planta de cobertura no sistema de cultivo do milho apresenta diminuir os teores de Ca e Mg no solo. Com isto, outros experimentos são necessários para avaliar se a *D. saponariifolia* causa aumento da acidez potencial do solo em solos mais pobres destas bases, e se existe competição com o milho por esses nutrientes quando são escassos no solo.

7 CONSIDERAÇÕES

A fim de contribuir com a continuidade deste estudo sob a associação da *Diodia saponariifolia* com os fungos micorrízicos arbusculares na função de planta de cobertura no sistema de cultivo orgânico, sugere-se que sejam avaliados os teores de nutrientes do tecido da *D. saponariifolia* quando inoculada com espécies de fungos micorrízicos, particularmente com as encontradas neste estudo. Outra contribuição para com os benefícios da cobertura viva aos FMAs é a averiguação do número de esporos viáveis, a fim de explorar mais o papel conservacionista das plantas de cobertura em geral.

8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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 soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 514-521, 2021.

CREISSEN, H. E.; JORGENSEN, T. H.; BROWN, J. KM. 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 CO₂ 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 horticultrurae**, 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 $\delta^{13}C$. **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.
- Trincherá, A., Testani, E., Roccuzzo, 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.