



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

Beatriz Biancardi Villela

Espécies de cerrado: sua importância na recuperação de solos degradados

**Ilha Solteira
2022**

Beatriz Biancari Villela

Espécies de cerrado: sua importância na recuperação de solos degradados

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Kátia Luciene Maltoni
Orientador

**Ilha Solteira
2022**

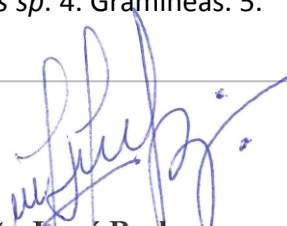
FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

V735e Villela, Beatriz Biancardi.
Espécies de cerrado: sua importância na recuperação de solos degradados / Beatriz Biancardi Villela. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
57 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Kátia Luciene Maltoni
Inclui bibliografia

1. *Dipteryx alata*. 2. *Rhizobium tropici*. 3. *Stylosanthes sp.* 4. Gramíneas. 5. Subsolo.



João Josué Barbosa
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Diretor Técnico
CRB 8-5642

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA

SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Espécies de cerrado: sua importância na recuperação de solos degradados

ALUNO: Beatriz Biancardi Vilela RA: 162054701

ORIENTADOR: Kátia Luciene Maltoni

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 9,0(nove)

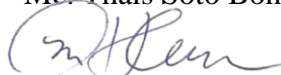
Comissão Examinadora:



Profa. Dra. Kátia Luciene Maltoni
Presidente (Orientador)



Me. Thaís Soto Boni



Profa. Dra. Ana Maria Rodrigues Cassiolato

Beatriz Biancardi

Beatriz Biancardi Vilela

Ilha Solteira, 15 de dezembro de 2021.

DEDICATÓRIA

Dedico a minha mãe Teresinha de Jesus Biancardi por sempre acreditar e investir em mim, por todo amor e apoio incondicional e por ser minha maior inspiração, obrigada por me ensinar a lutar pelos meus sonhos e por estar ao meu lado em cada conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe Teresinha de Jesus Biancardi, minha avó Encarnação Serrano e toda minha família por todo incentivo e apoio, que foram essenciais para essa conquista.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, pelos, professores e funcionários e infraestrutura que possibilitaram o conhecimento adquirido.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento da pesquisa por meio da bolsa PIBIC

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Kátia Luciene Maltoni, por compartilhar seus conhecimentos e pelo incentivo, paciência e direcionamento.

À toda equipe do laboratório de Pedologia que me ajudaram durante o trabalho, em especial a Prof^a. Dr^a. Thaís Soto Boni por todo auxílio no desenvolvimento do trabalho e ajuda nas análises laboratoriais.

Aos meus amigos de turma Kauan Ceriani e Isabelli Santos, por todo amor e por compartilharem cada momento comigo, sendo meu suporte em toda graduação e tornando-a mais leve.

Às amigas de República Ana Beatriz Marchi, Geovanna Matara, Luiza Gervazio, Gabriely Oliveira, em especial a minha irmã do coração Gabriela de Almeida Boldrini que esteve me apoiando nos melhores e piores momentos em toda essa jornada, agradeço pelo amor e companheirismo.

Aos amigos que a Universidade e Ilha Solteira me apresentaram Gabriela Oliveira, Beatriz Souto, Júlia Cristina e Rayanne Ribeiro, por todo momento que compartilhamos e por fazerem parte dessa jornada.

À todas pessoas que fizeram parte dessa jornada e contribuíram para o meu crescimento e desenvolvimento.

RESUMO

A supressão da vegetação e das camadas superficiais do solo são ações comuns de construção de grandes obras de infraestrutura como usinas hidrelétricas, o que causa sério comprometimento edáfico como redução no conteúdo de matéria orgânica, ausência de estrutura, porosidade e agregação de partículas, dificultando a infiltração de água e facilitando a erosão. As técnicas de revegetação têm sido indicadas para recuperação da cobertura vegetal em áreas tão comprometidas, fornecendo nutrientes por meio da ciclagem oriunda da decomposição dos resíduos gerados, e promove a incorporação de matéria orgânica ao solo via raízes e exsudatos, estimulando a atividade da microbiota. As simbioses e associações entre plantas e microrganismos exerce extrema importância no restabelecimento de espécies vegetais, as bactérias fixadoras de nitrogênio conseguem aumentar a disponibilidade do nutriente para a planta, fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e fungos endofíticos septados escuros (DSE) proporcionam um maior volume de solo explorado e conseqüentemente maior absorção de água e nutrientes melhorando assim a adaptabilidade das espécies em ambiente degradado. Diante do exposto o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de leguminosas, gramíneas e *Rhizobium tropici* na recuperação da sustentabilidade de solos degradados no Cerrado. O experimento foi conduzido na Faculdade de Engenharia – UNESP/Campus de Ilha Solteira, em condição de cultivo protegido, em solo proveniente de uma área degradada (SAD) durante a construção da Usina Hidrelétrica (UHE) de Ilha Solteira, ocorrida na década de 60, e outro de uma área de Cerrado conservado (CER), ambos coletados no município de Selvíria (MS). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, e as espécies utilizadas foram as leguminosas *Dipteryx alata* (Baru) e *Stylosanthes* spp., e as gramíneas (*Sporobolus indicus* e *Aristida riparia*), estabelecendo os seguintes tratamentos *D. alata*, *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (*D. alata* + Sty), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (*D. alata* + Rhi), *D. alata* + Gramíneas (*D. alata* + Grm) e *D. alata* + Sty + Grm) com 5 tratamentos por solo e 4 repetição. Os atributos avaliados foram altura, diâmetro, índice de área foliar, clorofila, massa fresca e seca da parte aérea e raízes, massa fresca total, massa seca total, volume de raiz, teores de água na parte aérea e no sistema radicular e água total, fertilidade do solo, respiração basal do solo, colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e por fungos endofíticos septados escuros (DSE) e imagens de agregados em microscopia eletrônica de varredura. A introdução da vegetação promoveu incrementos nos teores de P e MO e elevou a CTC no solo CER, apresentando um

pequeno incremento no pH e reduções no Al^{3+} e na $H+Al$, a associação de gramíneas, *Stylosanthes* spp. e a inoculação com *R. tropici* contribuíram para o crescimento do *D. alata* no solo SAD. As imagens em microscopia eletrônica de varredura mostraram a contribuição de hifas e raízes na agregação do solo.

Palavras chaves: *Dipteryx alata*, *Rhizobium tropici*, *Stylosanthes* sp., gramíneas, subsolo.

ABSTRACT

The suppression of vegetation and surface layers of the soil are common actions for the construction of large infrastructure works such as hydroelectric plants, which cause serious edaphic damage such as a reduction in the content of organic matter, lack of structure, porosity and aggregation of particles, making it difficult to infiltration of water and facilitating erosion. Revegetation techniques have been indicated for the recovery of vegetation cover in such compromised areas, providing nutrients through cycling resulting from the decomposition of waste generated, and promoting the incorporation of organic matter into the soil via roots and exudates, stimulating the activity of the microbiota. The symbioses and associations between plants and microorganisms are extremely important in the reestablishment of plant species, nitrogen-fixing bacteria can increase the availability of the nutrient for the plant, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and dark septate endophytic fungi (DSE) provide a greater volume of explored soil and consequently greater absorption of water and nutrients, thus improving the adaptability of species in a degraded environment. Given the above, the objective of this work was to evaluate the potential of legumes, grasses and *Rhizobium tropici* in the recovery of sustainability of degraded soils in the Cerrado. The experiment was conducted at the Faculty of Engineering – UNESP/Campus of Ilha Solteira, under protected cultivation conditions, in soil from a degraded area (SAD) during the construction of the Ilha Solteira Hydroelectric Power Plant (HPP) in the 1960s, and another from a conserved Cerrado area (CER), both collected in the municipality of Selvíria (MS). The experimental design was completely randomized, and the species used were the legumes *Dipteryx alata* (Baru) and *Stylosanthes* spp., and the grasses (*Sporobolus indicus* and *Aristida riparia*), establishing the following treatments *D. alata*, *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (*D. alata* + Sty), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (*D. alata* + Rhi), *D. alata* + Grasses (*D. alata* + Grm) and *D. alata* + Sty + Grm) with 5 treatments per soil and 4 repetition. The attributes evaluated were height, diameter, leaf area index, chlorophyll, fresh and dry mass of shoots and roots, total fresh mass, total dry mass, root volume, water content in shoots and root system and total water, soil fertility, basal soil respiration, root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and dark septate endophytic fungi (DSE) and images of aggregates in scanning electron microscopy. The introduction of vegetation promoted increases in P and MO contents and increased CTC in the CER soil, showing a small increase in pH and reductions in Al^{3+} and H+Al, the association of grasses, *Stylosanthes*

spp. and inoculation with *R. tropici* contributed to the growth of *D. alata* in SAD soil. Scanning electron microscopy images showed the contribution of hyphae and roots to soil aggregation.

Key words: *Dipteryx alata*, *Rhizobium tropici*, *Stylosanthes* sp., grasses, subsoil.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
<hr/>		
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	CERRADO.....	14
2.2	ESPÉCIES DE CERRADO.....	14
2.3	MICROBIOLOGIA DOS SOLOS.....	15
2.4	MICORRIZAS ARBUSCULARES E FUNGOS ENDOFÍTICOS	16
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4	RESULTADOS.....	24
5	DISCUSSÃO.....	44
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
7	REFERÊNCIAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

A utilização não planejada e desmedida dos recursos naturais e o manejo inadequado dos solos conduzem o mesmo à degradação e ao esgotamento. No mundo, 33% dos solos encontram-se degradados e, em relatório, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2019) cita que a erosão, o desequilíbrio de nutrientes, as perdas de carbono e da biodiversidade, a acidificação dos solos e a compactação como as principais ameaças às funções dos ecossistêmicas.

O conceito de degradação está ligado à qualidade do solo, conforme seus atributos físicos, biológicos e químicos são alterados negativamente, instaurando o processo de degradação (ALVES; SOUZA, 2008). A qualidade de um solo pode ser definida pela sua aptidão em sustentar o desenvolvimento vegetal, o que implica em fatores como agregação, teor de matéria orgânica, capacidade de retenção de água, taxa de infiltração, pH, disponibilidade de nutrientes, etc. (POWER ; MYERS, 1989).

O aumento de áreas degradadas está diretamente ligado às atividades antrópicas, que podem favorecer a exploração excessiva e sem planejamento dos solos. Dentre as perturbações causadas pode-se citar a remoção de camadas de solos, implicando na retirada da matéria orgânica o que pode causar problemas na agregação e estrutura do solo, disponibilidade de nutrientes e atividade biológica (ROSA *et al.*, 2014).

A recuperação de áreas antropizadas é um processo árduo e de longo prazo, podendo a interferência humana facilitar essa recuperação, acelerando processos, por exemplo, pedogenéticos os quais ocorrem lentamente (STOCKMANN; MINASNY; MCBRATNEY, 2014), de maneira a contribuir para que as exigências do ecossistema sejam atendidas e a área degradada consiga alcançar as condições necessárias ao desenvolvimento da vegetação e equilíbrio do solo (DIAS; GRIFFITH, 1998; ALMEIDA, 2016).

Dentre as intervenções possíveis está a revegetação, que busca a introdução de espécies vegetais na área degradada, com a finalidade de melhorar a qualidade do solo (BROWN; MAHONEY; SPRENGER, 2014). As técnicas de revegetação têm sido utilizadas como uma alternativa eficiente na recuperação da cobertura vegetal, quando inexistente ao mesmo tempo que fornece nutrientes por meio da ciclagem que acontece durante a decomposição dos resíduos resultantes da vegetação introduzida. Esta promove a incorporação de matéria orgânica ao solo via raízes e exsudatos, estimula a atividade da microbiota do meio, melhorando assim as condições edáficas do solo degradado (ALMEIDA; SÁNCHEZ, 2005;

LIMA *et al.*, 2015).

O emprego de leguminosas e gramíneas durante a revegetação, além de contribuir para o recobrimento da superfície e melhorar as condições edáficas do solo, pode aumentar a concentração de carbono orgânico (CO) e nitrogênio (N)). Este último pode, também, ser disponibilizado por meio de associações e simbióticas mutualísticas com bactérias fixadoras de N₂ atmosférico (BFN), como as do gênero *Rhizobium.*, fazendo assim com que seus resíduos liberem nutrientes para o solo pela mineralização do material orgânico produzido, contribuindo para que outras espécies vegetais também possam se estabelecer na área em recuperação (SARAIVA *et al.*, 2020; NUNES *et al.*, 2015). No entanto, ainda hoje, muito pouco se conhece sobre as espécies do Cerrado em relação às diferentes simbioses ou associações comestres e outros microrganismos benéficos, como os fungos micorrízicos arbusculares e os fungos endofíticos septatos escuros (DSE).

Hipótese: Em áreas de solo degradado e sem cobertura vegetal, a introdução de gramíneas, subarbusto perene e leguminosa arbórea, inoculada ou não com *Rhizobium tropici* pode facilitar o restabelecimento da vegetação, adicionar material orgânico, nitrogênio e outros elementos ao solo, além de melhorar a atividade da microbiota.

Objetivos: Avaliar o potencial de leguminosas, gramíneas e *Rhizobium tropici* na recuperação da sustentabilidade de solos degradados no Cerrado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1.CERRADO

O Cerrado é o segundo maior bioma do país e da América latina, seu domínio se estende por uma área de 2,04 milhões de quilômetros, representando 22% do território nacional (BRASIL, 2015). Neste são encontrados uma grande diversidade de espécies vegetais e animais, sendo considerado a “savana” com maior biodiversidade do mundo (LAHSEN *et al.*, 2016; BRASIL, 2015).Essa diversidade é favorecido pelas diferentes fitofisionomias encontradas, que vão de campo limpo a cerradão (campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e cerradão) (MACHADO *et al.*, 2004; COUTINHO, 2006).

Até a década de 1970, os solos do Cerrado eram considerados inadequados às práticas agrícolas (SANTOS *et al.*, 2010), com 46% da área do bioma coberta por latossolos, caracterizados pela baixa fertilidade e alta acidez. Atualmente, esse questão foi resolvido e deu a essas áreas destaque na produção de grãos, reestruturando o espaço agrário da região central do Brasil (COSTA, 2014) e colocando em risco o bioma, que até a década de 70 não era explorado.

O reconhecimento da importância biológica do bioma com maior ocorrência de espécies endêmicas associado ao alto grau de degradação com grandes perdas do seu habitate natural acarretou na colocação do Cerrado na lista de áreas denominadas *hotspots*, sendo uma das 35 áreas prioritárias para investimentos em conservação ambiental (MYERS *et al.*, 2000; SLOAN, 2014; SANTOS *et al.*, 2010).

2.2.ESPÉCIES DE CERRADO

A espécie *Dipteryx alata* Vogel é uma leguminosa arbórea da família Fabaceae, popularmente conhecida como Baru. O gênero é formado por 15 espécies de interesse da indústria madeireira e alimentícia, além de ser utilizada no paisagismo e na recuperação de áreas degradadas, onde é indicado para recuperação local e preservação da espécie (SILVERIO; CASTRO; MIRANDA 2013; SANO; BRITO; RIBEIRO., 2016). Classificada como zoocórica, segundo critérios de dispersão indicados por Pijl (1982) a espécie *D. alata* tem a dispersão de sementes feita por animais, que auxiliam na dispersão e contribuem ao aumentar a diversidade da área, pois podem trazer sementes de outras espécies para se estabelecer no local (POTT; POTT, 2003).

A espécie apresenta características decíduas e cerca de 5 a 10 m de altura podendo chegar até 25 m (LORENZI, 2002; MEDEIROS 2011). Presente em vários estados brasileiros apresenta ampla distribuição, segundo Vieira *et al* (2006) sua ocorrência é mais comum no Cerrado, incluindo formações as florestais, cerradão e mata, áreas de transição entre Cerrado e Mata Estacional ou Galeria e no Cerrado sentido restrito.

O gênero *Stylosanthes* possui 44 espécies, algumas de ocorrência comum no Cerrado sendo um subarbusto perene (SILVA, 2004), com alto potencial para uso na recuperação de áreas degradadas, devido a sua capacidade de fixar nitrogênio por meio da associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium* (ZIMMER *et al.*, 2012), favorecendo o aumento de nitrogênio no solo.

As gramíneas, com seu sistema radicular abundante, desempenham importante papel na recuperação de solos degradados, por estimular a agregação do solo por meio da aproximação mecânica de partículas, liberação de exsudados (que atuam como agentes cimentantes) e sua decomposição se transforma em energia aos microrganismos que promovem também a união de suas hifas a partículas do solo, por meio de subprodutos provenientes da síntese microbiana (BRANDÃO; SILVA, 2012; WOHLBERG *et al.*, 2004; BUCKA *et al.*, 2021). Além dos benefícios aos atributos físicos do solo, as gramíneas perenes podem promover a cobertura vegetal e proteção do solo, além de contribuir com a infiltração de água e consequente redução no escoamento superficial (SANTOS, 2009).

2.3.MICROBIOLOGIA DOS SOLOS

A biomassa microbiana é a parte viva do solo, composta por bactérias e fungos, sendo os principais encarregados pela decomposição e transformação da matéria orgânica (FERREIRA; STONE; DIDONET, 2017). Os microrganismos presentes no solo são responsável pela ciclagem de nutrientes consequentemente exerce extrema influência sobre a disponibilidade de nutrientes e quantidade de carbono armazenado contribuindo para manutenção do ecossistema (HOFFMAN *et al.*, 2018).

A microbiota do solo pode ser empregada como indicador da qualidade do solo, já que os mesmos possuem uma estreita relação com os componentes químicos e físicos do solo, dispondo de grande influência desde os processos de gênese até na manutenção da estrutura e qualidade do solo (GUIMARÃES *et al.*, 2017; MAZZETO *et al.*, 2015). A respiração basal do solo (RBS) é uma avaliação realizada para averiguar a qualidade do solo, a avaliação visa a quantificação do CO₂ liberado na atividade dos organismos no processo de oxidação da

matéria orgânica (RAICH; SCHLESINGER, 1992).

Alguns organismos presentes no solo são capazes de estabelecer associações simbióticas com espécies vegetais, beneficiando seu desenvolvimento e adaptabilidade em ambientes degradados. As bactérias do gênero *Rhizobium* ao formarem associações simbióticas mutualísticas com espécies leguminosas, realizam o processo de conversão do nitrogênio atmosférico N_2 na forma de NH_4 , que é disponibilizado para a planta (MARIN *et al.*, 1999; FAGAN *et al.*, 2007). Incrementos de N no solo são normalmente benéficos, por se tratar de elemento de extrema importância, uma vez que faz parte da estrutura da clorofila e de proteínas da planta (TAÍZ ;ZIEGER, 2004).

Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e fungos endofíticos septados escuros (DSE) são organismos que quando presentes no solo também formam associações simbióticas com as plantas. As hifas são estruturas que se formam no sistema radicular das espécies vegetais após a associação, essas estruturas são capazes de explorar em maior quantidade o solo, chegando a distância que as raízes não conseguem, promovendo assim uma maior absorção de água e nutrientes (RODRIGUES; BARROSO; FIQUEIREDO, 2018; CAMARA *et al.*, 2016).

2.4.MICORRIZAS ARBUSCULARES E FUNGOS ENDOFÍTICOS

Glomeromycotina é o Subfilo de fungos que ao se associarem com plantas hospedeiras formam micorrizas arbusculares, uma associação simbiótica mutualística de extrema importância ao estabelecimento/restabelecimento da vegetação em áreas degradadas, para agregação do solo, que é favorecida pela ação física de hifas, as quais envolvem partículas de solo, e pela ação da glomalina, glicoproteína que atua como agente cimentante (BARBOSA *et al.*, 2019; SOUSA, 2012).

A simbiose também promove maior absorção de água e nutrientes (BIANCHI *et al.* 2016), proporcionada pela ampliação do volume de solo explorado pelas hifas, que aumentam a área de absorção, e que são mais competentes na aquisição de fósforo (P) do que o sistema radicular (RODRIGUES; RODRIGUES, 2014), beneficiando o desenvolvimento de raízes absorventes e o armazenamento de nutrientes na biomassa fúngica. Essa simbiose ameniza aspectos desfavoráveis do solo degradado, melhorando as condições edáficas para o desenvolvimento da vegetação (COLODETE; DOBBSS; RAMOS, 2014).

As micorrizas também contribuem para que a planta tenha maior resistência à acidez do solo, ao estresse hídrico e por salinidade, e às temperaturas elevadas, bem como à presença de

patógenos (SMITH; READ, 2008; DAYNES *et al.* 2013; PENG; GOU; LIU,. 2013; WU; ZOU, 2017).

Os fungos endofíticos septados (DSE), apresentam hifa de coloração escura microescleródios pertencem ao Filo Ascomycota, que colonizam tecidos intra e intercelular de plantas hospedeiras sem causar danos ao seu desenvolvimento (JUMPPONEN; TRAPPE, 1998, HE, 2010), estabelecendo uma associação simbiótica com o hospedeiro.

Essa associação favorece o desenvolvimento da planta hospedeira, pois facilita a absorção de água e nutrientes (HAN *et al.*, 2021). Os DSE apresentam, também, a capacidade de hidrolisar fontes de P imóveis e sulfatos orgânicos, além de obter N por meio de fontes orgânicas presentes no solo (BARROW, 2003; MANDYAM; JUMPPONEN, 2005; XIE *et al.*, 2017). Atividades enzimáticas degradativas observadas no DSE pode apontar auxiliar na degradação da matéria orgânica, aumentando a disponibilidade de nutrientes ao meio (KNAPP *et al.*, 2018), o que pode facilitar a adaptabilidade de espécies vegetais a ambientes degradados, favorecendo uma maior resistência contra estresses bióticos e abióticos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Faculdade de Engenharia – UNESP/Campus de Ilha Solteira, em condição de cultivo protegido com 30% de sombreamento. O tipo climático na região, segundo Köppen, é caracterizado como AW, clima tropical úmido com inverno seco, (ALVARES *et al.*, 2014), com temperatura média anual de 25,5 °C e precipitação média anual de 1300 mm (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2020).

Conduzido em vasos (11 L), o experimento contou com dois materiais de solo, coletados na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade, sendo um proveniente de área degradada (20° 22' 52" S, 51°24'21" O, altitude 325 m) e outro de uma área de Cerrado conservado (20° 20' 21" S, 51°24'42" O, altitude 386 m) ambos no município de Selvíria (MS).

A área degradada tem por característica a exposição do subsolo à superfície. Esta área resulta da construção da Usina Hidrelétrica (UHE) de Ilha Solteira, ocorrida na década de 60, quando vegetação e solo foram removidos para utilização nas obras de construção da UHE, chegando a 12 m de espessura as camadas de solo retiradas. O solo comum no entorno destas áreas foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (DEMATTE, 1980; SANTOS *et al.*, 2018).

O solo coletado na área degradada apresenta textura argilosa (491g kg⁻¹ argila, 57 g kg⁻¹ silte e 452 g kg⁻¹ areia) determinada em análise granulométrica, pelo método da pipeta (DONAGEMMA *et al.*, 2017). A caracterização inicial dos atributos químicos do solo foi determinada de acordo com Raij *et al.* (2001). O solo sob Cerrado conservado foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, tem textura argilosa (394 g kg⁻¹ argila, 42 g kg⁻¹ silte e 564 g kg⁻¹ areia) e baixa fertilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química inicial dos materiais e solo degradado (SAD) e do solo sob cerrado (CER).

Solo	N g kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	MO g kg ⁻¹	pH CaCl ₂	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al mmolc kg ⁻¹	Al ³⁺	SB	CTC
SAD	0,22	1	8	4,2	0,9	1	1	31	4	2,9	33,9
CER	0,82	1	16	4,3	1,1	3	2	38	12	6,1	44,1

P = fósforo, MO = matéria orgânica, pH = reação do solo, K⁺ = potássio, Ca²⁺ = cálcio, Mg²⁺ = magnésio, H+Al = acidez potencial, Al³⁺ = alumínio, SB = soma de bases e CTC = capacidade de troca catiônica.

O experimento contou com diferentes plantas (arbórea, subarbusto perene e gramíneas) e seguiu o delineamento experimental inteiramente casualizado, totalizando 5 tratamentos por solo (SAD e CER) 4 repetições. Estes foram constituídos como: *D. alata*, *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (*D. alata* + Sty), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (*D. alata* + Rhi), *D. alata* +

Gramíneas (*D. alata* + Grm) e *D. alata* + Sty + Grm, estabelecidos em dois solos. As espécies utilizadas foram a leguminosa arbórea *D. alata*, . duas gramíneas coletadas em campo (20° 23' 17" S; 51° 27' 31" O, altitude 353 m) e identificadas como *Sporobolus indicus* (L.) R.Br. e *Aristida riparia* Trin. e o subarbusto perene *Stylosanthes* spp. obtida a partir de sementes de uso comercial na região do Cerrado (estilosantes campo grande, contendo duas espécies sendo a *Stylosanthes capitata* Vogel. e *Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira & N.M. Sousa Costa), ambas subarbustos perenes.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos e suas respectivas siglas.

Tratamento	Sigla
<i>D. alata</i>	<i>D. alata</i>
<i>D. alata</i> + <i>Stylosanthes</i> spp.	<i>D. alata</i> + Sty
<i>D. alata</i> + <i>Rhizobium tropici</i>	<i>D. alata</i> + Rhi
<i>D. alata</i> + Gramíneas	<i>D. alata</i> + Grm
<i>D. alata</i> + <i>Stylosanthes</i> spp. + Gramíneas	<i>D. alata</i> + Sty + Grm

Elaboração da própria autora

A bactéria do gênero *Rhizobium* (*Rhizobium tropici*) foi adicionada a um dos tratamentos em acordo com recomendação comercial (250 g do inoculante turfoso para cada 50 kg de sementes), para a inoculação foi utilizada uma solução açucarada a 10% (100 g de açúcar em 1 litro de água). A inoculação das raízes das mudas de *D. alata* ocorreu no momento da introdução das mudas nas unidades experimentais.

Figura 1. Tratamentos estabelecidos: (a) *D. alata* + SAD, (b) *D. alata* + CER, (c) *D. alata* + SAD + *Stylosanthes* spp. (Sty), (d) *D. alata* + CER + Sty, (e) *D. alata* + SAD + *Rhizobium tropici* (Rhi), (f) *D. alata* + CER + Sty, (g) *D. alata* + SAD + Gramíneas (Grm), (h) *D. alata* + CER+ Grm, (i) *D. alata* + SAD + Sty + Grm, (j) *D. alata* + CER+ Sty + Grm (**continua**).

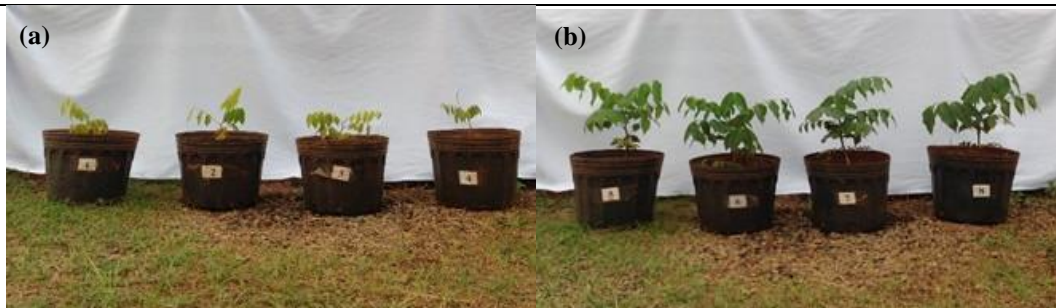


Figura 1. Tratamentos estabelecidos: (a) *D. alata* + SAD, (b) *D. alata* + CER, (c) *D. alata* + SAD + *Stylosanthes* spp. (Sty), (d) *D. alata* + CER + Sty, (e) *D. alata* + SAD + *Rhizobium tropici* (Rhi), (f) *D. alata* + CER + Sty, (g) *D. alata* + SAD + Gramíneas (Grm), (h) *D. alata* + CER+ Grm, (i) *D. alata* + SAD + Sty + Grm, (j) *D. alata* + CER+ Sty + Grm (**continuação**).



Fonte: Elaboração da própria autora

Estabelecido o experimento, este foi irrigado diariamente e apenas as mudas de *D. alata* foram avaliadas mensalmente (Dez 2019 a Jun 2020), para altura (régua graduada) e diâmetro do coleto (paquímetro digital) e calculado o crescimento em altura (DifAlt) diferença de altura e diferença de diâmetro (DifDiam) pela diferença entre as medidas inicial e final.

Ao final do período experimental (Jun 2020) avaliou-se nas mudas de *D. alata* o índice de área foliar – IAF, medidas realizadas com equipamento da LICOR, modelo LI-3000C, o índice de clorofila foliar – ICF, medidas feitas por método indireto com clorofilômetro Falker®.

Logo após as últimas medidas (Jun 2020), os vasos foram desmontados e as plantas (*D. alata*, gramíneas e *Stylozanthes* spp.) tiveram suas raízes separadas do solo e individualizadas manualmente. Na sequência, a parte aérea das plantas foi coletada e avaliada para massa fresca (MFPA) e seca (MSPA), as raízes separadas também foram avaliadas para volume das raízes – VR (ZENZEN *et al.*, 2007), massa fresca (MFR), seca (MSR) (CARNEIRO, 1995), foram calculados os totais de massa fresca (MFT) e seca (MST) em acordo com as equações 1 e 2, os teores de água na parte aérea (AgPa) e no sistema radicular (AgRaiz) pela diferença entre massa fresca e seca, e água total (AgT) determinada pela soma AgPa + AgRaiz (CARNEIRO, 1995), como indicado nas equações 3, 4 e 5.

$$MFT = MFPA + MFR \quad \text{equação (1).}$$

$$MST = MSPA + MSR \quad \text{equação (2).}$$

$$AgPa = MFPA - MSPA \quad \text{equação (3).}$$

$$AgRaiz = MFR - MSR \quad \text{equação (4).}$$

$$AgT = AgPa + AgRaiz \quad \text{equação (5).}$$

Para cada espécie, em cada vaso, imediatamente após a individualização das raízes, coletou-se 1 g de raiz fresca. Estas foram lavadas, imersas em KOH 10% e levadas ao banho-maria (90 °C) por 40 minutos e descartado... Em seguida as raízes foram enxaguadas e imersas em H₂O₂ a 10% e levadas ao banho-maria por 10 minutos (etapa realizada apenas no *D. alata*). Na sequência, as raízes foram lavadas (água purificada), imersas em HCl 1% e, novamente, levadas ao banho-maria a 90 °C (20 minutos). Retiradas do HCl, as raízes foram imersas em azul de tripano e aquecidas por 5 minutos (banho-maria 90 °C). Após resfriarem, as raízes foram lavadas (água purificada) para retirada do excesso de corante e preservadas imersas em lactoglicerol.

A avaliação da colonização radicular pelas hifas foi realizada em microscópio ótico, utilizando uma lâmina dividida verticalmente em 10 marcações paralelas, onde foram colocados 5 segmentos longos de raiz. Com o auxílio de um contador, a análise inicia na primeira marcação, no primeiro segmento de raiz, e prossegue até completar os 5 segmentos, em seguida inicia a contagem da segunda marcação e assim por diante, até completar os 50 pontos previstos. Para cada amostra foram analisadas 2 lâminas totalizando 100 pontos de análise.

As amostras de solo, coletadas em cada um dos vasos, foram analisadas para fertilidade (fósforo (P), matéria orgânica (MO), reação do solo (21pH), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺),

magnésio (Mg^{2+}), acidez potencial ($H+Al$), alumínio (Al^{3+}) e capacidade de troca catiônica (CTC)), seguindo metodologia de Raij *et al.* (2001); nitrogênio (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

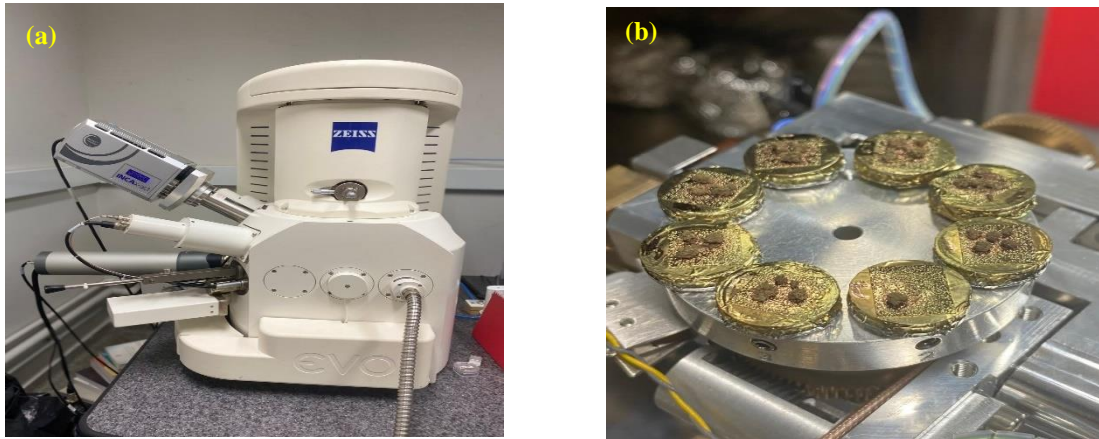
A respiração basal do solo foi realizada seguindo a metodologia de Vance, Brookes (1987), para isso em frascos herméticos de vidro foram colocados 50g de solo e frascos de vidros menores com 10 ml de NaOH (1N) foram posicionados sobre o solo, em seguida vedou-se os frascos herméticos e deixou em encubação por sete dias. O processo foi realizado para todas as amostras de solo e também foram preparadas amostras em branco (sem solo). Após o período de encubação foi realizada a titulação do NaOH 1N com HCl 0,5N, acrescentou-se 2ml de $BaCl_2$ 10% para precipitação do Na_2CO_3 , como indicador foi utilizado 2 gotas de fenoftaleína. Concluído as titulações de todas as amostras procedeu-se com os cálculos do $C-CO_2$.

Agregados próximos (colados à raiz) e apartados do sistema radicular (0,10 m de distância da inserção da planta) foram coletados para avaliação em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Para a coleta das amostras foram selecionados os seguintes tratamentos:

- 1- SAD
- 2- SAD+ *D. alata* +Sty (raiz de Sty)
- 3- SAD+ *D. alata* + Grm (raiz de Grm)
- 4- SAD+ *D. alata* + Grm +Sty (raiz de *D. alata*)
- 5-SAD+ *D. alata* +Grm + Sty (raiz de Sty)
- 6-SAD+ *D. alata* + Grm + Sty (raiz de Grm)
- 7-CER+ *D. alata* + Grm+Sty (raiz de *D. alata*)
- 8-CER+ *D. alata* +Grm +Sty (raiz de Sty)
- 9-CER+ *D. alata* +Grm+ Sty (raiz de Grm)

Os agregados foram fixados em porta amostra com fita de carbono com revestimento duplo para, em seguida, serem recobertas com uma película de ouro, em câmara de vácuo, utilizando o metalizador Quorum – Q150TE (WHITE, 2008). Preparadas, as amostras foram levadas ao MEV, modelo EVO/LS15 – ZEISS para observação detalhada das estruturas presentes, sendo feitas observações em diferentes aumentos (50x, 100x, 400x, 500x 1000x e 2000x, 1.000x, 10.000x e 20.000x). Alguns dados sobre a composição química elementar qualitativa das amostras foram obtidos com o detector de energia dispersiva (EDS), acessório do MEV.

Figura 2. MEV, (a) microscópio eletrônico de varredura utilizados para as avaliações, (b) amostras de solo recobertas com ouro



Fonte: Elaboração da própria autora

Os dados coletados foram testados para a hipótese da normalidade pelo teste Shapiro-Wilk (1965). Atendidas as pressuposições procedeu-se à análise de variância (ANAVA), sendo aplicado o teste F a 5% de probabilidade para detectar as diferenças dos tratamentos. Quando encontrada diferença significativa foi realizado o teste Scott-Knott para comparação das médias. Estas análises foram realizadas com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2019).

4. RESULTADOS

Os dois solos utilizados no experimento, SAD e CER, apresentam baixa fertilidade natural, conseqüentemente, reduzida disponibilidade de nutrientes como N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e altos teores de Al³⁺ e H+Al (Tabela 1). Sendo essas características comuns aos solos do Cerrado, relacionado ao alto grau de intemperismo e intensa pedogênese (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

A introdução da vegetação promoveu incrementos nos teores de P, MO e elevou a CTC, os quais foram maiores no CER em relação ao SAD (Tabela 2) que, ao receber a vegetação apresentou um pequeno incremento no pH e reduções no Al³⁺ e na H+Al, condição positiva, pois indica redução da acidez, porém não acarretou incrementos nos teores de nutrientes essenciais. Embora tenham ocorrido alterações em relação à condição inicial dos solos (CER e SAD), estas podem ser consideradas incipientes e os incrementos na CTC calculada (SB + H+ Al) para SAR podem ser atribuídos à H+Al e ao Al³⁺, não às bases.

A introdução da vegetação não produziu efeitos sobre os teores de K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ dos solos (Tabela 2), que continuam baixos. Os teores de N, também baixos, nos dois solos (Tabela 2), permitem dar destaque ao tratamento *D. alata* + Sty + Grm no solo CER, onde os teores de N representam o dobro do que foi observado nos demais tratamentos (Tabela 3), no entanto o SAD contém maiores teores de N que no CER nos tratamentos *D. alata* e *D. alata* +Rhi.

A CTC acompanha as variações da H+Al, sugerindo que a CTC aumentou, não devido à presença de bases, mas ao H+Al. No entanto, visto que a mesma faz parte de suas determinações, pode-se observar que a CTC efetiva não aumentou (RONQUIM, 2010).

As mudas de *D. alata* têm maior crescimento em altura, clorofila e IAF quando cultivadas no CER (Tabela 4), superando em 30% o crescimento ocorrido no SAD. Isoladas produzem maiores VR e IAF e em associação com outras espécies não apresentam diferenças no crescimento em altura, diâmetro e IAF. No entanto a associação com outras espécies mostra algumas variações (Tabela 4). Em relação ao SAD, quando cultivado em associação com Grm e Grm + Sty, as alturas se igualam, indicando que estas associações foram benéficas para altura da muda (Tabela 5).

Tabela 3. Valores médios de nitrogênio (N), fósforo lábil (P), matéria orgânica (MO), potencial hidrogeniônico (pH), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺) e alumínio (Al³⁺) trocáveis, acidez potencial (H+Al) e capacidade de troca catiônica (CTC), para solo da área degradada (SAD) e do cerrado (CER), nos tratamentos (Trat) *D. alata*, *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (*D. alata* + Sty), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (*D. alata* + Rhi), *D. alata* + Gramíneas (*D. alata* + Grm) e *D. alata* + Sty + Grm)), *p* valor, média geral (Média) e coeficientes de variação (CV).

FV ¹	N g kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	MO g kg ⁻¹	pH CaCl ₂	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al mmolc kg ⁻¹	Al ³⁺	CTC
<i>p</i> valor										
Solo (S)	0,3337	0,0001	0,0001	0,0001	0,3817	0,1492	0,6874	0,0001	0,0001	0,0001
Trat (T)	0,0001	0,0568	0,4712	0,0094	0,0943	0,2070	0,3913	0,0001	0,0046	0,0001
S x T	0,0001	0,4307	0,7730	0,0729	0,3037	0,6090	0,6783	0,0021	0,2047	0,0008
Média	0,22	1,32	10,95	3,14	0,47	2,52	2,01	28,17	5,30	33,16
CV (%)	24	25	7	4	8	26	20	8	18	7
Solo										
Média										
SAD	0,21A	0,96B	7,38B	4,48A	0,47A	2,34A	1,98A	22,40B	2,09B	27,16B
CER	0,23A	1,68A	14,52A	4,23B	0,48A	2,70A	2,04A	33,94A	8,52A	39,16A
Trat										
<i>D. alata</i>	0,19B	1,65A	11,40A	4,25B	0,50A	2,25A	1,95A	33,85A	6,30A	38,55A
<i>D. alata</i> + Sty	0,15B	1,35A	10,95A	4,22B	0,50A	2,55A	1,95A	28,30B	5,88A	33,28B
<i>D. alata</i> + Rhi	0,17B	1,35A	10,80A	4,47A	0,48A	2,85A	2,25A	27,52B	4,35B	33,13B
<i>D. alata</i> + Grm	0,18B	1,20A	10,65A	4,47A	0,45A	2,85A	2,10A	25,00B	4,35B	30,35C
<i>D. alata</i> + Sty + Grm	0,41A	1,05A	10,95A	4,38A	0,45A	2,10A	1,80A	26,20B	5,63A	30,50C

¹FV= fontes de variação. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si para *p* ≥ **0,05**, pelos testes F (Solo) e Scott Knott (Trat).

Tabela 4. Valores médios para nitrogênio (N), acidez potencial (H+Al) e capacidade de troca catiônica (CTC) na interação Solo (SAD = solo de área degradada, CER = solo de Cerrado) x Tratamentos (*D. alata*, *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (Sty), *D. alata* + Gramíneas (Grm), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (Rhi) e *D. alata* + Sty + Grm)) e *p* valor.

Solo	Tratamentos					<i>p</i> valor
	<i>D. alata</i>	<i>D. alata</i> + Sty	<i>D. alata</i> + Rhi	<i>D. alata</i> + Grm	<i>D. alata</i> + Sty + Grm	
N (g kg⁻¹)						
SAD	0,23Aa	0,13Ab	0,22Aa	0,22Aa	0,26Ba	0,0684
CER	0,14Bb	0,18Ab	0,11Bb	0,16Ab	0,56Aa	0,0001
<i>p</i> valor	0,0385	0,2359	0,0281	0,1622	0,0001	
H+Al (mmolc kg⁻¹)						
SAD	29,80Ba	21,10Bb	18,33Bb	20,20Bb	22,60Bb	0,0001
CER	37,90Aa	35,50Aa	36,70Aa	29,80Ab	29,80Ab	0,0004
<i>p</i> valor	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0012	
CTC (mmolc kg⁻¹)						
SAD	34,13Ba	26,37Bb	23,30Bb	25,40Bb	26,60Bb	0,0001
CER	42,97Aa	40,20Aa	42,97Aa	35,30Ab	34,40Ab	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si para *p* ≥ **0,05**.

O diâmetro do caule das mudas de *D. alata* foi maior quando cultivadas isoladamente no CER (Tabela 5). A associação *D. alata* + Sty ou *D. alata* + Rhi resultou em caules de maior diâmetro no SAD, esperava-se, nestes dois tratamentos, contribuições em relação ao N, uma vez que foram introduzidas leguminosas (*Stylosanthes* spp.) e bactérias fixadoras de nitrogênio (*R. tropici*), enquanto a associação com Grm ou Grm +Sty promoveu igualdade de diâmetros entre os solos utilizados (CER e SAD).

O IAF responde como o VR aos tratamentos de planta, apresentando os maiores IAF quando *D. alata* foi cultivado sozinho (Tabela 4), também apresentando melhores resultados no solo CER (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios para altura, diferença de altura (DifAlt), diâmetro, diferença de diâmetro (DifDiam), volume de raiz (VR), clorofila e índice de área foliar (IAF), do *D. alata*, no solo da área degradada (SAD) e do cerrado (CER), nos tratamentos (Trat) *D. alata*, *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (*D. alata* + Sty), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (*D. alata* + Rhi), *D. alata* + Gramíneas (*D. alata* + Grm) e *D. alata* + Sty + Grm) *p* valor, média geral (Média) e coeficientes de variação (CV)

FV ¹	Altura (cm)	DifAlt -----	Diâmetro (mm)-----	DifDiam	VR (cm ³)	Clorofila	IAF
Solo	0,0001	0,0001	0,6820	0,1527	0,1395	0,0001	0,0004
Trat	0,0073	0,1527	0,0158	0,5410	0,0071	0,0085	0,1981
Solo x Trat	0,0141	0,0010	0,0001	0,1559	0,2541	0,1188	0,0892
Média	14,17	6,55	5,64	1,39	4,18	27,95	11,96
CV (%)	17	25	14	24	26	18	34
Solo				Média			
SAD	12,24B	5,39B	5,59A	1,33A	15,75A	23,10B	9,35B
CER	16,11A	7,71A	5,69A	1,77A	21,50A	32,80A	14,57A
Trat				Média			
<i>D. alata</i>	16,61A	6,99A	6,46A	2,13A	32,50A	32,14A	14,70A
<i>D. alata</i> +Sty	12,50B	5,56A	5,84A	1,55A	12,50B	23,33B	12,46A
<i>D. alata</i> +Rhi	12,31B	5,88A	5,39B	1,43A	19,38B	29,89A	12,03A
<i>D. alata</i> +Grm	14,38A	6,88A	5,26B	1,38A	16,88B	29,00A	10,65A
<i>D. alata</i> +Sty+Grm	15,06A	7,44A	5,27B	1,26A	11,88B	25,39B	9,94A

¹FV= fontes de variação. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si para $p \geq 0,05$.

Tabela 6. Valores médios para altura, crescimento em altura (Difalt) e diâmetro na interação solo (CER= cerrado, SAD = solo da área degradada) x tratamentos (*D. alata*, *D. alata* +

Stylosanthes spp. (*D. alata* + Sty), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (*D. alata* + Rhi), *D. alata* + Gramíneas (*D. alata* + Grm) e *D. alata* + Sty + Grm)) e p valor.

	<i>D. alata</i>	<i>D. alata</i> + Sty	<i>D. alata</i> + Rhi	<i>D. alata</i> + Grm	<i>D. alata</i> + Sty + Grm	p valor
Solo						
	Altura (cm)					
SAD	10,42Bb	9,57Bb	9,37Bb	11,10Ab	12,33Aa	0,0012
CER	17,46Aa	11,88Ac	11,08Ac	13,43Ab	13,15Ab	0,0001
p valor	0,0001	0,0036	0,0303	0,0034	0,2932	
Solo						
	Difalt (cm)					
SAD	3,30Ba	5,63Aa	4,88Aa	6,38Aa	6,75Aa	0,0515
CER	10,65Aa	5,50Ab	6,88Ab	7,38Ab	8,13Ab	0,0026
p valor	0,0001	0,09162	0,1000	0,4029	0,2525	
Solo						
	Diâmetro (mm)					
SAD	4,56Bb	5,51Aa	5,17Aa	4,97Ab	4,85Ab	0,0004
CER	6,50Aa	4,84Bb	4,34Bb	4,58Ab	4,81Ab	0,0000
p valor	0,0000	0,0023	0,0002	0,0677	0,8342	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si para $p \geq 0,05$.

As variáveis MFPA, MSPA, MFR, MSR, MFT, MST, AgPa, AgRaiz, AgT para *D. alata* responderam significativamente aos tratamentos (Tabela 6), tendo os melhores resultados ocorrido no solo CER e quando o *D. alata* foi cultivado sozinho, seguido do tratamento onde ocorreu a inoculação com *R. tropici* (B+Rhi), observação que sugere benefícios da inoculação, importância do N e indica que as associações com Sty, Grm e Sty+Grm podem ter criado um ambiente de competição, por se tratar de vasos com volume de solo restrito ao desenvolvimento radicular.

O desdobramento da interação Solo x Trat, indicados pela ANOVA como significativos (Tabela 6) foram analisados (Tabela 7) e corroboram as observações já feitas, com resultados positivos para *D. alata* u no CER, quando cultivado sozinho, seguido do tratamento *D. alata* + Rhi, onde ocorreu a inoculação, este resultado mostra que a inoculação pode ser promissora no processo de restabelecimento da vegetação, mas a condição edáfica do solo pode ser limitante.

Os dados obtidos permitiram verificar que a razão entre a massa fresca da parte aérea/massa fresca da raiz (Tabela 7) está em torno de 0,8 na maioria dos tratamentos, com diferenças detectadas onde se adicionou Rhi, diminuindo no SAD para 0,5 e no CER para 0,7, enquanto na presença de Grm+Sty a relação se iguala a 1. Estas observações mostram que o sistema radicular supera a parte aérea em massa, que a inoculação do Rhi contribuiu para aumentar o sistema radicular, destacando o SAD. No tratamento Grm + Sty no CER

esta relação é igual a 1, indicando que massa da parte aérea e massa radicular são iguais ou bem próximas. Estes resultados reafirmam uma ocorrência comum à vegetação do cerrado, o maior desenvolvimento do sistema radicular em detrimento da parte aérea, apenas no SAD, onde as condições edáficas estão comprometidas.

A quantidade de água presente nas mudas de *D. alata* u (Tabela 7), variou de 36 a 51%, estando as mais turgidas nos tratamentos CER e B+Grm (51%), CER e B (51%), e SAD e *D. alata* +Grm (47%).

Tabela 7. Valores médios de massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea , massa fresca (MFR) e seca (MSR) da raiz , massa fresca (MFT) e seca (MST) total, água da parte aérea (AgPa) e da raiz (AgRaiz) e água total (AgT), **para *D. alata*** no solo da área degradada (SAD) e do cerrado (CER), nos tratamentos (Trat) *D. alata*, *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (*D. alata* + Sty), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (*D. alata* + Rhi), *D. alata* + Gramíneas (*D. alata* + Grm) e *D. alata* + Sty + Grm), *p* valor, média geral (Média) e coeficientes de variação (CV).

FV ¹	MFPA	MSPA	MFR	MSR [#]	MFT (g)	MST	AgPa [#]	AgRaiz [#]	AgT
<i>p</i> valor									
Solo	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Trat	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0012	0,0001	0,0001
Solo x Trat	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0071	0,0001	0,0001
Média	8,68	5,58	10,76	2,37	19,43	11,34	1,83	2,24	8,10
CV (%)	23	30	24	15	20	27	17	15	30
Solo Médias									
SAD	4,90B	3,11B	6,43B	3,31B	11,33B	6,42B	1,80B	3,12B	4,91B
CER	12,46A	8,04A	15,0A	8,21A	27,54A	16,25A	4,42A	6,87A	11,28A
Trat Médias									
<i>D. alata</i>	15,33A	10,28A	18,47A	9,29A	33,80A	19,58A	5,08A	9,17A	14,22A
<i>D. alata</i> +Sty	5,46C	3,50C	6,61C	3,79B	12,74C	7,29C	1,95B	2,82C	4,78C
<i>D. alata</i> +Rhi	9,29B	6,20B	14,15B	8,14A	23,44B	14,33B	3,10B	6,02B	9,11B
<i>D. alata</i> +Gm	7,22C	4,11C	7,90C	3,75C	15,12C	7,86C	3,13B	4,15C	7,26C
<i>D. alata</i> +Sty+ Gm	6,08C	3,79C	6,66C	3,84B	12,74C	7,62C	2,30B	2,82C	5,12C

¹FV= fontes de variação. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si para $p \geq 0,05$. # dados transformados para análise estatística, na tabela médias observadas

Tabela 8. Valores médios para massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea , massa fresca (MFR) e seca (MSR) da raiz , massa fresca (MFT) e seca (MST) total, água da parte aérea (AgPa) e da raiz (AgRaiz) e água total (AgT), **para *D. alata*** no desdobramento Solo

(SAD = solo de área degradada, CER = solo de Cerrado) x Tratamentos (*D. alata*, *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (*D. alata* + Sty), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (*D. alata* + Rhi), *D. alata* + Gramíneas (*D. alata* + Grm) e *D. alata* + Sty + Grm) bem como *p* valor.

Solo	Tratamentos					<i>p</i> valor
	<i>D. alata</i>	<i>D. alata</i> + Sty	<i>D. alata</i> + Rhi	<i>D. alata</i> + Grm	<i>D. alata</i> + Sty + Grm	
MFPA						
SAD	4,88Ba	4,96Aa	4,08Ba	5,59Ba	4,99Aa	0,8746
CER	25,79Aa	5,96Ac	14,50Ab	8,86Ac	7,17Ac	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,4760	0,0001	0,0249	0,1256	
MSPA (g)						
SAD	2,83Ba	3,13Aa	2,59Ba	3,56Aa	3,44Aa	0,9153
CER	17,74Aa	3,88Ac	9,81Ab	4,66Ac	4,13Ac	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,5330	0,0001	0,3580	0,5606	
MFR (g)						
SAD	5,93Ba	5,72Aa	7,84Ba	6,39Aa	6,30Aa	0,8066
CER	31,02Aa	7,50Ac	20,46Ab	9,41Ac	7,02Ac	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,3476	0,0001	0,1160	0,6989	
MSR (g)						
SAD	2,44Ba	3,16Aa	4,08Ba	3,14Aa	3,74Aa	0,4985
CER	16,15Aa	4,42Ac	12,19Ab	4,36Ac	3,93Ac	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,2342	0,0001	0,2865	0,8270	
MFT (g)						
SAD	10,79Ba	10,68Aa	11,92Ba	11,98Ba	11,28Aa	0,9830
CER	56,81Aa	13,46Ac	34,97Ab	18,26Ac	14,19Ac	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,3263	0,0001	0,0314	0,3042	
MST (g)						
SAD	5,27B	6,29Aa	6,67Ba	6,70Aa	7,18Ba	0,9217
CER	33,89Aa	8,30Ac	22,00Ab	9,02Ac	8,07Ac	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,3551	0,0001	0,2853	0,6797	
AgPA[#] (g)						
SAD	2,08Ba	1,83Aa	1,50Ba	2,05Aa	1,55Aa	0,8315
CER	8,08Aa	2,08Ab	4,70Ab	4,20Ab	3,05Ab	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,7444	0,0005	0,0129	0,0432	
AgRaiz[#] (g)						
SAD	3,48Ba	2,57Aa	3,76Ba	3,25Aa	2,55Aa	0,5938
CER	14,87Aa	3,08Ac	8,27Ab	5,04Ac	3,09Ac	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,6280	0,0016	0,0917	0,5315	
AgT (g)						
SAD	5,52Ba	4,39Ba	5,25Ba	5,28Ba	4,11Aa	0,9019
CER	22,92Aa	5,16Ad	12,97Ab	9,24Ac	6,13Ad	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,6580	0,0001	0,0290	0,2515	
MFPA/MFR¹						
SAD	0,82	0,87	0,52	0,87	0,79	-
CER	0,83	0,79	0,71	0,94	1,00	-

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de média Scott-Knott a $p \geq 0,05$. # dados transformados para análise estatística, na tabela médias observadas. ¹ dado não analisado estatisticamente.

O Sty (Tabela 8), espécie subarbuscular, mostra melhor desempenho no CER, observado por meio das variáveis MFPA, MSPA, MFR, MSR, MFT, MST, AgPa, AgRaiz, AgT, e VR, o mesmo ocorre quando o Sty foi cultivado associado ao *D. alata*, exceto para MSPA e VR (Tabela 8). O cultivo associado de Sty e Grm resultou em menores massa e água de hidratação, e a relação MFPA/MFR do Sty variou de 0,4 a 0,7 no SAD e de 2,8 a 3,2 no CER (Tabela 9) indicando predomínio da parte aérea no solo do cerrado, enquanto na área degradada o investimento é maior no sistema radicular.

Tabela 9. Valores médios de massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, massa fresca (MFR) e seca (MSR) da raiz, massa fresca (MFT) e seca (MST) total, água da parte aérea (AgPa), água da raiz (AgRaiz), água total (AgT) e volume da raiz (VR), para *Stylosanthes spp.* no solo da área degradada (SAD) e do cerrado (CER), nos tratamentos (Trat) (*D. alata* + *Stylosanthes spp.* (*D. alata* + Sty), e *D. alata* + *Stylosanthes* + Gramíneas (*D. alata* + Sty + Grm)), *p* valor, média geral (Média) e coeficientes de variação (CV).

FV ¹	MFPA	MSPA	MFR	MSR	MFT (g)	MST	AgPa	AgRaiz	AgT	VR (cm ³)
	<i>p</i> valor									
Solo	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Trat	0,0061	0,1100	0,0011	0,0064	0,0017	0,0571	0,0047	0,0021	0,0008	0,0912
Solo x Trat	0,0090	0,0672	0,0543	0,0764	0,0106	0,0680	0,0196	0,0250	0,0109	0,5589
Média	2,94	2,33	2,02	1,38	3,50	2,61	1,98	1,65	2,46	3,51
CV (%)	16	25	16	11	15	22	18	18	16	22
Solo	Média									
SAD	0,44B	0,20B	0,86B	0,38B	1,30B	0,58B	0,25B	0,48B	0,72B	6,25B
CER	24,58A	14,99A	8,21A	2,93A	32,79A	17,92A	9,59A	5,29A	14,87A	20,63A
Trat	Média									
<i>D. alata</i> +Sty	16,19A	9,55A	6,17A	2,08A	22,37A	11,63A	6,64A	4,10A	10,74A	15,38A
<i>D. alata</i> +Sty +Gm	8,82B	5,63A	2,89B	1,23B	11,72B	6,86B	3,19B	1,66B	4,85B	11,50A

¹FV= fontes de variação. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si para $p \geq 0,05$

No desdobramento da interação Solo x Tratamentos é possível notar efeito negativo da presença das Gramíneas sobre o Sty, isto é, um efeito de competição, devido ao espaço limitado que os vasos proporcionam (Tabela 9), o mesmo ocorre com as Gramíneas (Tabelas 10 e 11), na presença do Sty.

As Gramíneas respondem melhor quando transplantadas no CER e sem Sty, com manifestação na biomassa produzida (MFPA, MFR, MSPA, MSR, VR) e água armazenada (AgPa, AgRaiz, AgT), que são superiores no CER e no tratamento *D. alata* +GRM (Tabela

11).

As gramíneas mostram um investimento significativo no crescimento radicular independente do solo onde foram introduzidas, se no CER ou SAD, na presença ou ausência de Sty, elas mantêm um teor de água maior que 50% (54 a 57%). Os desdobramentos (Tabela 11) reforçam as observações feitas, sem nenhum destaque.

Tabela 10. Valores médios massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, massa fresca (MFR) e seca (MSR) da raiz, massa fresca (MFT) e seca (MST) total, água da parte aérea (AgPA), água da raiz (AgRaiz), água total (AgT) e volume da raiz (VR) para *Stylosanthes* spp. no desdobramento Solo (SAD = solo de área degradada, CER = solo de Cerrado) x Tratamentos (*D. alata* + *Stylosanthes* spp. (*D. alata* + Sty), e *D. alata* + *Stylosanthes* + Gramíneas (*D. alata* + Sty + Grm)), e *p* valor.

Solo	Tratamentos			Tratamentos		
	<i>D. alata</i> + Sty	<i>D. alata</i> + Sty + Grm	<i>p</i> valor	<i>D. alata</i> + Sty	<i>D. alata</i> + Sty + Grm	<i>p</i> valor
MFPA				MSPA		
SAD	0,49Ba	0,39Ba	0,8819	0,12Ba	0,27Ba	0,8431
CER	31,90Aa	17,25Ab	0,0006	18,98Aa	10,99Ab	0,0250
<i>p</i> valor	0,0001	0,0001		0,0001	0,0001	
MFR				MSR		
SAD	1,15Ba	0,56Ba	0,2721	0,48Ba	0,28Ba	0,3559
CER	11,20Aa	5,23Ab	0,0006	3,68Aa	2,18Ab	0,0029
<i>p</i> valor	0,0001	0,0001		0,0001	0,0001	
MFT[#]				MST[#]		
SAD	1,64Ba	0,95Ba	0,4920	0,60Ba	0,55Ba	0,9454
CER	43,10Aa	22,48Ab	0,0003	22,66Aa	13,17Ab	0,0132
<i>p</i> valor	0,0001	0,0001		0,0001	0,0001	
AgPA				AgRaiz		
SAD	0,37Ba	0,13Ba	0,5978	0,67Ba	0,28Ba	0,3652
CER	12,92Aa	6,26Ab	0,0007	7,52Aa	3,05Ab	0,0006
<i>p</i> valor	0,0001	0,0001		0,0001	0,0006	
AgT				MFPA/MFR¹		
SAD	1,04Ba	0,40Ba	0,3241	0,43	0,70	-
CER	20,44Aa	9,31Ab	0,0002	2,85	3,30	-
<i>p</i> valor	0,0001	0,0001		-	-	
VR						
SAD	8,25Ba	4,25Bb	0,0029			
CER	22,50Aa	18,75Ab	0,0033			
<i>p</i> valor	0,3554	0,3254				

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si para $p \geq 0,05$. [#] dados transformados para análise estatística, na tabela médias observadas. ¹ Dados não analisados estatisticamente.

O acompanhamento do crescimento em altura e diâmetro do *D. alata*, mostra um comportamento quadrático em altura, tanto no SAD quanto no CER, neste último as mudas tem porte um pouco maior (Figura 3, Tabela 12).

Tabela 11. Valores médios de massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, massa fresca (MFR) e seca (MSR) da raiz, massa fresca (MFT) e seca (MST) total, água da parte aérea (AgPa), água da raiz (AgRaiz), água total (AgT), e volume da raiz (VR), para **Gramíneas**, no solo da área degradada (SAD) e do cerrado (CER), nos tratamentos (Trat) (*D. alata* + Gramíneas. (*D. alata* + Grm), e *D. alata* + *Stylosanthes* + Gramíneas (*D. alata* + Sty + Grm)), bem como *p* valor, média geral (Média) e coeficientes de variação (CV) .

FV	MFPA	MSPA [#]	MFR	MSR [#]	MFT
----- (g) -----					
<i>p</i> valor					
Solo (S)	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
Trat (T)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0010	0,0001
S x T	0,0003	0,0300	0,0001	0,0143	0,0001
Média	21,86	3,48	63,84	4,19	85,70
CV (%)	24	17	30	26	27
----- Média -----					
Solo					
SAD	11,07B	7,33B	15,84B	4,46B	26,91B
CER	32,65A	19,55A	111,84A	43,47A	144,49A
----- Média -----					
Trat					
B+Grm	33,53A	20,56A	102,22A	37,88A	135,75A
B+Sty+Grm	10,19B	6,32B	25,47B	10,05B	35,65B
FV	MST [#]	AgPa [#]	AgRaiz	AgT	VR
----- (g) -----					
<i>p</i> valor					
Solo (S)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0009
Trat (T)	0,0003	0,0010	0,0001	0,0001	0,0001
S x T	0,0167	0,0454	0,0001	0,0001	0,0105
Média	5,45	2,74	39,88	48,30	7,12
CV (%)	22	18	17	18	25
----- Média -----					
Solo					
SAD	11,79B	3,74B	11,38B	15,12B	29,38B
CER	63,02A	13,10A	68,37A	81,47A	102,50A
----- Média -----					
Trat					
<i>D. alata</i> +Grm	58,44A	12,98A	64,34A	77,32A	112,50A
<i>D. alata</i> +Sty+Grm	16,37B	3,87B	15,42B	19,28B	19,38B

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si para $p \geq 0,05$. [#] dados transformados para análise estatística, na tabela médias observadas.

Tabela 12. Valores médios para massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, massa fresca (MFR) e seca (MSR) da raiz, massa fresca (MFT) e seca (MST) total, água da parte aérea (AgPa), água da raiz (AgRaiz), água total (AgT), e volume da raiz (VR) para **Gramíneas** no desdobramento Solo (SAD = solo de área degradada, CER = solo do Cerrado) x Tratamentos

(*D. alata*+ Gramíneas. (*D. alata* + Grm), e *D. alata* + *Stylosanthes* + Gramíneas (*D. alata* + Sty + Grm)), bem como *p* valor.

Solo	<i>D. alata</i> + Grm	Tratamentos <i>D. alata</i> + Sty + Grm	<i>p</i> valor	<i>D. alata</i> + Grm	Tratamentos <i>D. alata</i> + Sty + Grm	<i>p</i> valor
	MFPA			MSPA		
SAD	16,04Ba	6,10Bb	0,0205	10,47Ba	4,19Ba	0,0183
CER	51,03Aa	14,27Ab	0,0001	30,65Aa	8,45Ab	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,0488		0,0001	0,0613	
	MFR			MSR		
SAD	20,21Ba	11,48Aa	0,5259	6,25Ba	2,68Ba	0,3220
CER	184,23Aa	39,46Ab	0,0001	69,52Aa	17,43Ab	0,0009
<i>p</i> valor	0,0001	0,0583		0,0002	0,0080	
	MFT			MST		
SAD	32,25Ba	17,58Ba	0,2713	16,71Ba	6,87Ba	0,1241
CER	235,26Aa	53,73Ab	0,0001	100,16Aa	25,88Ab	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,0454		0,0001	0,0139	
	AgPA			AgRaiz		
SAD	5,57Ba	1,91Bb	0,0187	13,97Ba	8,79Ba	0,3104
CER	20,38Aa	5,82Ab	0,0001	114,71Aa	22,04Ab	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,0141		0,0001	0,0189	
	AgT			VR		
SAD	19,54Ba	10,71Ba	0,1818	45,00Ba	13,75Aa	0,2893
CER	135,09Aa	27,86Ab	0,0001	180,00Aa	25,00Ab	0,0001
<i>p</i> valor	0,0001	0,0175		0,0004	0,6968	
	MFPA/MFR¹					
SAD	0,79	0,53	-			
CER	0,28	0,39	-			
<i>p</i> valor	-	-				

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si para $p \geq 0,05$. ¹ Dados não analisados estatisticamente.

O acompanhamento do crescimento em altura e diâmetro do *D. alata*, mostra um comportamento quadrático em altura, tanto no SAD quanto no CER, neste último as mudas tem porte um pouco maior (Figura 3, Tabela 12).

Tabela 13. Valores médios para altura e diâmetro de *D. alata* nas diferentes fontes de variação (FV), Tempo, Solo (solo área degradada (SAD) e do cerrado (CER)) e Tratamentos – (Trat) (*D. alata*, *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (*D. alata* + Sty), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (*D. alata* + Rhi), *D. alata* + Gramíneas (*D. alata* + Grm) e *D. alata* + Sty + Grm, *p* valor, média geral, equações de regressão, coeficientes de variação (CV) e determinação (R^2), ponto de máximo (PM).

FV e variáveis	Tempo	Solo	Trat	Tempo x Trat	Tempo x Solo	Trat x Solo	Tempo x Solo x Trat
Altura (cm)	0,0001	0,0001	0,0001	0,9988	0,2090	0,0001	0,9388
Diâmetro (mm)	0,0001	0,9917	0,0001	0,8670	0,3248	0,0001	0,4170
Tempo (dias)	1		61	94		151	176
Altura (cm)	7,63		11,69	12,69		13,7	14,17
Diâmetro (mm)	4,05		4,87	5,11		5,38	5,65
Solo		SAD				CER	
Altura (cm)		10,55 b				13,40 a	
Diâmetro (mm)		5,01a				5,01a	
Tratamento		<i>D. alata</i>	<i>D. alata + Sty</i>	<i>D. alata + Rhi</i>	<i>D. alata + Grm</i>	<i>D. alata + Grm + Sty</i>	
Altura (cm)		13,94a	10,72c	10,22c	10,26c	12,74b	
Diâmetro (mm)		5,53a	5,17b	4,75c	4,77c	4,83c	
		Equações de Regressão		R ²	Pr>F	PM (dias)	
Altura (cm)		7,6290+0,07644x - 0,000224x ²		0,9936	0,000	167	
Diâmetro (mm)		4,0623+0,01410x - 0,000031x ²		0,9865	0,036	152	
		Altura (cm)				Diâmetro (mm)	
Média geral		11,98				5,01	
CV (%)		21				14	

^{ns}, * e ** valores não significativos, significativos a 5 e 1 % respectivamente. Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si para $p \geq 0,05$.

Figura 3. Crescimento de *D. alata* (a) em altura e (b) diâmetro ao longo do tempo de avaliação (desdobramento da interação Tempo x Solo para altura, e Tempo x Tratamentos para diâmetro) (continua).

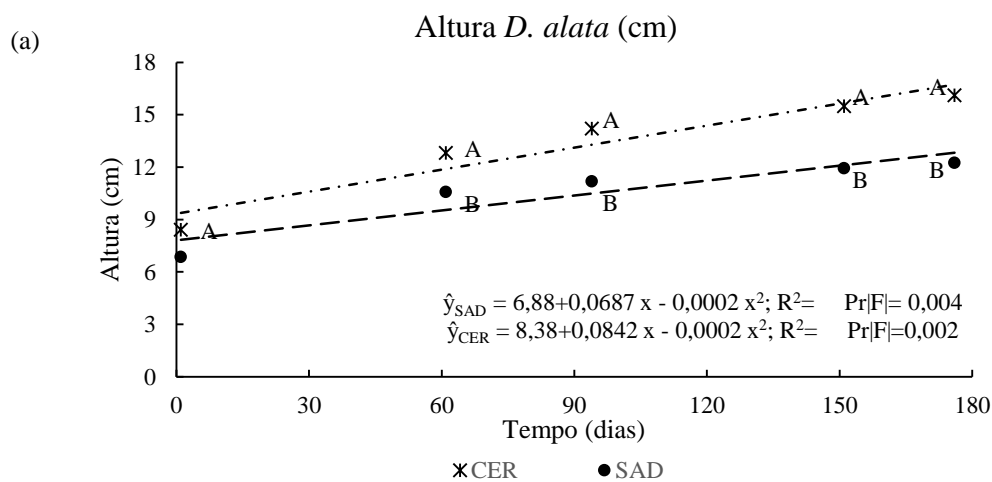
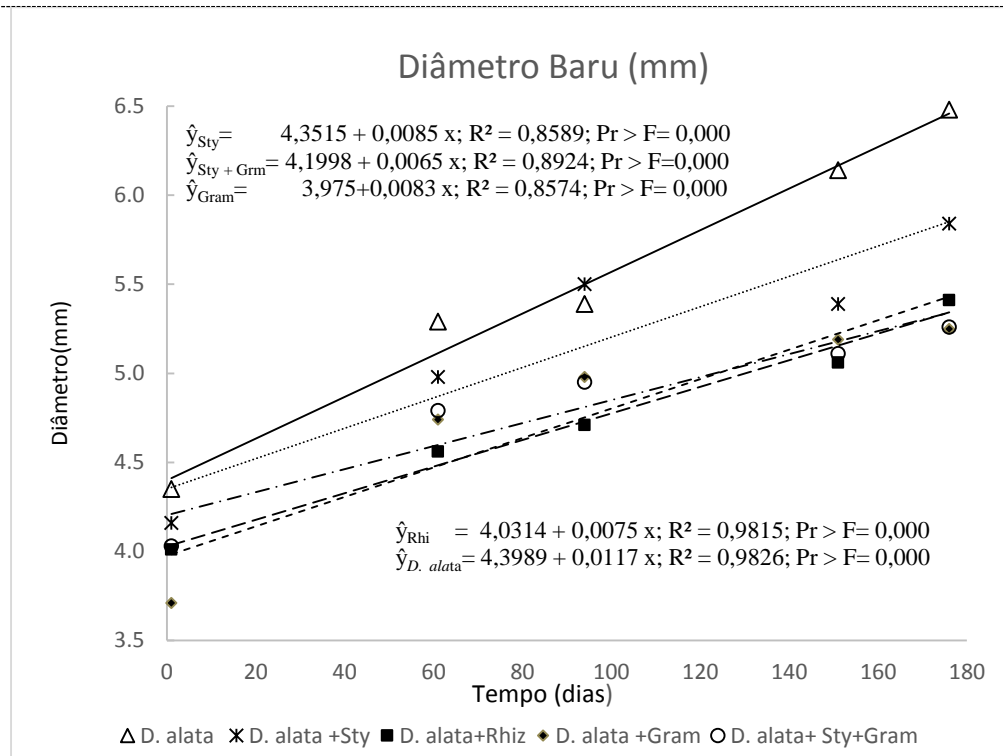


Figura 3. Crescimento de *D. alata* (a) em altura e (b) diâmetro ao longo do tempo de avaliação (desdobramento da interação Tempo x Solo para altura, e Tempo x Tratamentos para diâmetro) (continuação).



Fonte: própria autora

Destaca-se aqui que quando cultivado em solo de cerrado e sozinho, altura e diâmetro de *D. alata* superaram o crescimento observado no SAD. No entanto, no SAD o maior crescimento em altura ocorre no tratamento onde Sty e Grm estão associadas a *D. alata* (Tabela 13) e em diâmetro quando em associação com Sty e Rhi.

Tabela 14. Valores médios para altura e diâmetro de *D. alata* no desdobramento Solo (CER= cerrado, SAD= solo da área degradada) x Tratamentos (*D. alata*, *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (*D. alata* + Sty), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (*D. alata* + Rhi), *D. alata* + Gramíneas (*D. alata* + Grm) e *D. alata* + Sty + Grm) e p valor.

	<i>D. alata</i>	<i>D. alata</i> + Sty	<i>D. alata</i> + Rhi	<i>D. alata</i> + Grm	<i>D. alata</i> + Sty + Grm	p valor
Altura (cm)						
Solo						
SAD	10,42Bb	9,57Bb	9,37Bb	11,10Ba	12,33Aa	0,0012
CER	17,46Aa	11,88Ac	11,08Ac	13,43Ab	13,15Ab	0,0001
p valor	0,0001	0,0036	0,0303	0,0034	0,2932	
Diâmetro (mm)						
Solo						
SAD	4,56Bb	5,51Aa	5,17Aa	4,97Ab	4,85Ab	0,0004
CER	6,50Aa	4,84Bb	4,34Bb	4,58Ab	4,81Ab	0,0000
p valor	0,0000	0,0023	0,0002	0,0677	0,8342	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si para $p \geq 0,05$.

A avaliação da respiração basal do solo (RBS) mostrou resultados semelhantes para os dois solos (CER e SAD) e entre os tratamentos (Tabel 14), nestes destacou-se a associação de *D. alata* + *Stylosanthes* spp., onde RBS superou os demais tratamentos, o que se repete no desdobramento solo x tratamentos, para o SAD.

No que diz respeito às avaliações da colonização micorrízica, verificou-se por meio da análise estatística (Tabela 14), que a colonização em *D. alata* deteve um alto coeficiente de variação, demonstrando uma notável heterogeneidade nos valores, e não registrou diferença significativa entre os solos e os tratamentos, apresentando também baixos valores de associação micorrízica.

Tabela 15. Valores médios de respirometria e colonização por micorrizas arbusculares (MIC), micorrizas DSE septadas (DSE) e colonização micorrízica total (MADK) no solo da área degradada (SAD) e do cerrado (CER), para *D. alata*, nos tratamentos (Trat) (*D. alata*, *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (Sty), *D. alata* + Gramíneas (Grm), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (Rhi) e *D. alata* + Sty + Grm), bem como *p* valor, média geral e coeficientes de variação (CV).

FV	RBS µg C/ g solo	MIC %	DSE %	MADK %
p valor				
Solo	0,6497	0,2760	0,7490	0,3294
Trat	0,0000	0,8445	0,4525	0,2772
Solo x Trat	0,0021	0,9388	0,6243	0,8601
Média geral	4,96	1,36	0,9891	1,58
CV (%)	33	61	70	58
Solo				
SAD	5,10A	1,40A	0,80A	2,40A
CER	4,80A	2,40A	1,00A	3,20A
Trat				
<i>D. alata</i>	5,18B	0,67A	0,00A	0,67A
<i>D. alata</i> + Sty	8,02A	1,50A	0,17A	1,67A
<i>D. alata</i> + Rhi	3,83B	2,33A	0,67A	3,17A
<i>D. alata</i> + Grm	4,06B	2,33A	0,83A	3,33A
<i>D. alata</i> + Sty + Grm	5,18B	2,67A	2,83A	5,17A

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si para $p \geq 0,05$.

Tabela 16. Valores médios de respiração basal do solo (RBS) no desdobramento Solo (SAD = solo de área degradada, CER = solo de Cerrado) x tratamentos (*D. alata*, *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (Sty), *D. alata* + Gramíneas (Grm), *D. alata* + *Rhizobium tropici* (Rhi) e *D. alata* + Sty + Grm), bem como *p* valor.

	<i>D. alata</i>	<i>D. alata</i> + Sty	<i>D. alata</i> + Rhi	<i>D. alata</i> + Grm	<i>D. alata</i> + Sty + Grm	<i>p</i> valor
Solo	Respirometria					
SAD	5,52Ab	10,52Aa	4,17Ab	4,39Ab	4,62Ab	0,0001
CER	4,84Aa	5,52Ba	3,50Aa	3,72Aa	2,83Aa	0,6703
<i>p</i> valor	0,5978	0,0002	0,5678	0,5678	0,1340	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si.

A colonização micorrízica de *Stylosanthes* spp. se mostrou incipiente (Tabela 16), não difere entre os solos (CER e SAD) e na presença de Grm não há registro de colonização por MIC ou DSE, que também não colonizaram o Sty no SAD.

Tabela 17. Colonização por micorrizas arbusculares (MIC), fungos endofíticos septados escuros (DSE), colonização micorrízica total (MADK) no solo da área degradada (SAD) e do cerrado (CER), para *Stylosanthes* spp., nos tratamentos *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (Sty), e *D. alata* + Sty + Gramíneas (Grm), e no desdobramento solo x tratamentos, bem como *p* valor, média geral e coeficientes de variação (CV).

FV	MIC (%)	DSE (%)	MADK (%)	Desdobramento			
				Solo	Tratamentos		
<i>p</i> valor				<i>D. alata</i> + Sty	<i>D. alata</i> + Sty + Grm	<i>p</i> valor	
Solo	0,2283	0,0039	0,0078	MIC (%)			
Trat	0,0006	0,0486	0,0078	SAD	4,00Aa	0,00Bb	0,0002
Solo x Trat	0,0086	0,0155	0,0013	CER	2,67Aa	2,00Aa	0,3676
Média geral	2,00	0,54	2,54	<i>p</i> valor	0,0903	0,0140	
CV (%)	43	101	37	DSE (%)			
Solo				SAD	0,00Aa	0,00Ba	1,0000
SAD	1,71A	0,00B	1,71B	CER	0,33Ab	2,00Aa	0,0046
CER	2,33A	1,17A	3,50A	<i>p</i> valor	0,4724	0,0010	
Trat				MADK (%)			
<i>D. alata</i> + Sty	3,33A	0,17B	3,50A	SAD	4,00Aa	0,00Bb	0,0004
<i>D. alata</i> + Sty + Grm	0,86B	0,86A	1,71B	CER	3,00Aa	4,00Aa	0,2262
				<i>p</i> valor	0,2262	0,0004	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si para $p \geq 0,05$.

As Grm apresentaram maior porcentagem de colonização por DSE que *D. alata* e Sty

em ambos os solos (Tabela 17). Para MIC a colonização radicular foi muito pequena, mas se equipara ao ocorrido para *D. alata* e Sty (Tabelas 14 e 16). A colonização micorrízica e endofítica das raízes de *D. alata*, Sty e Grm, podem ser observadas nas imagens da microscopia ótica (Figura 4).

Tabela 18. Colonização por micorrizas arbusculares (MIC), fungos endofíticos escuros (DSE), colonização micorrízica total (MADK) no solo da área degradada (SAD) e do cerrado (CER), para **Gramíneas**, nos tratamentos (*D. alata* + Gramíneas (Grm), e *D. alata* + *Stylosanthes* spp. (Sty) + Grm), bem como *p* valor, média geral e coeficientes de variação (CV).

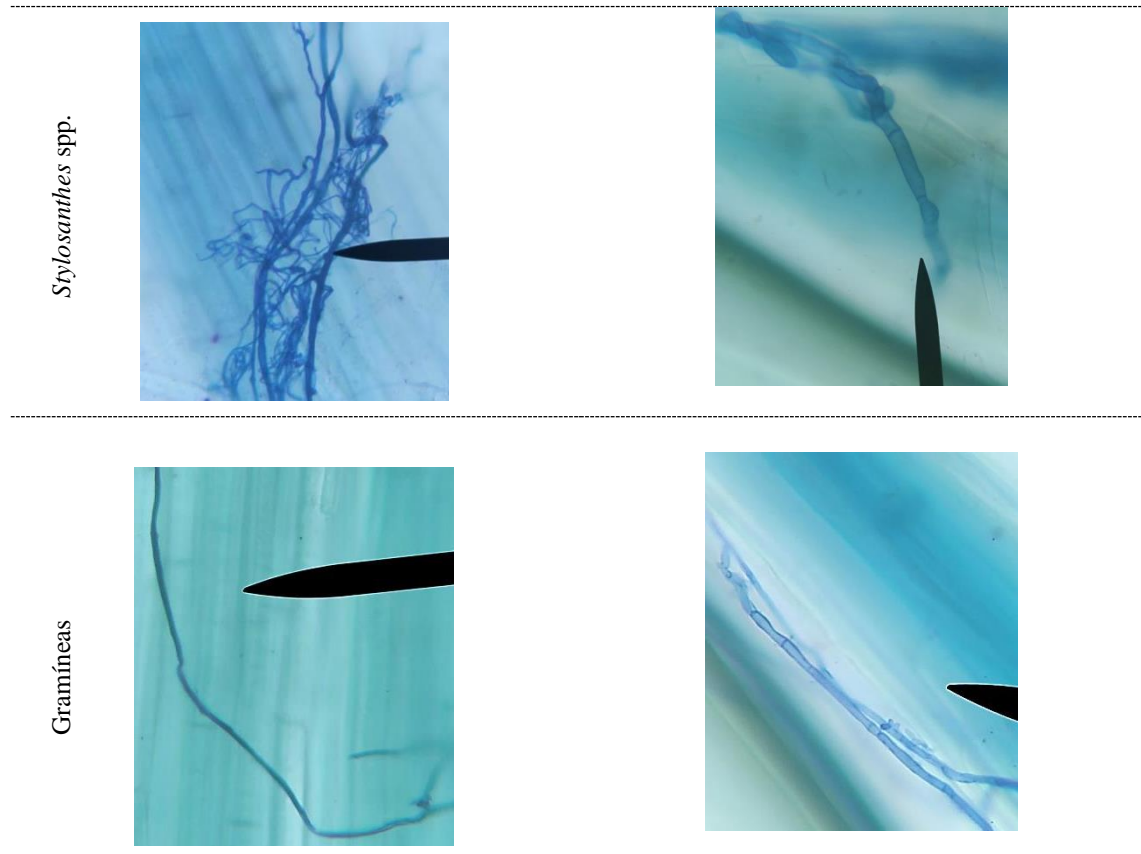
FV	MIC (%)	DSE (%)	MADK (%)
p valor			
Solo	0,9976	0,0667	0,0542
Trat	0,1399	0,4693	0,7103
Solo x Trat	0,5024	0,8591	0,7499
Média geral	2,00	18,41	20,33
CV (%)	123	59,85	52
Solo			
SAD	2,00A	11,67A	13,50A
CER	2,00A	25,17A	27,17A
Trat			
<i>D. alata</i> + Grm	0,83A	20,83A	19,17A
<i>D. alata</i> + Sty + Grm	3,16A	16,00A	21,50A

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si para $p \geq 0,05$.

Figura 4. Fungos (a) micorrízicos arbusculares no *D. alata* e (b) endofíticos septados escuros no *D. alata*, (c) micorrízicos arbusculares no *Stylosanthes* spp. (Sty) e (d) endofíticos septados escuros no Sty, (e) micorrízicos arbusculares nas Gramíneas (Grm) e (f) endofíticos septados escuros nas Grm (**continua**).



Figura 4. Fungos (a) micorrízicos arbusculares no *D. alata* e (b) endofíticos septados escuros no *D. alata*, (c) micorrízicos arbusculares no *Stylosanthes* spp. (Sty) e (d) endofíticos septados escuros no Sty, (e) micorrízicos arbusculares nas Gramíneas (Grm) e (f) endofíticos septados escuros nas Grm (**continuação**).

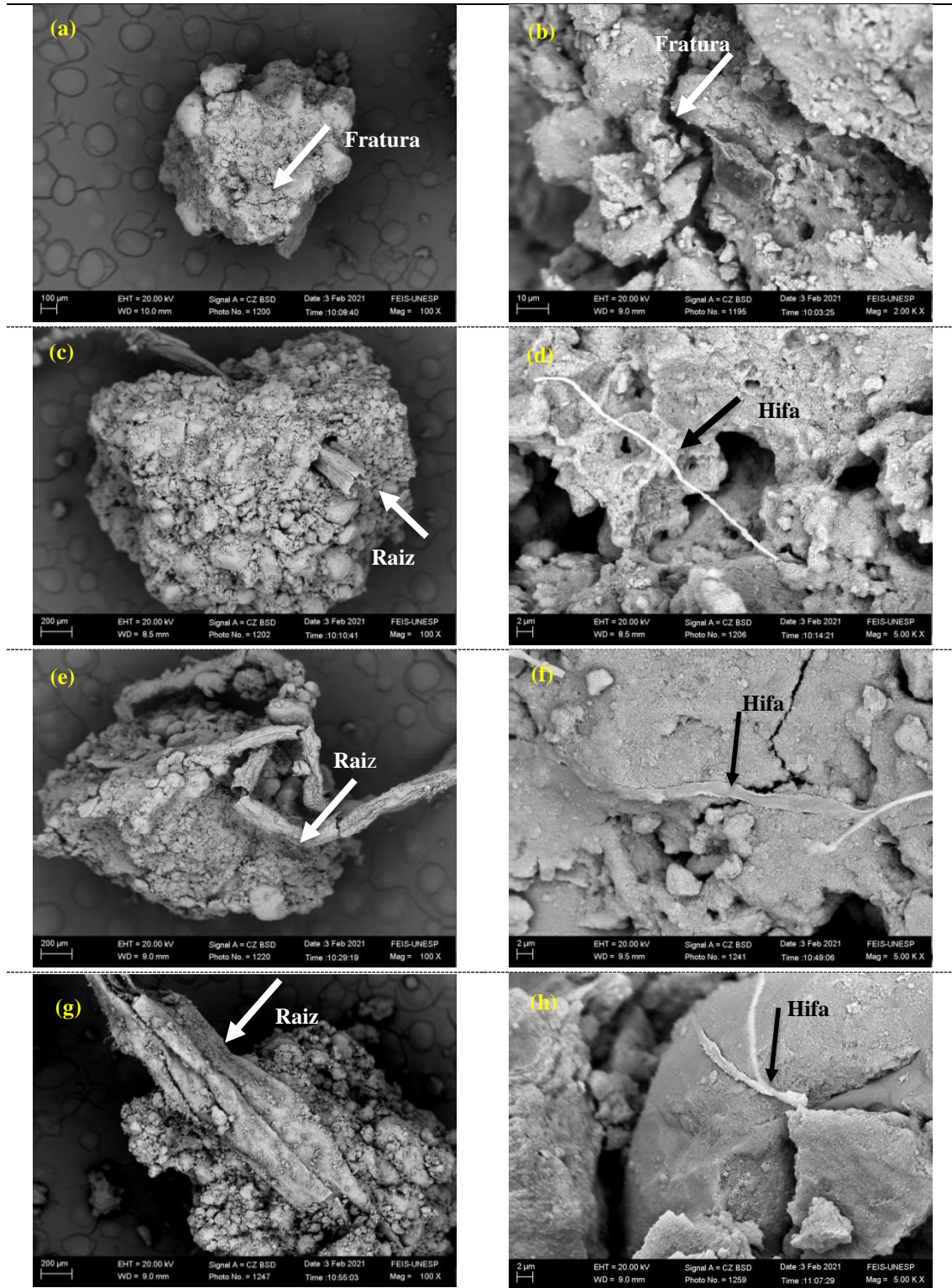


Fonte: própria autora

Imagens coletadas na microscopia eletrônica de varredura permitiram observar como estão as pequenas estruturas do solo, no entorno das raízes (Figuras 4 e 5). A presença de hifas de fungos, além das raízes e dos pelos radiculares, demonstrando uma associação envolvendo as partículas do solo, formando emaranhados que envolvem as partículas do solo fazendo com que fiquem mais próximas favorecendo sua agregação, contribuindo para construção de estruturas, que no SAD ainda são incipientes.

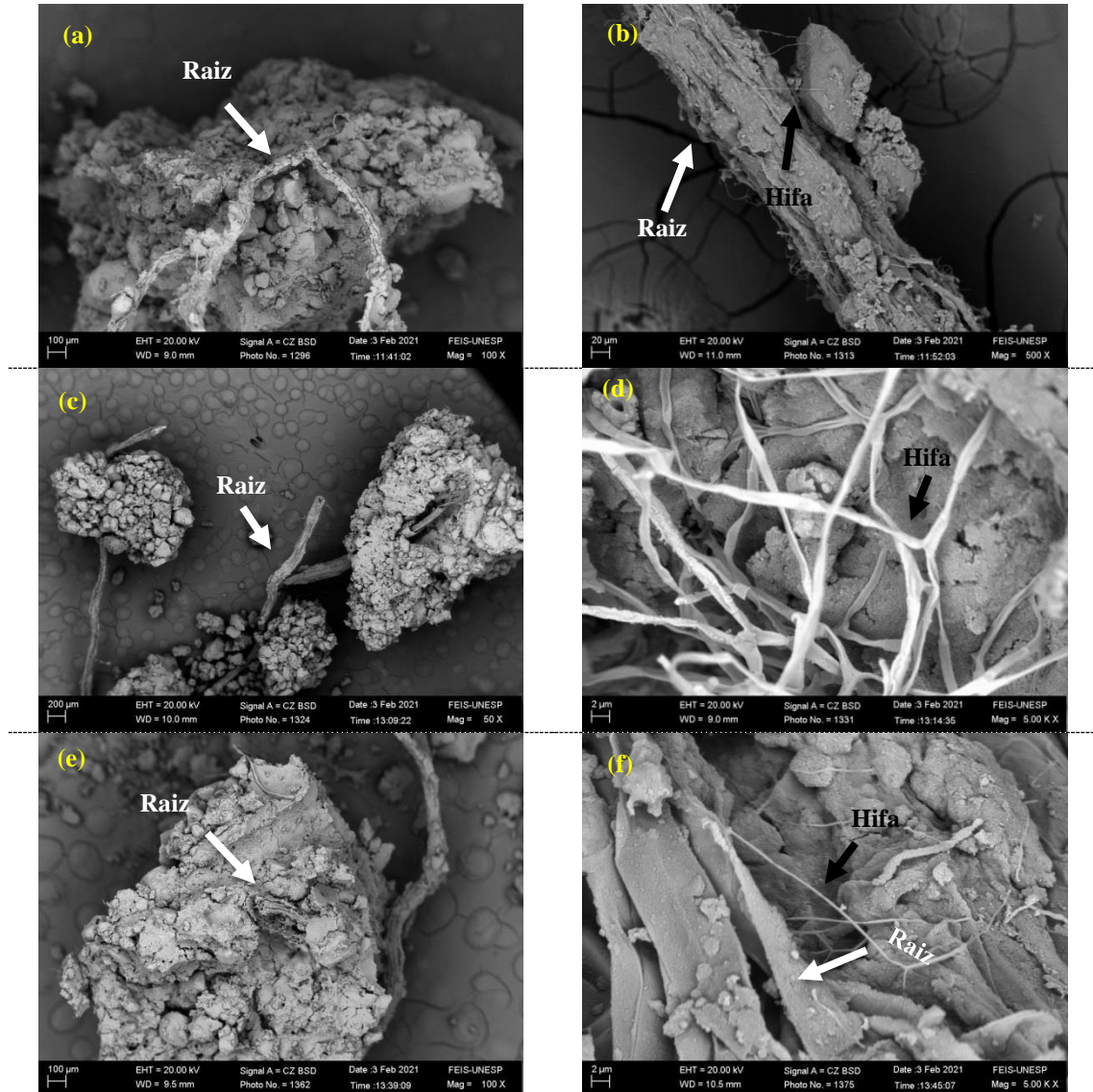
Figura 5. Estruturas do solo da área degradada (a) Solo da área degradada (SAR) sem ocorrência de raízes, (b) sem raízes e com fraturas, (c) com presença de raízes de *Stylosanthes* spp. (Sty) e (d) com hifa de fungo, (e) com presença de raízes de Gramíneas (Grm), (f) com

presença de hifas de fungos, (g) com raízes de *D. alata*, *Stylosanthes* spp. e Gramíneas (*D. alata*, *Sty* e *Grm*) e (h) com hifas de fungos. H=hifas,



Fonte: própria autora

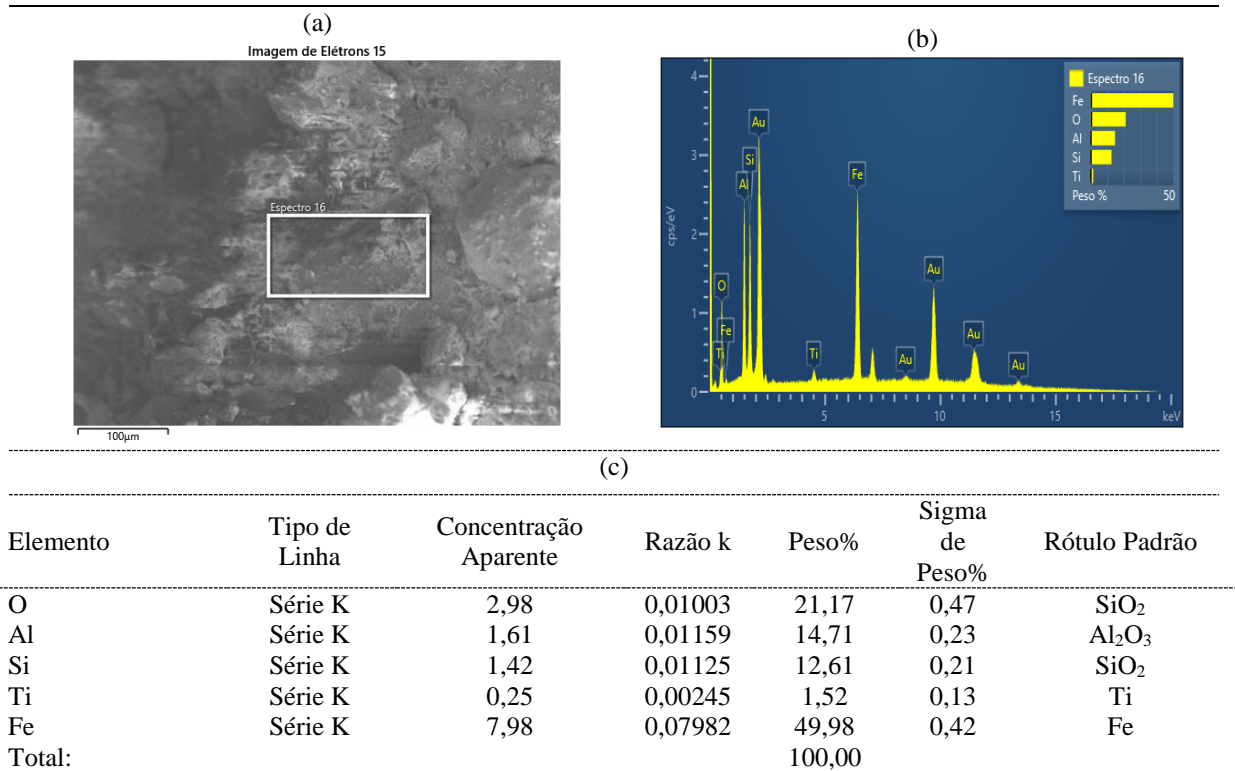
Figura 6. Estruturas do solo do Cerrado (CER). (a) com raiz de *D. alata*, (b) raiz, hifas e partículas minerais do solo, (c) com raiz de *Stylosanthes* spp. (*Sty*), (d) com hifas, (e) raiz de Gramínea (*Grm*), (f) raiz de Gramínea (*Grm*) e hifas.



Fonte: Elaboração da própria autora

A espectroscopia por energia dispersiva (EDS) mostra resultados qualitativos e análise química semi-quantitativa da composição da amostra (COSTI, 2013; DUARTE et al., 2003), assim foi possível observar a presença de elementos químicos como ferro (Fe), alumínio (Al), titânio (Ti), silício (Si) e oxigênio (O), nos dois solos. No solo SAD a análise revelou maior concentração aparente de Fe e Al no solo (Figura 6), enquanto no CER a concentração de Si (Figura 7) é maior, sugerindo que neste solo há mais caulinita do que no SAD. Interessante destacar que não foram identificados outros elementos como P, K, Mg, Ca, etc. O ouro identificado é da cobertura feita na amostra, no preparo para análise.

Figura 6. Imagem da espectroscopia por energia dispersiva (EDS). (a) imagem de pequena estrutura do solo degradado -SAD, (b) gráfico EDS, com a composição química verificada, (c) composição química, com concentração aparente dos elementos encontrados.



Fonte: Elaboração da própria autora

Figura 7. Imagem da espectroscopia por energia dispersiva (EDS). (a) imagem da amostra 7 Solo CER, (b) gráfico EDS (continua).

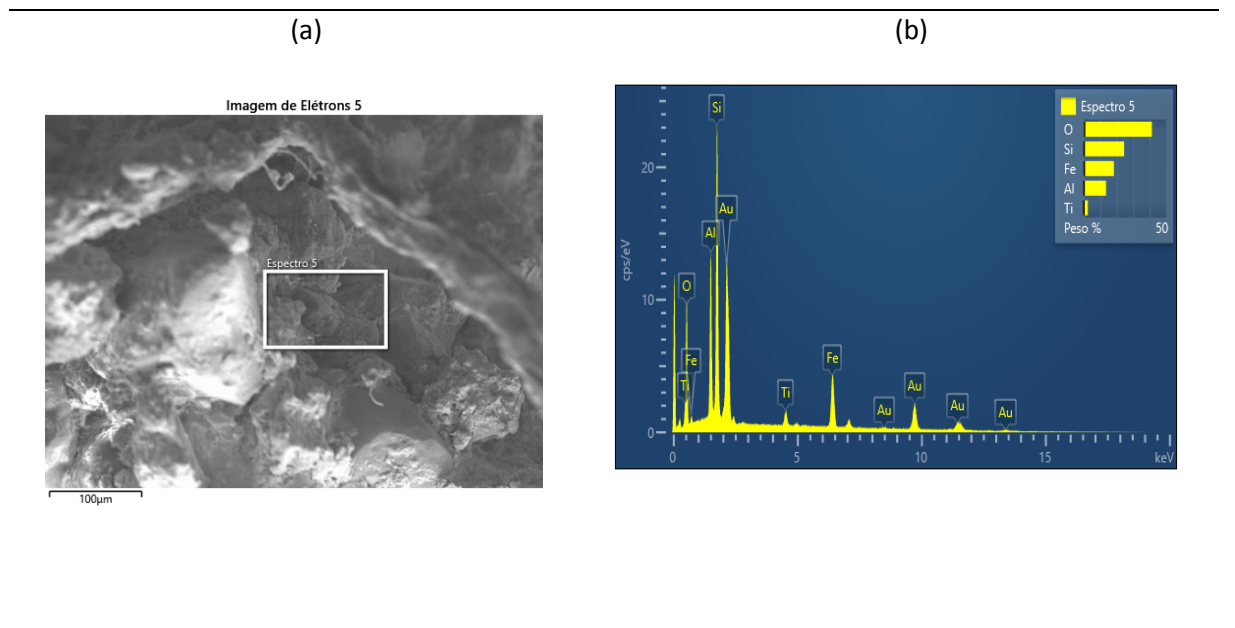


Figura 7. Imagem da espectroscopia por energia dispersiva (EDS). (a) imagem da amostra 7 Solo CER, (b) gráfico EDS (**continuação**)

(c)

Elemento	Tipo de Linha	Concentração Aparente	Razão k	Peso%	Sigma de Peso%	Rótulo Padrão
O	Série K	25,79	0,08680	41.29	0,44	SiO ₂
Al	Série K	9,04	0,06496	13.46	0,18	Al ₂ O ₃
Si	Série K	15,79	0,12514	24.46	0,25	SiO ₂
Ti	Série K	1,85	0,01846	2.51	0,12	Ti
Fe	Série K	13,71	0,13706	18.28	0,27	Fe
Total:				100.00		

Fonte: Elaboração da própria autora

5. DISCUSSÃO

Os menores teores de H+Al presente no SAD e nos tratamentos onde *D. alata* está associado a gramíneas, pode ser atribuído a produção de compostos orgânicos durante o processo de decomposição da matéria orgânica (YADVINDER-SINGH *et al.*, 1992), que ocorre em maior quantidade no solo CER, bem como a maior concentração de Al^{3+} no solo e menores pH. Diante disso, pode-se especular que algumas plantas conservam o Al^{3+} em sua parte aérea e este pode retornar ao solo via decomposição da serapilheira (METALI; SALIM; BURSLEM, 2012)

As gramíneas possuem aptidão em favorecer o acúmulo de material orgânico, por possuírem um grande volume de raízes, com sistema fasciculado de constata renovação (SALTON; TOMAZZI, 2014), além de baixo teor de N e alta relação C:N, condição que pode impor lentidão ao processo de decomposição e de retorno do Al^{3+} ao solo.

A introdução de espécies e sua associação em áreas degradadas podem facilitar o restabelecimento e regeneração da fauna (FERREIRA *et al.*, 2018), o que corrobora com os resultados desse trabalho onde a associação com outras plantas e mesmo a inoculação com *Rhizobium tropici* contribuíram para que o crescimento de *D. alata* em SAD fosse igual ao do CER, indicando que as associações propostas foram benéficas ao crescimento das plantas no solo da área degradada. Resende *et al.* (2015) observaram, em uma área degradada, maior crescimento das leguminosas arbóreas quando consorciadas com gramíneas, mostrando a ação positiva destas em um ambiente degradado para a adaptabilidade de outras espécies.

No SAD o diâmetro do caule das mudas de *D. alata* apresentaram melhores resultados quando associado ao Sty e Rhi, destacando que as mesmas foram associações facilitadoras em um solo restritivo. Starr *et al.* (2013) em trabalho desenvolvido em área de mineração em recuperação verificaram influência do *Stylosanthes spp.* para o restabelecimento de outras espécies vegetais, observando efeitos benéficos e o estabelecimento de uma comunidade de plantas no local. Long, Zhang e He(2017), reportaram incrementos em N e MO em solos de fertilidade degradada, em região montanhosa, quente e seca, ao cultivar *Stylosanthes guianensis*. O diâmetro do caule é uma medida considerada importante para definir a sobrevivência da muda em campo (CARNEIRO, 1995; ALVARENGA *et al.*, 2016), assim, para a sobrevivência das mudas de *D. alata* no SAD é importante a associação com Sty ou Rhi.

O IAF e VR apresentaram os maiores valores quando *D. alata* foi cultivado sozinho, e no solo CER, isso se deve a menor competição e conseqüentemente maior disponibilidade de

água, nutrientes e luz (SILVA *et al.*, 2020). Esse tipo de ocorrência também foi reportado por Bendes e Lincoln (2021), em pesquisa desenvolvida no Hawaí, para *Artocarpus altilis* (arbórea) cultivada em vaso, com solo quimicamente pobre, juntamente com *Pipturus albidus* (arbusto), com redução do crescimento do *A. altilis* e em algumas situações favorecimento do *P. albidus*. O sistema radicular das plantas é responsável pela absorção de nutrientes e água, e seu volume é limitado pelo tamanho do recipiente, assim a área foliar aumenta com o aumento no volume do sistema radicular, comportamento observado nas culturas de café, trigo, tomate, entre outros (NETTO *et al.*, 2006; BEEMSTER *et al.*, 1996; PETERSON *et al.*, 1991) e explica o comportamento observado. Interessante salientar que ao interferir na área foliar, o volume do sistema radicular interfere também na massa seca da parte aérea da planta, uma vez que, vários fotoassimilados são produzidos a partir da fotossíntese, que ocorre nas folhas (ARP, 1991; TAIZ, ZEIGER, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2017).

O maior volume do sistema radicular pode contribuir para melhorar a sobrevivência das plantas em áreas degradadas, uma vez que, com maior volume radicular, maior o volume de solo explorado, o que tem um significado muito importante para áreas degradadas onde o solo tem reduzida fertilidade e a água pode ser deficiente (HASSAN *et al.*, 2019).

Estas observações permitem inferir sobre a importância da condição edáfica para o estabelecimento de *D. alata* e que no SAD a presença de *Sty* e *Grm* podem não representar competição, e sim uma associação benéfica, com potencial para aumentar o armazenamento de carbono e a fertilidade do solo, melhorar a atividade biológica e facilitar o acesso a nutrientes, como já relatado em outros trabalhos (LATATI *et al.*, 2016; DUCHENE; VIAN; CELETTE, 2017).

A associação com *Rhi* também se mostrou benéfica, a simbiose entre bactérias diazotróficas aumenta a disponibilidade de N para a planta, nutriente de fundamental importância, sendo constituinte de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2013), além de fazer parte dos principais processos fisiológicos, tais como, fotossíntese, respiração, absorção iônica, multiplicação e diferenciação celular, estando diretamente ligado ao desenvolvimento vegetal e produção de biomassa (GRASSI, 2010). Comportamento semelhante foi observado por Cunha *et al.* (2006) onde a inoculação com *Rhizobium tropici* proporcionou maior crescimento em altura, diâmetro e produção de matéria seca em *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis*, espécies leguminosas arbóreas.

O maior investimento no sistema radicular é uma característica adaptativa das espécies às condições restritivas do solo degradado, onde é necessário explorar um maior volume de

solo para obtenção de água e nutrientes suficientes à sobrevivência (LENHARD *et al.*, 2013). Vidal, Seraphin, Câmara (1999) verificaram o mesmo comportamento para *Solanum lycocarpum* (arbusto) onde estudaram diferentes regimes de irrigação sobre o desenvolvimento da espécie, observando maior desenvolvimento do sistema radicular, o que acontece em detrimento das propriedades adaptativas que as plantas de cerrado desenvolveram para superar um possível estresse hídrico no desenvolvimento inicial das mudas (FURQUIM *et al.*, 2018).

Nos tratamentos CER e *D. alata* + Grm as mudas de *D. alata* apresentaram maior quantidade de água, isso indica que as Gramíneas podem ter contribuído para manutenção da umidade no solo, em seu trabalho Silva *et al.* (2019), verificaram diferentes valores de retenção hídrica em Gramíneas de espécies distintas. O sistema radicular vigoroso das Gramíneas possui capacidade para melhorar a infiltração da água no solo por meio de canais deixados pelo crescimento das raízes, além de promover uma maior agregação do solo e formação de bioporos que influenciam na porosidade total do solo (PRANDO *et al.*, 2010).

O comportamento quadrático observado para altura e diâmetro no CER e SAD pode ser atribuído a característica brevemente caducifólia que esta espécie apresenta no inverno (SANO *et al.*, 2016). A estabilização dos processos fotossintéticos ocasionados pelo declínio da temperatura e da radiação solar, faz parte do ciclo de espécies caducifólias, que ao entrar em senescência perdem suas folhas de forma prematura o que reduz a disponibilidade de fotoassimilados, com isso, o armazenamento de carboidratos exerce grande importância no período de dormência, para que a espécie consiga passar um período com redução no fornecimento de fotoassimilados (WARDLAW, 1990).

Os microrganismos presentes no solo são os principais agentes encarregados pela decomposição e transformação da matéria orgânica e também pela ciclagem de nutrientes e fluxo de energia no solo, o que influencia diretamente a disponibilidade de nutrientes e a quantidade de carbono armazenado no solo (FERREIRA; STONE; DIDONET, 2017). Com isso, por meio da respiração basal do solo é possível quantificar a atividade dos organismos, pois a mesma reflete a oxidação da matéria orgânica pela microbiota (BETTIO; ARAUJO, 2016). Com isso a associação de maior valor de RBS que ocorre no tratamento *D. alata* + Sty no SAD pode ser atribuída aos benefícios da presença que a leguminosa pode oferecer, que segundo Zemek, *et al.* (2018), até mesmo os resíduos das raízes podem aumentar o potencial de mineralização do solo e melhorar a fertilidade, o que explica a observação feita.

A importância dos fungos micorrízicos e endofíticos em áreas de solo degradado é muito grande, pois além de contribuir para aumentar o volume de solo explorado pela raiz,

para sua nutrição e absorção de água, auxilia na formação de estruturas do solo (Figuras 4 e 5). A simbiose proporciona maior alcance de captação de recursos do solo não acessíveis as raízes (COLODETE; DOBBSS; RAMOS, 2014) maior capacidade de aquisição de P indisponível (ABREU *et al.*, 2019), favorece a ciclagem de nutrientes sendo assim capaz de aperfeiçoar a nutrição de plantas (SOBUCKI *et al.*, 2019), além de favorecer a formação de agregados no solo por meio da produção da glomalina que atua como agente cimentante (SANTOS *et al.*, 2018), melhorando as condições edáficas e favorecendo ao desenvolvimento da vegetação no processo de revegetação em condição desfavorável. Xu *et al.*, (2017) reporta em seu trabalho maior resistência de plantas inoculadas por fungos endofíticos ao estresse hídrico, Carneiro (2004) relata resultados semelhantes em mudas de *Cecropia* spp. inoculadas com FMAs.

Scabora, Maltoni e Cassiolato (2011), constataram baixos índices de micorrização em *D. alata*, o menor entre as espécies estudadas em seu trabalho em solo de Cerrado degradado, dado que corrobora com os resultados verificados neste trabalho, onde *D. alata* apresentou baixos valores da associação micorrízica tanto em CER como em SAD.

Em áreas degradadas ocorre a redução de espécies de microrganismos (fungos) presentes no ambiente, em um subsolo exposto a inexistência de raízes e conseqüentemente da associação micorrízica causam a redução de propágulos, resultando em baixa colonização radicular, fazendo com que as plantas não possam ser colonizadas em absoluto (SCABORA; MALTONI; CASSIOLATO, 2011; SMITH *et al.*, 2009).

Para que a associação apresente resultados positivos é necessário que atenda a fatores determinantes para colonização, como presença de P, o qual pode ser limitante para colonização radicular, e sua disponibilidade tem a capacidade de transformar a associação simbiótica em mutualística, neutralista ou parasita (MOREIRA *et al.*, 2019). Além disso é importante reconhecer que para cada espécie vegetal a capacidade de associação varia consideravelmente com a identidade do fungo, (MEDEIROS; MOREIRA; OLIVEIRA, 2021; SMITH *et al.*, 2009).

A microscopia eletrônica de varredura permitiu observar, uma associação envolvendo as partículas do solo e hifas de fungos, além das raízes e dos pelos radiculares, formando emaranhados que proporcionam a aproximação das partículas do favorecendo sua agregação, para construir uma estrutura que no SAD ainda é incipiente melhorando assim suas condições edáficas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução da vegetação promoveu incrementos nos teores de P, MO e elevou a CTC no solo CER, apresentando um pequeno incremento no pH e reduções no Al^{3+} e na H+Al.

No solo CER constatou-se competição entre as plantas no tratamento *D. alata* + Sty + Grm, observando um menor desenvolvimento do *D. alata*, Sty e Grm quando cultivadas juntas.

A associação do *D. alata* com Sty e Grm e a inoculação com *Rhizobium tropici* foram benéficas no SAD, verificando-se influência positiva no crescimento e desenvolvimento do *D. alata*, e expressando assim o potencial dessa associação no restabelecimento de espécies em solos degradados.

Com o MEV foi possível observar a associação de hifas de fungos, raízes e pelos radiculares, envolvendo as partículas do solo, verificando o favorecimento da agregação do solo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, G. M; *et al.* Crescimento inicial e absorção de fósforo e nitrogênio de *Enterolobium contortisiliquum* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n.1, p.156-164, 2019. <https://doi.org/10.19084/RCA17138>.
- ALMEIDA, DS. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica** [online].3rd ed. rev. and enl. Ilhéus, BA: Editus, p. 200, 2016.
- ALMEIDA, R. O. P.O.; SANCHES, L. E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p.47-54, jun 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000100006>.
- ALVARENGA, A. P. *et al.* Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas na restauração de nascentes no Sul de Minas Gerais. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 13, n. 23, p. 1239-1250, jun. 2016
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 32, n. 6, p. 2505-2516, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000600027>.
- ARP, W. J. Effects of source-sink relations on photosynthetic acclimation to elevated CO₂. **Plant, Cell and Environment**, [S.l.] v.14, n.8, p.869-875, 1991. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1991.tb01450.x>.
- BARBOSA, M. V. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi and *Urochloa brizantha*: symbiosis and spore multiplication. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, p. 54530, 2019.
- BARROW, J.R. Atypical morphology of dark septate fungal root endophytes of *Bouteloua* in arid southwestern USA rangelands. **Mycorrhiza**, [S.l.] v. 13, p. 239–247, 2003. <https://doi.org/10.1007/s00572-003-0222-0>.
- BEEMSTER, G. T. S. *et al.* Effects of soil resistance to root penetration on leaf expansion in wheat (*Triticum aestivum* L.): Kinematic analysis of leaf elongation. **Journal of Experimental Botany**, [S. l.], v.47, n.304, p.1663-1667, 1996. <https://doi.org/10.1093/jxb/47.11.1663>.
- BETTIO, D. P.; ARAÚJO, F. F. Alterações microbiológicas do solo após três anos de sistema integração lavoura pecuária sob diferentes adubações e escarificação do solo. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.12, p. 01-07, 2016.
- BIANCHI, M. O. *et al.* Influência da proporção de leguminosas florestais sobre a comunidade de fungos micorrízicos em área revegetada. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 8, n. 4, p. 23-32, dez. 2016. <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v8n42016890>.

BRANDÃO, E. D. SILVA, I. F. Formação e estabilização de agregados pelo sistema radicular de braquiária em um Nitossolo Vermelho. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v 42, n. 7, p.1193-1199, jul, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000700009>

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. O bioma cerrado. Disponível em: Acesso em: 04 de julho de 2021

BROWN, S.; MAHONEY, M.; SPRENGER, M. A comparison of the efficacy and ecosystem impact of residual-based and topsoil-based amendments for restoring historic mine tailings in the Tri-State mining district. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 485–486, p. 624-663, 2014. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.03.029

BUCKA, F.B.; FELDE, V. J. M. N. L.; PETH, S.; KÖGEL-KNABNER, I. Disentangling the effects of OM quality and soil texture on microbially mediated structure formation in artificial model soils. **Geoderma**, [S.l.]v. 403, p. 115213. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115213>.

CAMARA, R. *et al.* Fungos Micorrízicos Arbusculares em Dois Fragmentos Florestais de Restinga Periodicamente Inundável em Marambaia, RJ. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 33-42, 2016.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, p. 451, 1995.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de Embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 119 – 125, 2004.

CHIODINI, B. M.; SILVA, A. G.; NEGREIROS, A. B.; MAGALHÃES, L. B. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 79 6, n. 1, p. 181-190, 2013.

COLODETE, C. M; DOBBSS, L. B; RAMOS, A. C. Aplicação das micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. **Natureza online**, Santa Teresa, v. 12, n. 1 p. 31-37, 2014.

COSTA, L. N. **Caracterização do Cerrado Amapaense quanto aos diferentes modos de uso**: um estudo de caso da agrícola Cerrado, visando o desenvolvimento agrícola sustentável. 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2014

COSTI, H. T. **Análises químicas semiquantitativas por espectroscopia de Raio-x por dispersão de energia (EDS)**. In: POTIGUARA, R. C. V. *et al.* **Estruturas vegetais em microscopia eletrônica de varredura**. Belém, PA: Museu Paraense Emilio Goeldi: Universidade do Estado do Pará, 2013.

COUTINHO, L.M. O conceito de bioma. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.20, n.1, p.13-23, 2006

CUNHA, A. M. *et al.* Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.207-214, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200007>

DAYNES, C. N. *et al.* Development and stabilization of soil structure via interactions between organic matter, arbuscular mycorrhizal fungi and plant roots. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 57, p. 683-694, 2013. DOI:10.1016/j.soilbio.2012.09.020.

DEMATTE, J.L.I. **Levantamento detalhado dos solos do “Campus experimental de Ilha Solteira”**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", p.11-31, 1980.

DIAS, L.E.; GRIFFITH, J.J. Conceituação e caracterização de áreas de degradadas. *In*: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.). **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: UFV/ DS/SOBRAGE, p. 1-7. 1998.

DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. C. eds. **Manual de métodos de análise de solo**. 3º ed. Brasília, Distrito Federal: Embrapa, p. 95-116, 2017.

DUARTE, L. C. *et al.* Aplicações de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e Sistema de energia dispersiva (EDS) no estudo de gemas: exemplos brasileiros. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 30, n. 2, p. 3-15, 2003.

DUCHENE, O.; VIAN, J. F.; CELETTE, F. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review. **Agricultural, Ecosystem & Environment**, [S.l.] v. 240, p. 148–161, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.019>.

FAGAN, E. B. *et al.* Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja. **Revista FZVA**, Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Solos saudáveis são essenciais para alcançar o Fome Zero, a paz e a prosperidade**. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1148864/>>. Acesso em 28 de abril de 2019.

FERREIRA, E. M. *et al.* Área de preservação permanente em processo de revegetação com espécies arbóreas e adubos verdes. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 243-252, 2018.

FERREIRA, E. P.; STONE, L. F.; DIDONET, C.C.G.M. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 22-31, 2017.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FURQUIM, L. C. *et al.* Relação entre plantas nativas do Cerrado e água. **Multidisciplinary Journal**, Anápolis, v. 5, n. 2, p. 146-156, 2018. <https://doi.org/10.29247/2358-260X.2018v5i2.p146-156>.

GRASSI, F. H. Funções do nitrogênio e enxofre nas plantas. *In.* VALE, D. W.; SOUSA, J. I.; PRADO, R. M.(eds) **Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Jaboticabal: FCAV, p. 187-198, 2010

GUIMARÃES, N, F. *et al.* Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, p. 34-44, 2017.

HAN, L. *et al.* Plant identity and soil variables shift the colonization and species composition of DSE septate endophytes associated with medicinal plants in a northern farmland in China. **Applied Soil Ecology**, [S. l.], v. 167, p. 104042, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104042>.

HASSAN, S. *et al.* Root growth and soil carbon turnover in *Opuntia ficus-indica* as affected by soil volume availability. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 105, p. 104-110, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.02.012>.

HE, X.; LI, Y.; ZHAO, 211 L. Dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in the rhizosphere of *Artemisia ordoswohica* Krasch. in Mu Us sandland, China. **Soil Biology and Biochemistry**, [S.l.], v. 42, n. 8, p. 1313-1319, ago. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.03.022>.

HOFFMANN, R. B. *et al.* Efeito do manejo do solo no carbon da biomassa microbiana. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 1, n.1, p. 168-178, 2018.

JUMPPONEN, A.; TRAPPE, J. M. DSE septate endophytes, a review of facultative biotrophic root-colonizing fungi. **New Phytologist**, Lancaster, v. 140, p. 295–310, 1998. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1998.00265.x>.

JUMPPONEN, A. DSE septate endophytes - are they mycorrhizal? **Mycorrhiza**, [S. l.], v. 11, p. 207–211, 2001. <https://doi.org/10.1007/s005720100112>.

KNAPP, D. G. *et al.* Comparative genomics provides insights into the lifestyle and reveals functional heterogeneity of DSE septate endophytic fungi. **Scientific Reports**, Londres, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24686-4>.

LAHSEN, M; BUSTAMANTE, M.C; DALLA-NORA, E. L. Undervaluing and overexploiting the Brazilian Cerrado at our peril. **Environment: science and policy for sustainable development**, [S. l.], v. 58, n. 6, p. 4-15, 2016. <https://doi.org/10.1080/00139157.2016.1229537>.

LATATI, M. *et al.* The intercropping common bean with maize improves the rhizobial efficiency, resource use and grain yield under low phosphorus availability. **European Journal of Agronomy**, [S. l.], v. 72, p. 80–90, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.015>.

LENHARD, N. R. *et al.* Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, p. 178-18, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000200012>.

LIMA, K. D. R. *et al.* Seleção de espécies arbóreas para revegetação de áreas degradadas por mineração de piçarra na Caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 203 – 2013, 2015.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 352, 2002.

LONG, H.; ZHANG, D.; HE, G. The effects of planted and plowed *Stylosanthes guianensis* on degrading soil fertility in hilly countries of dry-hot valley. **Acta Ecologica Sinica**, [S. l.], v. 37, n.5, p. 279-283, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2017.02.004>

MACHADO, R.B., *et al.* **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Conservação Internacional, Brasília, DF, 2004.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2a ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MANDYAM, K.; JUMPPONEN, A. Seeking the elusive function of the root-colonising DSE septate endophytic fungi. **Studies in Mycology**, [S. l.], v. 53, p. 173-189, 2005. <https://doi.org/10.3114/sim.53.1.173>

MARIN, V. A. *et al.* Fixação biológica de nitrogênio: bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para agricultura tropical. Embrapa Agrobiologia, Seropédica, p. 4-34, 1999.

BENDES, M. S.; LINCOLN, N. K. Impacts of underground competition and establishment on growth and root architecture of breadfruit (*Artocarpus altilis*) and māmaki (*Pipturus albidus*), **Rhizosphere**, [S. l.], v. 18, p 100337, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100337>.

MAZZETTO, A, M. *et al.* Atividade dabiomassa microbiana do solo alterada pelo uso da terra no sudoeste da Amazônia. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 75, n.1, p. 79-86, 2016.

MEDEIROS, J. D. **Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies**. Brasília: MMA/SBF, p. 534, 2011.

MEDEIROS, G. S.; MOREIRA, F. W.; OLIVEIRA, L. A. Colonizações radiculares por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em áreas degradadas pela exploração petrolífera no Estado do Amazonas, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 12, n. 2, p. 27-34, 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0004>.

METALI, F.; SALIM, K.A; BURSLEM, D.F.R.P. Evidence of foliar aluminium accumulation in local, regional and global datasets of wild plants. **New Phytologist**, v. 193, p. 637-649. 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03965.x>.

MOREIRA, S. D. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus doses on coffee growth under a non-sterile soil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 1, p. 72-80, 2019. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n108rc>.

MONTEIRO, H. C. F.; CANTARUTTI, R. B.; NACIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de Gramíneas e leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 1092-1102, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000500005>

MYERS, N. *et al.* Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities, **Nature**, [S. l.], v. 403, n. 6772, p. 853–58, 2000. <https://doi.org/10.1038/35002501>.

NETTO, A. T.; CAMPOSTRINI, E.; GOMES, M. M. A.; Efeito do confinamento radicular nas medidas biométricas e assimilação de CO₂ em plantas de *Coffea canephora* PIERRE. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 3, p. 295 – 303, 2006.

NUNES, Y. R. F. *et al.* Sobrevivência e crescimento de sete espécies arbóreas nativas em uma área degradada de floresta estacional decidual, norte de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.39, n.5, p.801-810, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000500003>.

OLIVEIRA, I. *et al.* Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado. **Revista Eletrônica**. Montes Belos, v. 1, p.1-12, 2005.

PENG, S.; GUO, T.; LIU, G. The effects of arbuscular mycorrhizal hyphal networks on soil aggregations of purple soil in south west China. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 57, n. 2, p. 411–417, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.10.026>.

PETERSON, T.A.; REINSEL, M.D.; KRIZEK, D.T. Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill., cv. ‘Better Bush’) plant response to root restriction. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.42, n.243, p. 1233-1240, 1991. <https://doi.org/10.1093/jxb/42.10.1241>.

PIJL, V. D. L. **Principles of dispersal in higher plants**. 3 ed. Springer Verlag, New York, p. 402, 1982.

POTT, V. J.; POTT, A. Dinâmica da vegetação aquática do Pantanal. In: THOMAZ; S. M.; BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, p.145-162, 2003

POWER, J. F.; MYERS, R. J. K. The maintenance or improvement of farming systems in North America and Australia. INTERNATIONAL CONFERENCE SPONSORED, 1989, Saskatoon, Canada. Proceedings. Soil quality in semi arid agriculture. Saskatoon: Canadian Int. Development Agency/Univ. of Saskatchewan – **Saskatchewan Inst. of Pedology**, p. 273-292, 1989.

PRANDO, M. B.; OLIBONE, D.; OLIBONE, A. P. E.; ROSOLEM, C. A. Infiltração de água no solo sob escarificação e rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.693-700, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300010>.

RAICH, J. W; SCHLESINGER, W. H. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. **Tellus**, [S. l.], v. 44, p. 81-89, 1992.

RESENDE, L. A. *et al.* Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas em diferentes modelos de plantio na recuperação de área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 147-157, 2015.

RODRIGUES, M. B. *et al.* Enraizamento de miniestacas de ipê roxo (*Handroanthus heptaphyllus Vell . Mattos*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Paulínia, v.19, n. 1, p. 129-137, 2017. DOI: 10.1590/1983-084X/0121.

RODRIGUES, L. G. S. M.; GOI, S. R.; RODRIGUES, F. M. Associação micorrízica como uma estratégia para o estabelecimento de espécies em áreas impactadas. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v. 1, n. 1, p. 7-19, 2014.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, p. 8-9, 2010.

ROSA, P. A. L. *et al.* Recuperação de um solo de cerrado após 19 anos: ocorrência espontânea de espécies arbóreas. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 1, n. 1, p. 44-57, 2014. <https://doi.org/10.32404/rean.v1i1.221>.

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourados, MS :Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 6p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 198).

SANO, S. M; BRITO, M. A; RIBEIRO, J. F. **Dypteryx alata**. **Baru**. Planaltina, Embrapa Cerrado, p. 203-215, 2016.

SANTOS, L. L. Quantificação do escoamento superficial e erosão do solo em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, v. 2, p. 14-25, 2009.

SANTOS, M. A; BARBIERI, A.F; CARVALHO, J. A. M; MACHADO, C. J. O. **Cerrado brasileiro: notas para estudo**. CEDEPLAR/FACE/UFMG Belo Horizonte 2010.

SANTOS, V. L. S; SILVA, C. F. PEREIRA, M. G; BERBARA, R. L. L. Comunidades de fungos arbusculares e glomalina em ecossistemas de Mata Seca, Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 117, p. 13-21, 2018.

SARAIVA, D, F. *et al.* Gramíneas nativas potenciais para revegetação de áreas degradadas, a partir da avaliação de topsoil de Campo Rupestre Ferruginoso. **Revista Hoehnea**, São Paulo, v .47, 2020.

SCABORA, M. H.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Associação micorrízica em espécies arbóreas, atividade microbiana e fertilidade do solo em áreas degradadas de cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 289-301, 2011 <https://doi.org/10.5902/198050983232>.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete sample). **Biometrika**, Grã Bretanha, v. 52, n. 3, p. 591-611, 1965

SILVA, C. C. *et al.* Modelos alométricos para estimar a área do limbo foliar de teca. **Nativa**, Sinop, v. 8, n.1, p. 129-136, 2020. DOI: 10.31413/nativa.v8i1.7969.

SILVA, P. L. F. *et al.* Estoques de carbono e retenção hídrica em biomassa de gramíneas no agreste da Paraíba. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 13, n. 2, p. 155-167, 2019. <https://doi.org/10.18011/bioeng2019v13n2p155-167>.

SILVA, M. P. Estilosantes – *Stylosanthes* spp.. **Fauna e Flora do Cerrado**, Campo Grande, Junho 2004. Disponível em: <<http://cloud.cnpqg.embrapa.br/faunaeflora/plantas-forrageiras/estilosantes-stylosanthes-spp>>. Acesso em: < 05 de Junho de 2021>.

SILVERIO, M. D. O.; CASTRO, C. F. S.; MIRANDA, A. R. Avaliação da atividade antioxidante e inibitória da tirosinase das folhas de *Dipteryx alata* Vogel (Baru). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Paulínia, v.15, n.1, p.59-65, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000100008>.

SLOAN, S. Remaining natural vegetation in the global biodiversity hotspots. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 177, p. 12–24, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.05.027>.

SMITH, S. E.; FACELLI, E.; POPE, S.; SMITH, F. A. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. **Plant and Soil**, [S. l.], v. 326, n. 1-2, p. 3-20, 2009. DOI:10.1007/s11104-009-9981-5.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**. London: Academic Press, p. 787, 2008.

SOBUCKI, L. *et al.* Manejo e qualidade biológica do solo: uma análise. **Revista Agronomia**, Jaboticabal, v. 3, n.4, p. 1- 4, 2019.

SOUSA, C. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LIMA, F. S. Glomalina: características, produção, limitações e contribuição nos solos. **Semina: Ciências Agrárias**, [S.L.], v. 33, n. 1, p. 303-344, 20 dez. 2012. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p3033.

SOUZA, F. A.; GOMES, E. A.; VASCONCELOS, M. J. V. *et al.* **Micorrizas Arbusculares: Perspectivas para Aumento da Eficiência de Aquisição de Fósforo (P) em Poaceae – Gramíneas**. Sete Alagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 30 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 134).

SOUZA, V. C.; SILVA, R. A.; CARDOSO, G. D.; BARRETO, A. F. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 10, n. 3, p. 612 – 618, 2006

STARR, C. R. *et al.* Plant colonization in a gravel mine revegetated with *Stylosanthes* spp. in a Neotropical savanna. **Landscape and Ecological Engineering**, [S. l.], v. 9, p. 189 – 201, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11355-012-0196-1>.

STOCKMANN, U.; MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. How fast does soil grow? **Geoderma**, Amsterdam, v. 216, p. 48-61, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.10.007>.

STOYKE, G.; CURRAH, R. S. Endophytic fungi from the mycorrhizae of alpine ericoid plants. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 69(2), p. 347–352, 1991. <https://doi.org/10.1139/b91-047>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ed. Artmed, Porto Alegre, RS, Brazil, 2013. p. 954,

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ed. Artmed, Porto Alegre, RS, Brazil, p. 690- 757, 2017.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – Unesp. Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira. Área de Hidráulica e Irrigação. **Canal CLIMA da Unesp Ilha Solteira**. Disponível em: <https://clima.feis.unesp.br/login.php>. Acesso em: 17 ago. 2020.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.] v. 19, n. 6, p. 703 -707, 1987.

VIDAL, M. C.; SERAPHIN, E.; CÂMARA, H. H. L. L. Crescimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Lobeira) em casa de vegetação. **Acta Botanica Brasílica**, Brasília, v.13(3), p. 271-274, 1999.DOI: 13(3): 271-275

VIEIRA, R. F. *et al.* (ed.). **Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 320, 2006.

WARDLAW, I. F. The control of carbon partitioning in plants. **New phytologist**, p. 341- 381, 1990.

WHITE, G. N. Scanning electron microscopy. In: DANE, J. H., TOPP, G. C., editors. **Methods of soil analysis. Mineralogical methods**. Madison: Soil Science Society of America, 2008. p. 269- 297.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.891-900, 2004. DOI: 10.1590/S0100-06832004000500011

WU, Q. S.; ZOU, Y. N. Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants. In: Wu, Q. S. (Ed.) Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants. **Springer Nature Singapore**, [S. l.], p. 25-41. 2017. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-4115-0>.

XIE, L.; HE, X.; WANG, K.; HOU, L.; SUN, Q. Spatial dynamics of DSE septate endophytes in the roots and rhizospheres of *Hedysarum scoparium* in northwest China and the influence of edaphic variables. **Fungal Ecology**, [S. l.] v. 26, p. 135-143, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.01.007>.

XU, L. *et al.* Piriformospora indica confers drought tolerance on Zea mays L. through enhancement of antioxidant activity and expression of drought-related genes. **The Crop Journal**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 251-258, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2016.10.002>

ZEMEK, O. *et al.* The contribution of *Stylosanthes guianensis* to the nitrogen cycle in a low input legume-rice rotation under conservation agriculture. **Plant and Soil**, [S. l.], v. 425(1-2), p. 553–576, 2018. doi:10.1007/s11104-018-3602-0.

ZENZEN, I. L. *et al.* Área foliar e volume do sistema radicular em plantas de soja inoculadas com Estirpes de *Bradyrhizobium tropici* e submetidas ao alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 1092-1094, 2007.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. de. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, 2012. p. 42,