

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

ISABELA LIMA DA SILVA VIEIRA

**AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE *Urochloa decumbens* POR GRAMÍNEAS
NÃO INVASORAS EM PROJETOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS
DEGRADADAS**

Ilha Solteira
2023



ISABELA LIMA DA SILVA VIEIRA

**AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE *Urochloa decumbens* POR GRAMÍNEAS
NÃO INVASORAS EM PROJETOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS
DEGRADADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Faculdade de Engenharia de
Ilha Solteira – UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Bacharelado em Ciências Biológicas.

Lucíola Santos Lannes
Orientadora

Ilha Solteira
2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

V658a Vieira, Isabela Lima da Silva.
Avaliação da substituição de *Urochloa decumbens* por gramíneas não invasoras em projetos de recuperação de áreas degradadas / Isabela Lima da Silva Vieira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
39 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Lucíola Santos Lannes

Inclui bibliografia

1. Braquiária. 2. C. 3. Espécies exóticas. 4. Gramíneas nativas. 5. Invasão biológica .


Amanda Sertori dos Santos
Bibliotecária - CRB/8-9061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**"AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE *Urochloa decumbens* POR
GRAMÍNEAS NÃO INVASORAS EM PROJETOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS
DEGRADADAS"**

ISABELA LIMA DA SILVA VIEIRA

REGULAMENTO SOBRE A AVALIAÇÃO:

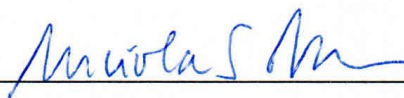
Artigo 25º - § 2º A apresentação pública do trabalho de TCC deverá ser de no mínimo 20 (vinte) minutos e máxima de 40 (quarenta) minutos. Após um intervalo de 5 (cinco) minutos, haverá a arguição do Trabalho pelos examinadores. O tempo de arguição, será de até 15 (quinze) minutos para cada examinador, e até 15 (quinze) minutos o tempo para a resposta do(a) aluno(a) a cada examinador ou no caso de se optar pelo diálogo o tempo conjunto entre examinador e acadêmico(a) será de no máximo 30 (trinta) minutos.

Artigo 24º - No julgamento do TCC, a banca examinadora deverá avaliar a apresentação oral, escrita e a defesa do trabalho durante a arguição. O conceito final será APROVADO(A) ou REPROVADO(A).

COMISSÃO EXAMINADORA

1ª EXAMINADORA (Orientadora-Presidente)

Nome: Profa. Dra. Lucíola Santos Lannes



2ª EXAMINADORA

Nome: Profa. Dra. Thaís Soto Boni



3º EXAMINADOR

Nome: Prof. Dr. Sérgio Luis de Carvalho



CONCEITO

☒ Aprovado(a)

☐ Reprovado(a)

Ilha Solteira-SP, 29 de novembro de 2023.

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado aos meus pais Elisabeth, Rubens e aos meus irmãos Gabriela e Guilherme.

AGRADECIMENTOS

Em primeira mão agradeço a minha família, que estiveram ao meu lado em todas as fases desta jornada, seu incentivo e apoio incondicional foram força motriz para trilhar esse caminho. Obrigada por acreditarem em mim mesmo nos momentos de dúvida.

Agradeço ao Rafael, meu companheiro e parceiro diário dos últimos cinco anos, obrigada por todo incentivo, encorajamento, afago e cuidado. Acerola (que não entende nada disso), minha *cãopanheira* e melhor remédio de estresse e ansiedade possível.

Aos amigos que fiz durante a graduação, em especial, Pedro, Antônio e Ana Carolina: carregarei comigo lembranças preciosas dos momentos compartilhados com cada um de vocês.

Agradeço à minha orientadora Lucíola por todos esses anos de orientação e, principalmente, todo suporte, apoio e paciência no desenvolvimento deste trabalho. Aproveito para agradecer aos meus colegas do Laboratório de Ecologia Vegetal, por toda ajuda e colaboração, trabalhar ao lado de vocês foi uma experiência incrível, cheia de aprendizado e cooperação.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira e todo seu corpo técnico, administrativo e docente, minha gratidão por fornecerem o ambiente propício para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Este trabalho é fruto do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) edital 01/2020, isto posto, agradeço o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro no desenvolvimento desta pesquisa.

"Mas na profissão, além de amar tem de saber.

E o saber leva tempo para crescer."

Rubem Alves

"Olhar para trás após uma longa caminhada pode fazer perder a noção da distância que percorremos, mas, se nos detivermos em nossa imagem, quando a iniciamos e ao término, certamente nos lembraremos o quanto nos custou chegar até o ponto final, e hoje, temos a impressão de que tudo começou ontem. Não somos os mesmos, mas sabemos mais uns dos outros. E é por isso que dizer adeus se torna complicado. Digamos então que nada se perderá. Pelo menos dentro da gente."

João Guimarães Rosa – Grande Sertão Veredas

RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma do país, ocupa aproximadamente 22% do território brasileiro, e é considerado como um dos hotspots mundiais de biodiversidade por apresentar extrema abundância de espécies endêmicas e sofrer uma excepcional perda de habitat. Cerca de metade dos 2 milhões de km² originais do Cerrado foram transformados em pastagens plantadas, culturas anuais e outros tipos de uso. Geralmente, devido ao mau uso e manejo inadequado, tais áreas tornam-se cada vez mais vulneráveis à degradação e invasão biológica por espécies exóticas, dentre as quais se destaca a gramínea africana *Urochloa decumbens* (braquiária). Esta apresenta efeitos negativos sobre a riqueza de espécies de Cerrado e sua presença altera a composição e distribuição de plantas, prejudicando a regeneração natural das espécies. Este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes espécies de gramíneas nativas ou naturalizadas, que não são invasoras, para substituir a braquiária (*U. decumbens*) em projetos de recuperação de áreas degradadas do Cerrado. Este projeto foi desenvolvido em experimento em mesocosmos em casa de vegetação utilizando-se quatro espécies, selecionadas por serem abundantes no bioma Cerrado. Vasos de 3,5 litros preenchidos em solo de área degradada de Cerrado receberam três plantas em monocultura das espécies *Urochloa decumbens*, *Chloris barbata*, *Melinis repens* e *Setaria parviflora* com dois tratamentos de fertilização (controle e adição de nutrientes). Após 90 dias foram determinadas sete variáveis: altura, número de perfilhos, biomassa aérea, radicular e total, atividade de fosfatase ácida e colonização micorrízica. As diferenças entre as espécies para as diversas variáveis estudadas foram analisadas por ANOVA seguida de teste de Tukey através do software R. Quando não fertilizadas, todas as gramíneas não invasoras apresentaram ser superiores ou equivalentes à gramínea exótica invasora *Urochloa decumbens*. A gramínea nativa *Setaria parviflora* apresentou maior altura e número de perfilhos e a outra gramínea nativa *Chloris barbata* produziu maior biomassa radicular do que *U. decumbens*. Em relação ao tratamento em que houve fertilização, a gramínea naturalizada *Melinis repens* e a nativa *Chloris barbata* apresentaram maior altura em relação a *U. decumbens*. Quando fertilizada, *U. decumbens* apresentou maior biomassa aérea e total em relação às outras espécies. *Melinis repens* e *S. parviflora* apresentaram maior atividade de fosfatase ácida radicular do que as outras espécies. Os resultados dessa pesquisa sugerem que gramíneas nativas e naturalizadas não invasoras apresentam potencialidades para a substituição de *U. decumbens* em projetos de recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: Braquiária. Cerrado. Espécies exóticas. Gramíneas nativas. Invasão biológica.

ABSTRACT

The Cerrado is the second largest biome in the country, occupying approximately 22% of the Brazilian territory, and is considered one of the world's biodiversity hotspots due to the extreme abundance of endemic species and for suffering an exceptional loss of habitat. About half of the Cerrado's original 2 million km² were transformed into planted pastures, annual crops and other uses. Generally, due to misuse and inadequate management, such areas become increasingly vulnerable to degradation and biological invasion by exotic species, among which the African grass *Urochloa decumbens* (brachiaria) stands out. This has negative effects on the species richness of Cerrado and its presence alters the composition and distribution of plants, jeopardizing the natural regeneration of the species. The present work aimed to evaluate different species of native or naturalized grasses, which are not invasive, to replace brachiaria (*U. decumbens*) in projects to recover degraded areas of the Cerrado. This project was developed in a mesocosm experiment in a greenhouse using four species, selected for being abundant in the Cerrado biome. Pots of 3.5 liters filled in soil from a degraded Cerrado area received three plants in monoculture with two fertilization treatments (control and nutrients addition). After 90 days, seven variables were determined: height, number of tillers, aerial, root and total biomass, acid phosphatase activity and mycorrhizal colonization. Differences among species for the different variables studied were analyzed by ANOVA followed by Tukey's test through the R software. When not fertilized, all non-invasive grasses were superior or equivalent to the invasive exotic grass *Urochloa decumbens*. The native grass *Setaria parviflora* presented higher height and number of tillers and the other native grass *Chloris barbata* produced greater root biomass than *U. decumbens*. In relation to the fertilized treatment, the non-invasive naturalized grass *Melinis repens* and the native *C. barbata* presented greater height in relation to *U. decumbens*. When fertilized, *U. decumbens* showed higher aerial and total biomass in relation to the other species. *Melinis repens* and *S. parviflora* produced more root acid phosphatase than the other studies species. The results of this research suggest that non-invasive native and naturalized grasses have potential in the substitution of *U. decumbens* in projects for the recovery of degraded areas.

Keywords: Biological invasion. Cerrado. Exotic species. Native grasses. *Urochloa*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVO.....	17
3	MATERIAL E MÉTODO.....	18
3.1	Área de estudo.....	18
3.2	Caracterização das espécies.....	18
3.3	Desenvolvimento.....	19
3.4	Determinação das variáveis.....	20
3.4.1.	<i>Altura e número de perfilhos.....</i>	<i>20</i>
3.4.2	<i>Biomassa aérea, radicular e biomassa total.....</i>	<i>21</i>
3.4.3	<i>Atividade de fosfatase ácida radicular.....</i>	<i>22</i>
3.4.4	<i>Colonização micorrízica radicular.....</i>	<i>22</i>
3.4.5	<i>Análise dos dados.....</i>	<i>23</i>
4	RESULTADOS.....	24
5	DISCUSSÃO.....	31
6	CONCLUSÃO.....	34
	REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma imensa biodiversidade, detendo em seu território entre 15 e 20% do número total de espécies do planeta (Brasil, 2020a). O Cerrado é o segundo maior bioma do país, ocupa aproximadamente 22% do território nacional, é considerado como um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (Myers, *et al.*, 2000), apresenta extrema abundância de espécies endêmicas e sofre uma excepcional perda de habitat (Brasil, 2020b). O Cerrado brasileiro contém entre suas fitofisionomias a savana mais rica do mundo, abrigando 11.627 espécies de plantas nativas, sendo aproximadamente 44% da flora endêmica. Embora o Cerrado ocupe o equivalente a metade da área da Amazônia, estes dois biomas brasileiros apresentam riquezas de espécies vegetais semelhantes (Filardi *et al.*, 2019).

A maioria dos solos do Cerrado são Latossolos e Argissolos altamente intemperizados (Lambers *et al.*, 2020). Os latossolos são fortemente ácidos com baixos teores de bases (Ca, Mg, K) e P disponível para as plantas (Haridassan, 1994). O fósforo (P) é um dos nutrientes vegetais mais importantes que desempenham um papel vital no metabolismo vegetal (Sultana; Siddique, 2015).

Cerca de metade dos 2 milhões de km² originais do Cerrado foram transformados em pastagens plantadas, culturas anuais e outros tipos de uso (Klink; Machado, 2005). Geralmente, devido ao mau uso e à falta de manejo adequado, tais áreas tornam-se cada vez mais suscetíveis a degradação, perda de solo por lixiviação e grandes processos erosivos (Rodrigues *et al.*, 2007).

O Decreto Federal 97.632/1989 em seu artigo 2º define degradação como “os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais”. Atualmente, o Brasil possui cerca de 250 milhões de hectares de terras agrícolas limpas, ou seja, sem sua vegetação nativa. A maior parte desta área é dedicada a pastagens com baixa taxa de estoque carbono e/ou alto nível de degradação (WWF, 2016). Em áreas de Cerrado, boa parte dos 53 milhões de hectares com pastagens cultivadas apresenta algum grau de degradação (CGEE, 2016).

Pesquisadores vêm traçando estratégias para recuperação de áreas degradadas no Cerrado invadidas por espécies exóticas. A recuperação de áreas degradadas permite o resgate da forma e da função da vegetação, com o retorno de

espécies nativas (Dias; Vargas, 2010). Segundo Cava *et al.* (2016) a definição de qual técnica adotar para a restauração da vegetação do Cerrado em pastagens ocupadas por gramíneas exóticas é um desafio, especialmente pela escassez de estudos científicos que fundamentem a aplicação de cada técnica em diferentes contextos.

Com intuito de acelerar os processos de regeneração natural com vegetação de Cerrado em uma área de pastagem de *U. decumbens* (braquiária) no município de Assis SP, Durigan *et al.* (1998) obtiveram resultados promissores utilizando herbicida (*Round up*) no controle da espécie exótica, entretanto, Silveira *et al.* (2013) sugerem que a utilização de aditivos químicos pode causar prejuízos às espécies nativas de regenerar por sementes ou rebrota nas entrelinhas. Dois anos antes, Pivello e Coutinho (1996) sugeriram o manejo por pastoreio controlado, visando diminuir a competição entre as espécies exóticas e nativas. Filippo e Ribeiro (2013) desenvolveram uma ação conjunta à comunidade local para controle de *U. decumbens* em uma antiga área de pastagem localizada no Parque Nacional da Serra do Cipó, em Minas Gerais, na qual além de sensibilização ambiental com a população também ocorreram remoção manual com capinas e roçadas seguidas de plantio de mudas com espécies nativas.

Para a formação das pastagens, os cerrados são inicialmente limpos e queimados e, então, semeados com gramíneas africanas (Klink; Machado, 2005). A *Urochloa decumbens* é o capim mais plantado no país, isso se dá, pois além de ser utilizada como forragem para engorda de gado, é também empregada como condicionador de solo para recuperar áreas degradadas, devido às suas potentes características fisiológicas (Bonini *et al.*, 2010). Macedo e Zimmer (1993) e Gijsman e Thomas (1996) constataram que o uso da braquiária proporciona melhoria na atividade biológica melhorando aspectos como reciclagem de nutrientes, resistência à penetração, estabilidade dos agregados do solo, densidade do solo e matéria orgânica no solo.

A invasão de espécies exóticas em ambientes naturais é há muito conhecida e é considerada um dos maiores problemas no que diz respeito à conservação de espécies. Por definição, espécies invasoras são espécies exóticas em ecossistema natural ou antrópico, que desenvolve altas taxas de crescimento, reprodução e dispersão e se espalham a ponto de ameaçar as plantas nativas (Matos; Pivello, 2009). Além disso, devem conseguir sustentar populações ao longo de ciclos de vida

(Richardson *et al.*, 2012). Segundo Freitas e Pivello (2005), as gramíneas africanas que invadem o Cerrado encontram condições semelhantes ao seu habitat de origem.

Além da semelhança climática (especialmente regime de chuvas e temperatura), fatores de sua própria biologia contribuíram para seu sucesso como invasoras do cerrado: seleção, grande capacidade de dispersão por reprodução vegetativa e por sementes, ciclo reprodutivo rápido, grande eficiência fotossintética e na utilização dos nutrientes, altas taxas de crescimento, tolerância ao desfolhamento e herbivoria, e alta capacidade de rebrotamento e regeneração. (Freitas; Pivello, 2005, p. 235).

Segundo estudos realizados por Ferreira *et al.* (2016), a gramínea exótica *U. decumbens* tem um efeito negativo sobre a riqueza de espécies e densidade populacional e sua presença alterou a composição e distribuição de formas de vida da regeneração natural das espécies, pois são muito competitivas em relação às plantas nativas em muitas circunstâncias (Pivello *et al.*, 1999a) uma vez que são capazes de invadir e modificar severamente as condições ambientais, deslocando espécies nativas ou alterando as condições de solo, microclima, regimes de fogo e / ou água e recursos alimentares disponíveis para a fauna (Lannes *et al.*, 2012; Pivello *et al.*, 1999a).

Em um relatório publicado recentemente, resultado de um esforço conjunto sem precedentes entre os dois principais comitês científicos ambientais do mundo, o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) e o IPBES (Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos) propõem soluções comuns para o enfrentamento das crises do clima e da biodiversidade. Como diretiva principal apontada por este relatório está a restauração da vegetação nativa em áreas que já foram destruídas (Portner *et al.*, 2021).

A invasão de gramíneas exóticas acarreta grandes prejuízos para biodiversidade local, uma vez que estabelecidas no ambiente, têm poder de dizimar a flora local, pois são capazes de invadir extensivamente áreas naturais e perturbadas (Pivello *et al.*, 1999b). Recentemente começou-se a estudar se outras gramíneas de Cerrado têm potencialidades semelhantes à *Urochloa decumbens* no que tange à melhoria da qualidade ambiental em áreas degradadas e verificou-se uma potencialidade neste sentido para a gramínea naturalizada *Digitaria insularis* quando fertilizada com esterco ovino em casa de vegetação (Ferreira *et al.*, 2020). Este resultado estimula pesquisas com espécies nativas e naturalizadas, tanto em casa de vegetação quanto em campo, na busca por substitutos para *Urochloa decumbens* com a função de contribuir para o aprimoramento da qualidade ambiental em áreas sujeitas a recuperação ambiental.

2 OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo de avaliar diferentes espécies de gramíneas nativas e naturalizadas, não invasoras, como potenciais alternativas na substituição da gramínea exótica invasora *Urochloa decumbens* em projetos de recuperação de áreas degradadas do Cerrado. A hipótese do trabalho é que gramíneas nativas ou naturalizadas são semelhantes à exótica invasora quanto a características relevantes para o processo de recuperação de áreas degradadas.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Área de estudo

O presente trabalho foi realizado em casa de vegetação localizada no campus II da UNESP de Ilha Solteira. Foram utilizadas quatro espécies: a gramínea exótica invasora *Urochloa decumbens*, a espécie naturalizada *Melinis repens* e as espécies nativas *Setaria parviflora* e *Chloris barbata*. Estas espécies foram selecionadas por serem abundantes no Cerrado, portanto representativas das gramíneas deste bioma.

3.2 Caracterização das espécies

Urochloa decumbens (Stapf) R.D. Webster conhecida vulgarmente como capim-braquiária é originária da África do Sul e foi introduzida no Brasil em meados de 1950 (Kissman, 1997 citado por Tambosi; Barbosa, 2009). Gramínea perene pertencente à família Poaceae possui folhas alongadas com alturas que podem alcançar 1,5 metros, apresenta inflorescências do tipo espigas compactas. Segundo Pupo (1980) citado por Navas e Pereira (2016) a espécie foi introduzida no Brasil para forrageamento devido à sua alta resistência ao clima, fogo e pisoteio além de possuir fácil adaptação aos vários tipos de solo e ter baixa exigência em fertilidade.

Melinis repens (Willd.) Zizka ou capim-natal é uma gramínea perene de vida curta. As inflorescências são panículas de até 20 cm de comprimento; inicialmente rosa, as inflorescências desbotam para branco com a idade, produz muitas sementes sendo sua dispersão anemocórica (Stokes *et al.*, 2011). Podem formar grandes touceiras devido ao alto índice de perfilhamento em sua base (Moreira; Bragança, 2010), em geral, possui caule ramificado, às vezes enraizando nos nós aparentando extenso volume (Haselwood; Motter, 1966).

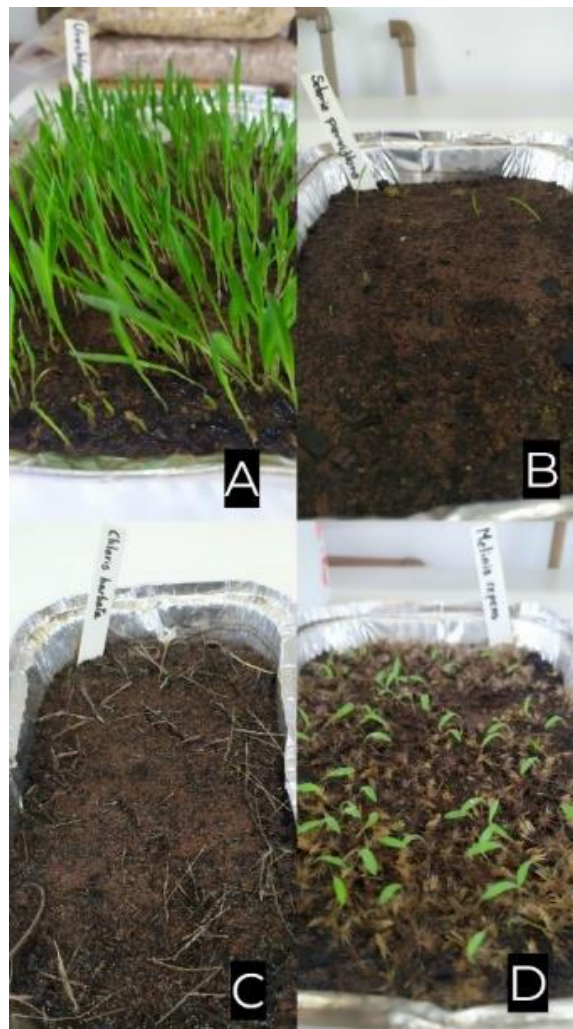
Setaria parviflora (Poir.) Kerguelen conhecida popularmente por capim-rabo-de-raposa, são plantas perenes, cespitosas, eretas, com rizomas curtos, bainhas e margens glabras, podem ocorrer de forma esparsa ou formar grandes touceiras. Possuem inflorescência cilíndrica do tipo panícula, constituída por espiguetas. Sua propagação se dá por meio de sementes e ou fragmentação do rizoma. Segundo Moreira e Bragança (2010), *S. parviflora* pode ser encontrada em todo o país, a espécie pode ocupar áreas cultivadas, terras abandonadas, margens de rodovias, e ser utilizada em associação a outras espécies de gramíneas forrageiras.

Chloris barbata Sw, vulgarmente conhecida como capim-pé-de-galinha é uma gramínea nativa, não endêmica classificada como perene de colmos cilíndricos, ramificados e coloração verde. Pode ser encontrada em áreas cultivadas, terras abandonadas e margens de rodovias (Moreira; Bragança, 2010).

3.3 Desenvolvimento

A princípio, sementes das espécies selecionadas, coletadas em Ilha Solteira SP, foram dispostas em bandejas de germinação com substrato em proporção 2:1 (duas partes de terra vegetal para uma parte de solo de campo Cerrado peneirado) para o desenvolvimento inicial por aproximadamente 20 dias, com regas diárias (Figura 1).

Figura 1 – Bandejas de germinação



Fonte: Elaborado pela autora.

A. *Urochloa decumbens*; B. *Setaria parviflora*; C. *Chloris barbata*; D. *Melinis repens*.

Após a germinação das sementes, mesocosmos de 3,5 litros foram preenchidos com solo de área degradada de Cerrado peneirado e receberam três plântulas em monocultura com dois tratamentos de fertilização (controle e adição de nutrientes) com cinco repetições para cada tratamento (Figura 2). Durante 12 semanas, no período de fevereiro a maio de 2020, os vasos foram fertilizados com 5 mL de solução composta por nitrato de sódio (NaNO_3) em dose equivalente a 300 kg/ha^{-1} de N e fosfato de sódio (Na_2HPO_4) em dose equivalente a 120 Kg/ha^{-1} de P. A cada duas semanas a posição dos vasos nas bancadas era aleatorizada. Após 90 dias de experimento foram determinados altura, número de perfilhos, biomassa aérea, radicular e total, atividade de fosfatase ácida e colonização micorrízica.

Figura 2 – Aclimação das plântulas após transferência para os mesocosmos.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.4 Determinação das variáveis

3.4.1 Altura e número de perfilhos

Com auxílio de uma régua foi aferido o comprimento em centímetros da maior planta presente em cada mesocosmo (Figura 3). Em seguida, foi quantificado o número de perfilhos presentes em cada espécie.

Figura 3 – Aferição do comprimento da planta.

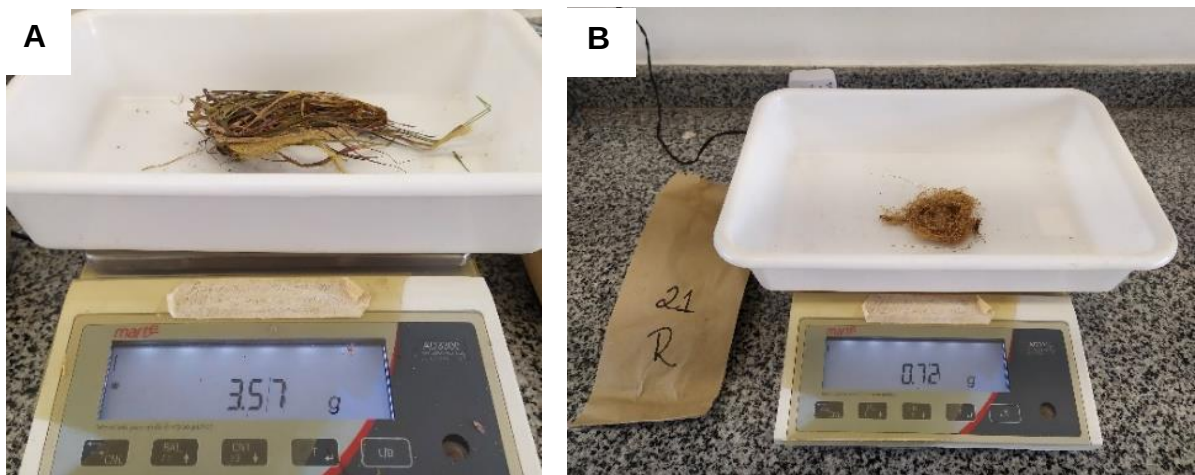


Fonte: Elaborado pela autora.

3.4.2 Biomassa aérea, radicular e biomassa total

Para determinação da biomassa foram coletadas a parte aérea e as raízes das diferentes espécies. Estas foram lavadas e armazenadas em sacos de papel devidamente identificados e posteriormente colocadas na estufa para secagem a 70°C por 72h ou até atingir peso constante. Uma pequena porção das raízes de cada amostra foi reservada para determinação de colonização micorrízica e da atividade de fosfatase ácida radicular. Retiradas da estufa, as amostras foram pesadas em balança (Figura 4). O valor de biomassa total foi calculado através da soma de biomassa aérea e radicular.

Figura 4 – Determinação da biomassa aérea e radicular.



Fonte: Elaborado pela autora

A. Determinação biomassa aérea B. Determinação biomassa radicular

3.4.3 Atividade de fosfatase ácida radicular

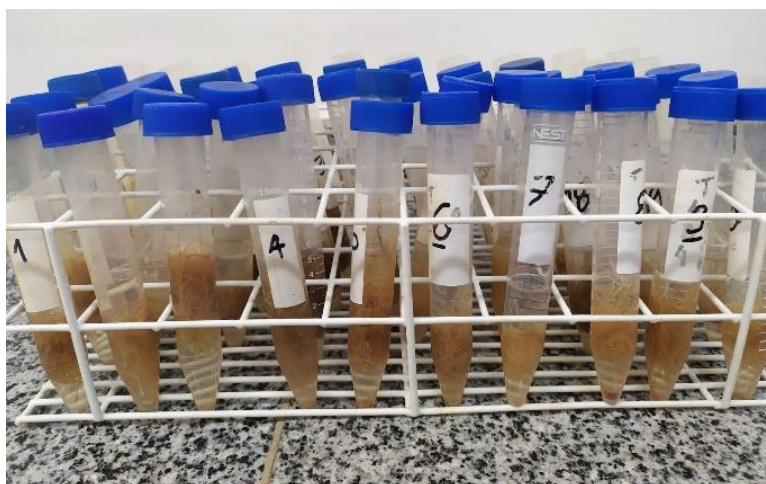
A atividade de fosfatase ácida radicular foi determinada seguindo o protocolo do nitrofenil-fosfato (adaptado de Olde Venterink, 2011).

As raízes selecionadas foram primeiro lavadas e o excesso de umidade foi removido com papel. Em seguida, foram pesadas aproximadamente 100 mg de raiz para cada amostra que, posteriormente, foram dispostas em tubos de ensaio e adicionados 5 ml de solução tampão de tris(hidroximetil)-aminometano/maleato contendo para-nitrofenil fosfato (pNPP) 0,125 M. Após a adição da solução tampão, os tubos foram levados a agitação em agitador de Kline durante uma hora, ao final do procedimento 0,5 ml de solução de cada amostra foi adicionado a 3-6 ml de NaOH 2 N. A concentração de para-nitrofenol na solução foi determinada medindo a absorbância utilizando-se um espectrofotômetro. A atividade da enzima fosfatase (PME) foi calculada como μmol de para-nitrofenol produzido por g de massa de raiz fresca e por hora.

3.4.4 Colonização micorrízica radicular

No processo de desmontagem do experimento as raízes foram lavadas com água destilada e selecionadas previamente finos pedaços de 1 a 2,5 cm, após este procedimento, foram dispostas em tubo falcon contendo etanol 70% (Figura 5).

Figura 5 - Raízes dispostas em tubo Falcon para posterior análise micorrízica.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para quantificar a colonização micorrízica radicular, as raízes foram clareadas e então coradas. Raízes finas foram novamente selecionadas e posteriormente seccionadas e dispostas em tubos de ensaio com hidróxido de potássio (KOH) 1 M e aquecidas a 90 °C em banho-maria durante uma hora. A solução de KOH foi então renovada e as raízes levadas novamente ao banho-maria por mais duas horas e quarenta minutos. Estas duas etapas de clareamento se fazem necessárias devido à coloração intensa natural de raízes de plantas de Cerrado. As raízes foram então enxaguadas com água destilada, para remover a solução utilizada. Em seguida, as raízes foram coradas por 20 minutos em solução de 5% de tinta de caneta (Parker Qink Black, Newell Rubbermaid, Saint Herblain, France) diluída em uma solução de ácido acético a 5% em banho-maria a 90 °C, seguindo o protocolo de Vierheilig *et al.* (1998). Após a finalização do processo de coloração, as raízes foram novamente enxaguadas com água destilada e armazenadas em tubos falcon em solução de glicerol para posterior determinação de colonização micorrízica.

Para quantificar as taxas de colonização, as raízes coradas foram dispostas em lâminas graduadas e as intersecções de arbúsculos, vesículas e hifas quantificadas com o auxílio de microscópio óptico.

3.4.5 Análise dos dados

As diferenças entre as espécies para as diversas variáveis estudadas por ANOVA seguida de teste de Tukey no software R, respeitando os preceitos da estatística paramétrica.

4. RESULTADOS

Em condições naturais (não fertilizadas), todas as gramíneas não invasoras (*Melinis repens*, *Chloris barbata* e *Setaria parviflora*) mostraram ser superiores ou equivalentes à gramínea exótica invasora *Urochloa decumbens* em relação às variáveis analisadas, com exceção da biomassa aérea de *M. repens* e *S. parviflora*, que foram inferiores a *U. decumbens* (Tabela 1).

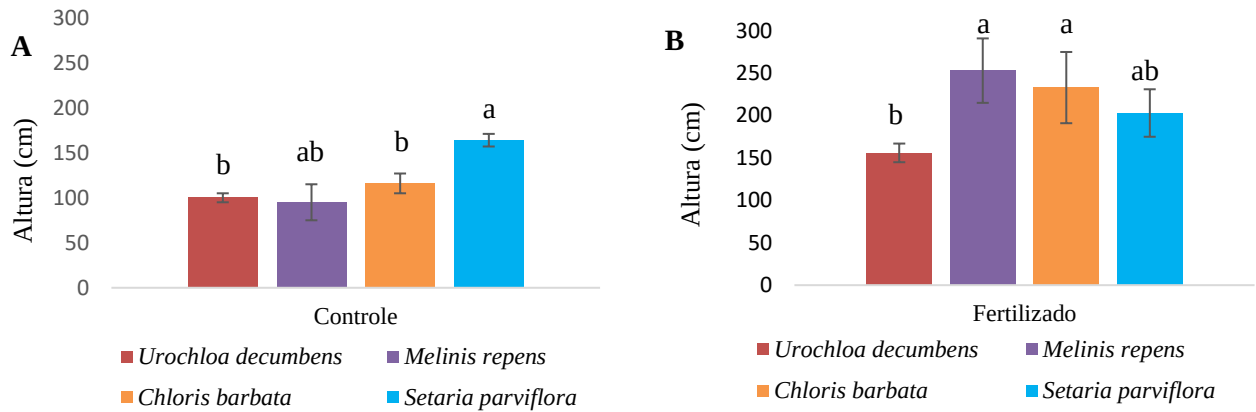
Tabela 1 - Altura (cm), número de perfilhos, biomassa aérea, radicular e total (g), atividade de fosfatase ácida radicular (μmol de paranitrofenilfosfato.g $^{-1}$.h $^{-1}$) e taxa de colonização micorrízica (%) em espécies exóticas e nativas do Cerrado cultivadas em casa de vegetação em Ilha Solteira/SP. Dados apresentados consistem em médias e desvios-padrão e as diferenças entre as espécies são expressas por letras diferentes dentro do mesmo tratamento de fertilização (ANOVA+Tukey, $P < 0,05$, $N=5$).

CONTROLE	Altura	Perfilhos	Biom. Aér.	Biom. Rad.	Biom. Tt.	Fosfatase	Micorriza
<i>Urochloa decumbens</i>	100(5) ^b	6(1) ^b	1,72(0,22) ^a	0,62(0,12) ^b	2,35(0,3) ^a	417(105) ^{bc}	93(10)
<i>Melinis repens</i>	95(20) ^{ab}	6(1) ^b	1,06(0,14) ^b	0,65(0,11) ^b	2,00(0,2) ^b	605(114) ^a	92(7)
<i>Chloris barbata</i>	116(11) ^b	11(2) ^{ab}	1,55(0,26) ^a	1,21(0,12) ^a	3,00(0,2) ^a	311(80) ^c	97(3)
<i>Setaria parviflora</i>	164(7) ^a	17(2) ^a	1,11(0,18) ^b	0,59(0,09) ^b	2,00(0,1) ^b	525(34) ^{ac}	93(13)
FERTILIZADO	Altura	Perfilhos	Biom. Aér.	Biom. Rad.	Biom. Tt.	Fosfatase	Micorriza
<i>Urochloa decumbens</i>	156(11) ^b	12(3)	7(0,7) ^a	2,31(0,6) ^{ab}	9,2(1,2) ^a	584(120) ^b	99(1,12)
<i>Melinis repens</i>	253(38) ^a	12(2)	5(0,3) ^b	1,8(0,47) ^b	7(0,4) ^b	844(50) ^{ac}	89(19)
<i>Chloris barbata</i>	233(42) ^a	15(4)	5(0,6) ^b	4,0(1,5) ^a	9,1(2) ^a	543(119) ^{bc}	98(3)
<i>Setaria parviflora</i>	203(28) ^{ab}	17(4)	4(0,1) ^c	1,4(0,4) ^b	5(0,7) ^b	1112(259) ^{ab}	99(2)

Fonte: Elaborado pela autora.

No tratamento controle (sem fertilização), a gramínea nativa *S. parviflora* apresentou significativamente maior altura (Figura 6a) e número de perfilhos (Figura 7a), e *C. barbata* produziu maior biomassa radicular (Figura 9) do que *U. decumbens*. Em relação ao tratamento em que houve fertilização, *M. repens* e *C. barbata* apresentaram maior altura em relação a *U. decumbens* (Figura 6b).

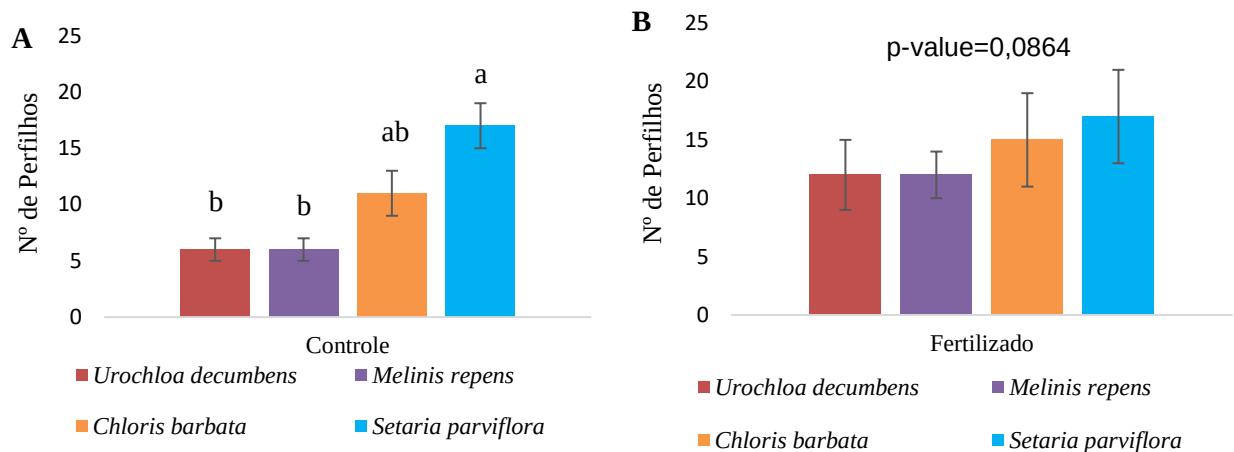
Figura 6 – Altura (cm) em espécies exóticas e nativas do Cerrado cultivadas em casa de vegetação em Ilha Solteira/SP. Dados apresentados consistem em médias e desvios-padrão e as diferenças entre as espécies são expressas por letras diferentes dentro do mesmo tratamento de fertilização (ANOVA+Tukey, $P < 0,05$, $N=5$).



Fonte: Elaborado pela autora.

A. Altura (cm) no tratamento Controle. B. Altura (cm) no tratamento Fertilizado.

Figura 7 – Número de Perfilhos em espécies exóticas e nativas do Cerrado cultivadas em casa de vegetação em Ilha Solteira/SP. Dados apresentados consistem em médias e desvios-padrão e as diferenças entre as espécies são expressas por letras diferentes dentro do mesmo tratamento de fertilização (ANOVA+Tukey, $P < 0,05$, $N=5$).

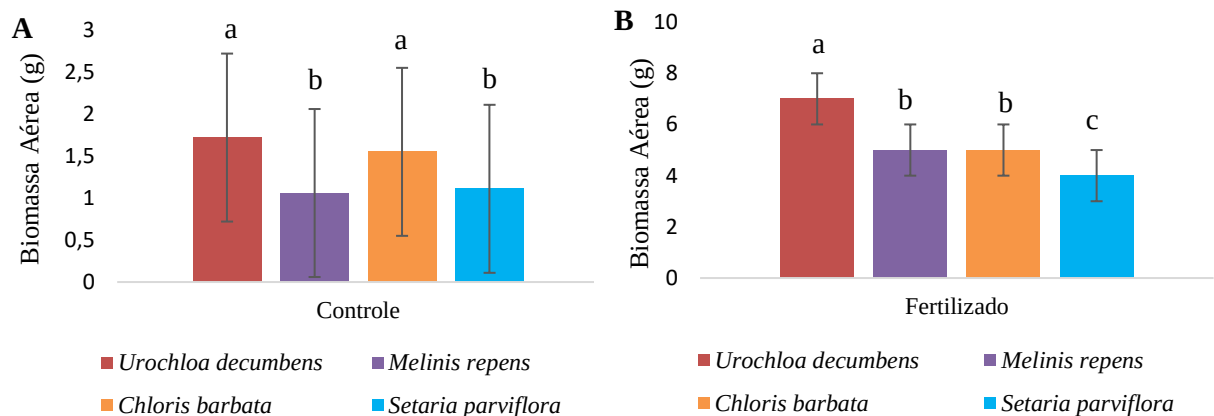


Fonte: Elaborado pela autora.

A. Número de perfilhos no tratamento controle. B. Número de perfilhos no tratamento fertilizado.

Quando fertilizadas com nitrogênio e fósforo, a invasora *U. decumbens* apresentou comportamento superior em relação a todas as outras espécies em termos de biomassa aérea (Figura 8). Em ambos os tratamentos, nenhuma das espécies obteve biomassa total superior à de *U. decumbens* (Figura 10).

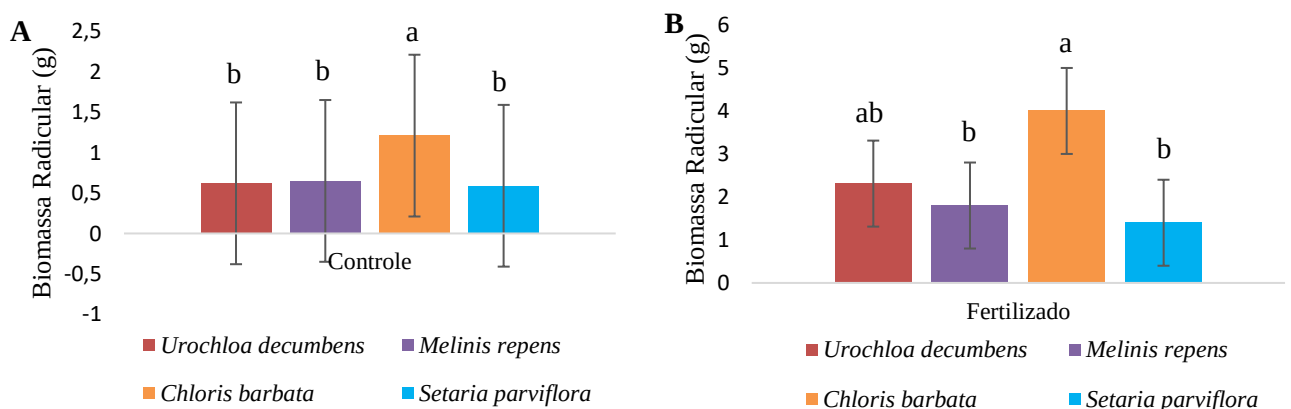
Figura 8 – Biomassa aérea (g) em espécies exóticas e nativas do Cerrado cultivadas em casa de vegetação em Ilha Solteira/SP. Dados apresentados consistem em médias e desvios-padrão e as diferenças entre as espécies são expressas por letras diferentes dentro do mesmo tratamento de fertilização (ANOVA+Tukey, $P<0,05$, $N=5$).



Fonte: Elaborado pela autora.

A. Biomassa aérea (g) no tratamento controle. B. Biomassa aérea (g) no tratamento fertilizado.

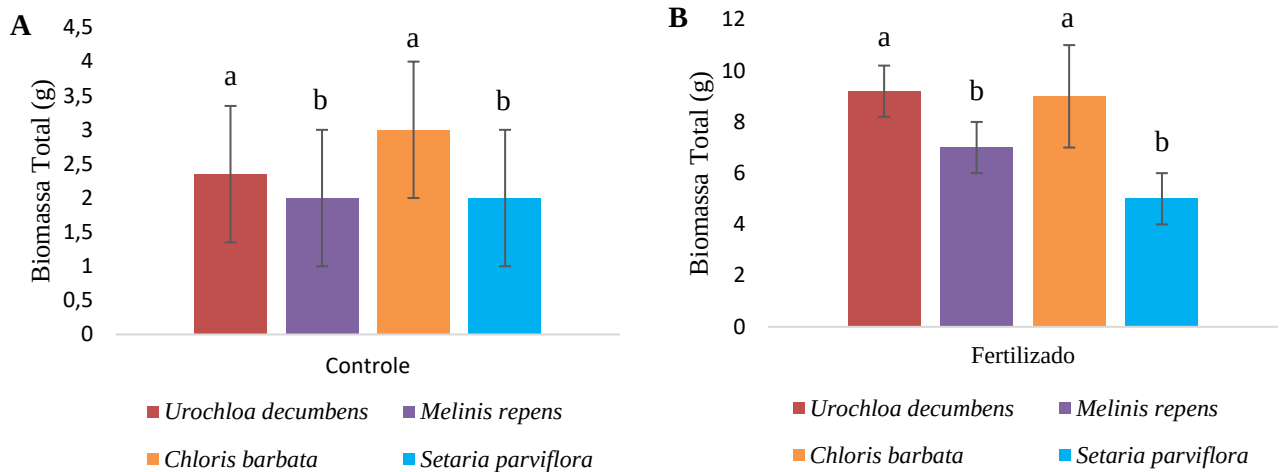
Figura 9 – Biomassa radicular (g) em espécies exóticas e nativas do Cerrado cultivadas em casa de vegetação em Ilha Solteira/SP. Dados apresentados consistem em médias e desvios-padrão e as diferenças entre as espécies são expressas por letras diferentes dentro do mesmo tratamento de fertilização (ANOVA+Tukey, $P<0,05$, $N=5$).



Fonte: Elaborado pela autora.

A. Biomassa radicular (g) no tratamento controle. B. Biomassa radicular (g) no tratamento fertilizado.

Figura 10 – Biomassa Total (g) em espécies exóticas e nativas do Cerrado cultivadas em casa de vegetação em Ilha Solteira/SP. Dados apresentados consistem em médias e desvios-padrão e as diferenças entre as espécies são expressas por letras diferentes dentro do mesmo tratamento de fertilização (ANOVA+Tukey, $P < 0,05$, $N = 5$).

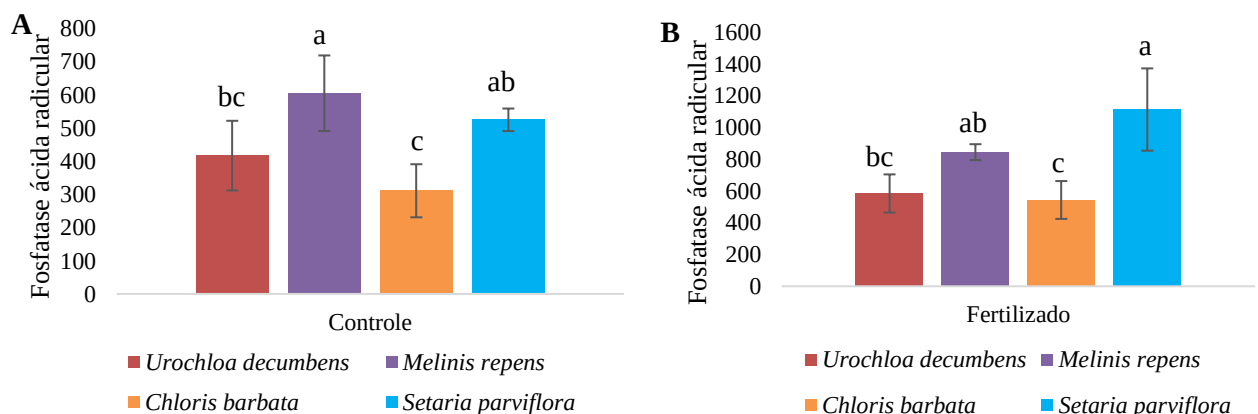


Fonte: Elaborado pela autora.

A. Biomassa total (g) no tratamento controle. B. Biomassa total (g) no tratamento fertilizado.

Os resultados da análise de atividade fosfatase ácida radicular explicitam taxas significativamente mais elevadas para a espécie naturalizada *Melinis repens* no tratamento sem fertilização e da nativa *Setaria parviflora* no tratamento com fertilização em relação à exótica invasora *U. decumbens* (Figura 11).

Figura 11 – Atividade de fosfatase ácida radicular (μmol de paranitrofenilfosfato.g.raiz⁻¹.h⁻¹) em espécies exóticas e nativas do Cerrado cultivadas em casa de vegetação em Ilha Solteira/SP. Dados apresentados consistem em médias e desvios-padrão e as diferenças entre as espécies são expressas por letras diferentes dentro do mesmo tratamento de fertilização (ANOVA+Tukey, $P < 0,05$, $N = 5$).

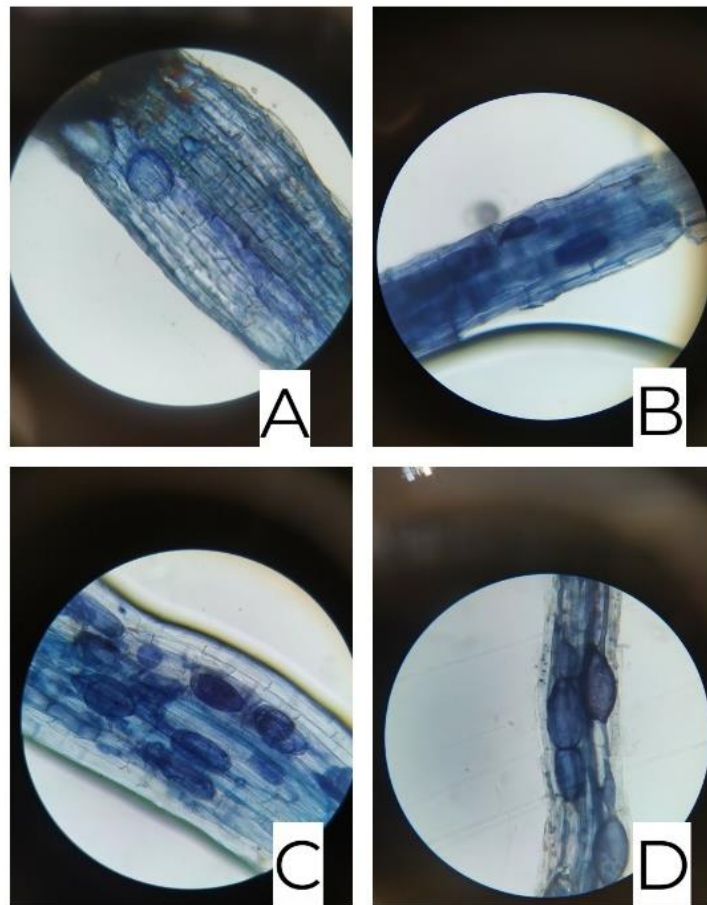


Fonte: Elaborado pela autora.

A. Atividade de fosfatase ácida radicular (μmol de paranitrofenilfosfato.g.raiz⁻¹.h⁻¹) no tratamento controle. B. Atividade de fosfatase ácida radicular (μmol de paranitrofenilfosfato.g.raiz⁻¹.h⁻¹) no tratamento fertilizado.

Apesar de apresentarem colonização micorrízica em ambos os tratamentos (Figura 12 e 13), estatisticamente não houve diferenças significativas nas taxas de colonização entre as espécies estudadas para nenhum dos tratamentos (Figura 14). Entretanto, durante a avaliação microscópica das raízes foi observada uma possível colonização de fungos endofíticos “dark septate” (FEDS) no tratamento fertilizado da espécie nativa *Setaria parviflora* e da naturalizada *Melinis repens* (Figura 15).

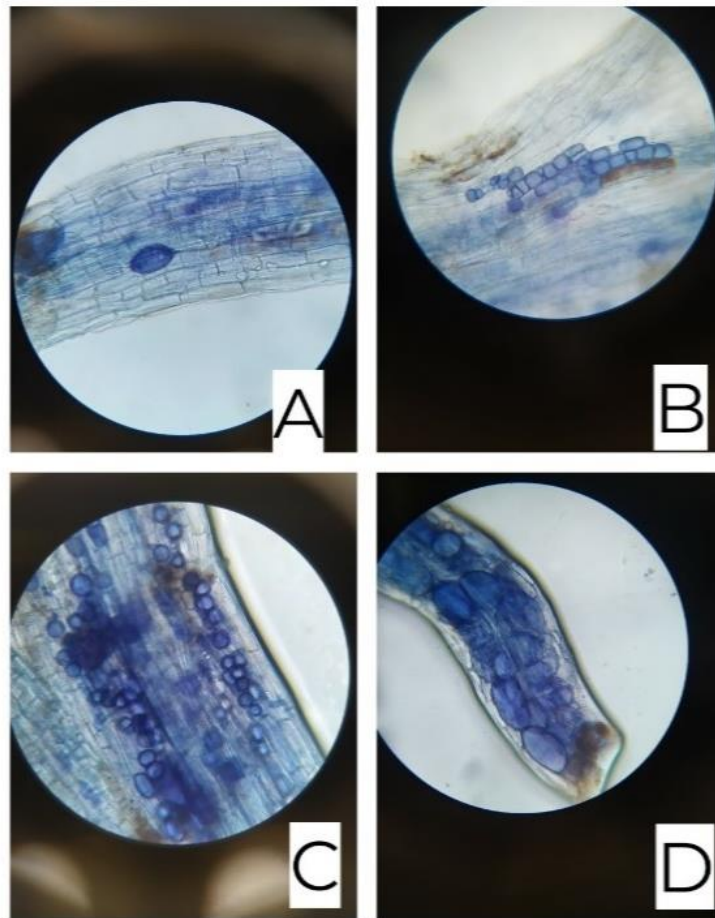
Figura 12 - Amostras radiculares tratamento de fertilização.



Fonte: Elaborada pela autora.

A. Presença de colonização micorrízica em raiz de *Urochloa decumbens* identificada pela coloração azul. **B.** Presença de colonização micorrízica e arbúsculos em raiz de *Melinis repens* identificada pela coloração azul; **C.** Presença de colonização micorrízica e arbúsculos em raiz de *Chloris barbata* identificada pela coloração azul; **D.** Presença de colonização micorrízica e arbúsculos em raiz de *Setaria parviflora* identificada pela coloração azul.

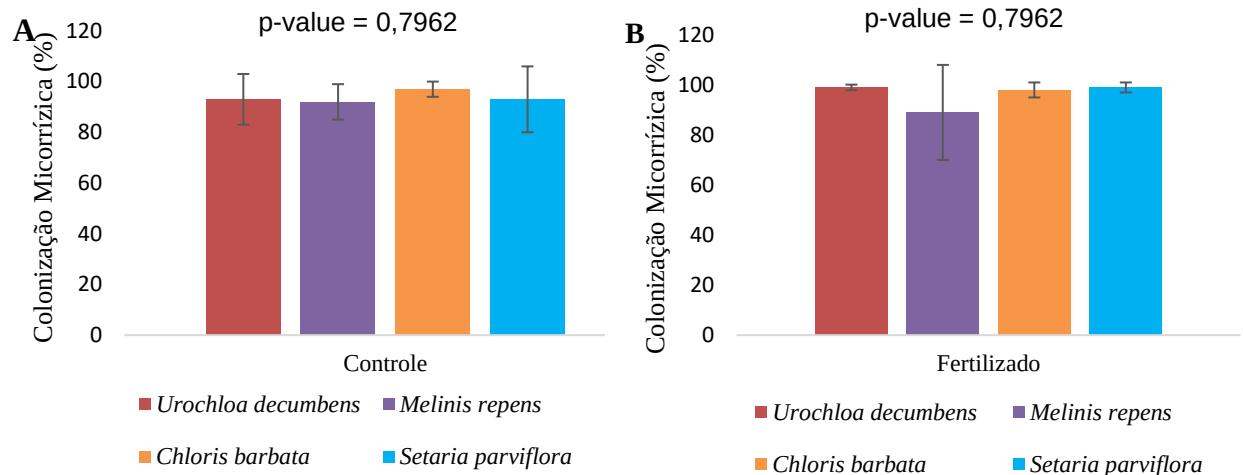
Figura 13 - Amostras radiculares tratamento controle.



Fonte: Elaborada pelo autora.

A. Presença de colonização micorrízica em raiz de *Urochloa decumbens* identificada pela coloração azul; **B.** Presença de colonização micorrízica e arbúsculos em raiz de *Melinis repens* identificada pela coloração azul; **C.** Presença de colonização micorrízica e arbúsculos em raiz de *Chloris barbata* identificada pela coloração azul; **D.** Presença de colonização micorrízica e arbúsculos em raiz de *Setaria parviflora* identificada pela coloração azul.

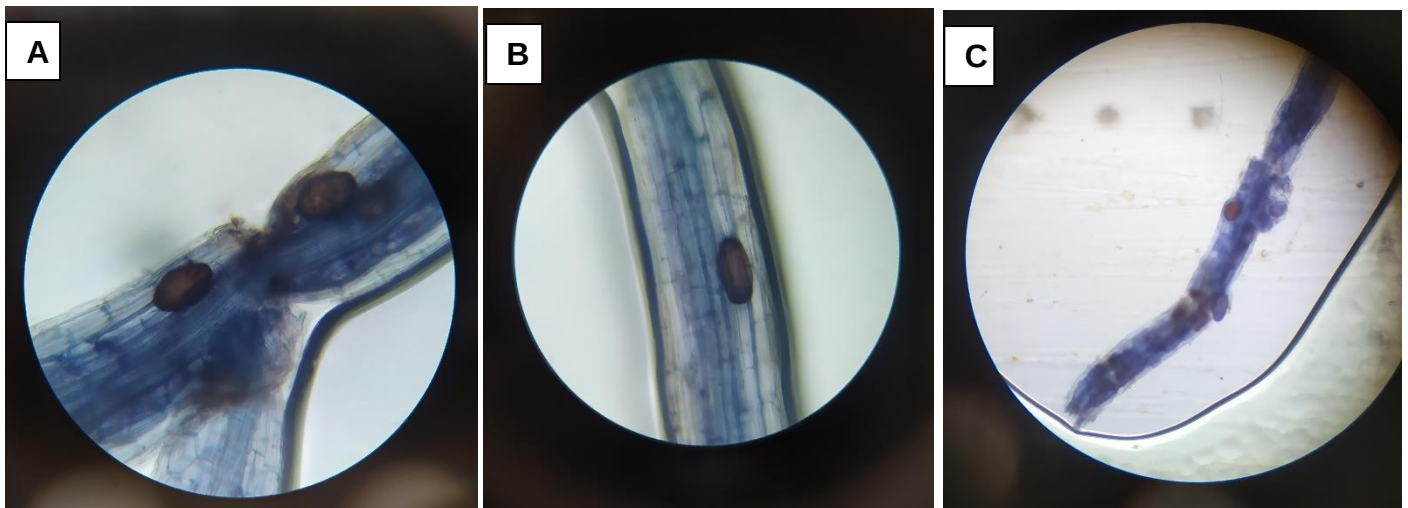
Figura 14 – Taxa de colonização micorrízica (%) em espécies exóticas e nativas do Cerrado cultivadas em casa de vegetação em Ilha Solteira/SP. Dados apresentados consistem em médias e desvios-padrão (não houve diferenças entre as espécies para colonização micorrízica).



Fonte: Elaborado pela autora.

A. Percentual de colonização micorrízica no tratamento controle. B. Percentual de colonização micorrízica no tratamento fertilizado.

Figura 15 – Possível presença de fungo endofítico *dark septate* (FEDS) em raízes no tratamento fertilizado.



Fonte: Elaborado pela autora.

A. Amostra de raiz da espécie *Setaria parviflora* B. Amostra de raiz da espécie *Setaria parviflora* C. Amostra de raiz da espécie *Melinis repens*.

5. DISCUSSÃO

Os resultados aqui apresentados demonstraram que quando fertilizadas com nitrogênio e fósforo, a invasora *U. decumbens* apresentou comportamento superior em relação a todas as outras espécies somente em termos de biomassa aérea e total, o que concorda com Lannes *et al.* (2016), quando observaram que *U. decumbens* aumenta significativamente a biomassa quando fertilizada com nitrogênio e fósforo em áreas naturais nos Cerrados do Planalto Central. *Urochloa decumbens* tem sido associada a diferentes impactos sobre os ecossistemas savânicos em todo o Brasil (Pivello, *et al.*, 1999a; Assis, 2017).

Possuem, ainda, alta capacidade de expansão vegetativa, formando densas camadas de folhas e ramos sobre o solo, que podem diminuir em até 99% a chegada de luz no solo e impedir os processos de germinação e recrutamento do banco de sementes de espécies nativas, e a regeneração natural de habitats (Freitas; Pivello, 2005 p. 235).

Os resultados da análise de atividade fosfatase ácida radicular em ambos os tratamentos explicitam taxas significativamente maiores da espécie nativa *Setaria parviflora* e da naturalizada *Melinis repens* em relação à exótica invasora *U. decumbens*, isso significa que *S. parviflora* e *M. repens* podem utilizar-se da enzima com mais eficiência para acessar fósforo orgânico presente no solo. A maioria dos solos do Cerrado são Latossolos e Argissolos altamente intemperizados (Lambers *et al.*, 2020). Os latossolos são fortemente ácidos com baixos teores de bases (Ca, Mg, K) e P disponível para as plantas (Haridasan, 1994). Devido à baixa disponibilidade desses nutrientes em solos de Cerrado, o aumento da concentração de sua concentração altera os processos biogeoquímicos e as interações entre solo e planta, que em longo prazo, pode levar a mudanças na composição de espécies (Jacobson, 2009). Segundo Lannes *et al.* (2016) as plantas exóticas que invadem o Cerrado são altamente responsivas ao suprimento de P mineral e com isso podem levar à extinção de espécies ameaçadas (Lannes *et al.*, 2012), indicando que o enriquecimento por fósforo (P) representa uma ameaça particular para as comunidades de plantas do Cerrado, uma vez que *U. decumbens* apresenta grande capacidade em explorar as plantas nativas do Cerrado, utilizando o fósforo disponibilizado por elas para invadir áreas naturais no bioma (Lannes *et al.*, 2020).

Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos biotróficos obrigatórios que estabelecem relação simbiótica mutualista com raízes de angiospermas, gimnospermas, além de alguns representantes das briófitas e

pteridófitas (Souza *et al.*, 2010; Carneiro *et al.*, 2012). Os FMA desempenham funções essenciais nos ecossistemas, propiciando as plantas o aumento da absorção de água e nutrientes e protegendo-as contra estresses químicos, físicos e biológicos como o ataque de patógenos e estresse hídrico (Augé, 2001; Berbara; Souza; Fonseca, 2006). Além disso, também atuam aumentando a atividade de enzimas, como por exemplo, a fosfatase ácida (Augé, 2001; Hoffmann; Lucena, 2006).

Segundo Souza *et al.* (2010), grande atenção tem sido dada a esses microrganismos devido ao seu papel na aquisição de nutrientes pelas plantas, principalmente, o fósforo (P), considerado o nutriente mais limitante na produção agrícola nos trópicos. Entretanto, os resultados deste trabalho não evidenciaram diferenças significativas nas taxas de colonização micorrízica entre as espécies estudadas, isso pode ter ocorrido devido alguns motivos, como a preparação prévia do solo ou pela disponibilidade de P no solo já que a colonização de FMA tem uma tendência a diminuir com o aumento do nível de P no solo (Sultana; Siddique, 2015), ou até mesmo pela ausência de competição, dado que as espécies se encontravam em mesocosmos distintos, ou seja, não havia outros organismos para competir pelos nutrientes que estariam disponíveis uma vez que uma das principais funções atribuídas ao FMA é o fornecimento de fósforo a planta hospedeira (Augé, 2001; Hoffmann; Lucena, 2006; Miranda, 2008). Em campo, Leite *et al.* (2019) observaram que a gramínea invasora *U. decumbens* apresenta taxas de colonização micorrízica significativamente maiores do que as plantas nativas em áreas degradadas.

Durante as análises de colonização micorrízica, foi detectada uma possível presença de fungos endofíticos “*Dark Septate*” (FEDS). Os FEDS em sua maioria são ascomicetos pertencentes a ordem Helotiales e são caracterizados por apresentarem pigmentação escura, hifas septadas e microesclerodios (Newsham, 2011; Jumpponen & Trappe, 1998). Os FEDS já foram registrados nas raízes de aproximadamente 600 espécies de plantas representando 320 gêneros (Jumpponen & Trappe, 1998). A literatura vem mostrando que os fungos endofíticos *dark septate* podem atuar na promoção do crescimento vegetal, principalmente por facilitarem a absorção de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio (Torres Júnior, 2014). Entretanto, até o momento, não se chegou a um acordo acerca dos efeitos no desenvolvimento das plantas e em seu estado nutricional (Newsham, 2011). Segundo Jumpponen, 2001, embora já existam evidências que demonstrem que os FEDS podem atuar no crescimento de plantas em condições controladas como culturas in

vitro, há também evidências que apontam que esses fungos podem apresentar efeitos neutros ou negativos sob os organismos.

Em relação às variáveis de altura (cm) e número de perfilhos, os resultados demonstraram, que na ausência de fertilização as espécies nativas *Setaria parviflora* e *Chloris barbata* demonstraram diferenças significativamente maiores em relação a exótica *U. decumbens*. Isso sugere que o aumento na altura e número de perfilhos por touceiras provavelmente fornece um aumento na cobertura e no incremento de biomassa (Saraiva *et al.*, 2020), o que seria favorável a recuperação de áreas degradadas uma vez que o incremento da biomassa dessas espécies auxiliaria na cobertura do solo, protegendo-o das ações intempéries de maneira eficaz.

Em termos de variável biomassa radicular os resultados desse trabalho demonstram destaque da gramínea nativa *Chloris barbata*. Sabe-se que gramíneas possuem sistema radicular denso na camada subsuperficial do solo, o que lhe confere estabilidade (Saraiva *et al.*, 2020). Devido a constante absorção de água, renovação do sistema radicular e juntamente com a atividade microbiana auxiliam na aproximação das partículas do solo originando agregados de solo e promovendo sua estabilização (Silva; Mielniczuk, 1997).

Os resultados dessa pesquisa sugerem que gramíneas nativas e naturalizadas não invasoras apresentam potencialidades na substituição de *U. decumbens*, entretanto, entende-se que estudos de campo se fazem necessários para elucidar as influências e o comportamento das gramíneas nativas e exóticas no ambiente natural, posto que a braquiária apresenta comportamento agressivo em detrimento das espécies nativas devido a sua alta capacidade vegetativa (Freitas; Pivello, 2005), influencia deslocamento espécies nativas alterando as condições de solo, microclima, regimes de fogo e / ou água e recursos alimentares (Pivello *et al.*, 1999a; Lannes *et al.*, 2012) sendo capazes de invadir extensivamente áreas naturais e perturbadas (Pivello *et al.*, 1999b).

Dessa forma, conhecer as potencialidades que as gramíneas nativas e naturalizadas apresentam para substituição de espécies exóticas invasoras, como *U. decumbens* em áreas campestres perturbadas se faz de suma importância para que possa ser possível traçar estratégias para o manejo e a recuperação dessas áreas de forma a conservar da melhor maneira possível as características do bioma e do ecossistema local.

6. CONCLUSÃO

A hipótese inicial do presente trabalho foi considerada parcialmente aceita, uma vez que as gramíneas nativas e naturalizadas apresentaram resultados superiores a *U. decumbens* em alguns dos parâmetros analisados. Entretanto, ainda que os resultados dessa pesquisa apontem potencialidades na utilização de gramíneas nativas e naturalizadas na substituição de *U. decumbens* em projetos de recuperação de áreas degradadas no Cerrado, se faz necessário a aplicação de estudos em campo, a fim de obter mais informações no que se diz respeito ao comportamento das espécies entre si (fatores bióticos) e com o meio (fatores abióticos).

REFERÊNCIAS

- ASSIS, G. B. de. **Invasão do campo cerrado por braquiária (*Urochloa decumbens*): perdas de diversidade e técnicas de restauração**. 132 f. 2017. Tese 57 (doutorado) – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2017.
- AUGÉ, R. M. Water relations drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Mycorrhiza**, v. 11, n. 1, p. 3-42, 2001.
- BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A. de; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, p. 53-88, 2006.
- BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MARCHINI, D. C.; ARRUDA, O. G. Produção de braquiária em área degradada em recuperação utilizando lodo de esgoto e adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 4, n. 3, p.166–174, 2010.
- BRASIL. Decreto n. 97.632, de 10 abril de 1989. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 abr. 1989, Seção 1, p. 5517.
- BRASIL. Plantas para o Futuro. Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente (2020a). Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/conservacao-e-promocao-do-uso-da-diversidade-genetica/plantas-para-o-futuro.html>. Acesso em 30 de abr. de 2020.
- BRASIL. O Bioma Cerrado. Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente (2020b). Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em 30 de abr. de 2020.
- CARNEIRO, R. F. V.; CARDOZO JÚNIOR, F. M.; PEREIRA, L. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SILVA, G. A. Fungos micorrízicos arbusculares como indicadores da recuperação de áreas degradadas no nordeste do Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 648–657, 2012.
- CAVA, M. G. de B.; ISERNHAGEN, I.; MENDONÇA, A. H. de; DURIGAN, G. Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas. **Hoehnea**, v. 43, n. 2, p. 301-315, 2016.
- CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Degradação neutra de terra: o que significa para o Brasil? Brasília, p. 28, 2016.
- DIAS, R. M.; VARGAS, P. F. Levantamento dos principais aspectos relacionados à recuperação de áreas degradadas no bioma Cerrado. **MG.Biota: Boletim Técnico Científico da Diretoria de Biodiversidade do IEF**. Belo Horizonte, 2010, v. 3, n. 3, p. 30-49, 2010.
- DURIGAN, G.; CONTIERI, W. A.; FRANCO, G. A. D. C.; GARRIDO, M. A. O. Indução do processo de regeneração da vegetação de cerrado em área de pastagem. **Acta Botânica Brasílica**, Assis, v. 12, n. 3, p. 421-429, 1998. 36

FERREIRA, L. V.; PAROLIN, P.; MATOS, D. C. L.; CUNHA, D.A.; CHAVES, P. P.; NECKEL, S. O. The effect of exotic grass *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster (Poaceae) in the reduction of species richness and change of floristic composition of natural regeneration in the Floresta Nacional de Carajás, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, n. 1, p. 589–597, 2016.

FERREIRA, L.; VIÑALES, M. B.; LOPES E SILVA, L.; LANNES, L. S. Effects of animal manure upon growth of Cerrado plants. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n. 4, p. 81-88, 2020.

FILARDI, F. L. R. et al. Brazilian Flora 2020: innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). **Rodriguésia**, v. 69 n. 4, p. 1513–1527, 2018.

FILIPPO, D. C. de; RIBEIRO, K. Envolvimento comunitário no controle de uma planta exótica invasora na Serra do Cipó, Minas Gerais. **Biodiversidade Brasileira**, v. 4, n. 1, p. 179-198, 2014.

FREITAS, G. K. de.; PIVELLO, V. R. A ameaça das gramíneas exóticas à biodiversidade. O cerrado Pé-de-Gigante: ecologia e conservação - Parque Estadual de Vassununga. Tradução. São Paulo: SMA, 2005.

GUIMARÃES, R. J. Grande Sertão: Veredas. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

HARIDASAN, M. Solos do Distrito Federal. In: Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas – o caso do Distrito Federal. 2ª ed. Editora Universidade de Brasília/SEMATEC, Brasília, p. 321-344, 1994.

HASELWOOD, E. L.; MOTTER, G. G. Handbook of Hawaiian weeds. 2. ed. Hawaii: Smithsonian Libraries, p. 495, 1966. Disponível em: <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/24944417-4bd0-446e-8686-0dbc7c522cbf/content>. Acesso em: 14 ago. 2023

HOFFMANN, L. V.; LUCENA, V. S. **Para entender micorrizas arbusculares**. Campina Grande: Embrapa Algodão, n. 156, 22 p. 2006.

JACOBSON, T. K. B. **Composição, estrutura e funcionamento de um cerrado sentido restrito submetido à adição de nutrientes em médio prazo**. 193 f. 2009. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

JUMPPONEN, A. Dark septate endophytes - are they mycorrhizal? **Mycorrhiza**, v. 11, n. 4, p. 207-211, 2001.

JUMPPONEN, A.; TRAPPE, J. M. Dark septate endophytes: a review of facultative biotrophic root-colonizing fungi. **New Phytologist**, v. 140, n. 2, p. 295-310, 1998.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, p. 147–155, 2005.

LAMBERS, H.; COSTA, P.B.D.; OLIVEIRA, R.S.; SILVEIRA, F.A.O. Towards more sustainable cropping systems: lessons from native Cerrado species. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**. v. 32, n. 3, p. 175–194, 2020.

LANNES, L. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; EDWARDS, P. J.; OLDE VENTERINK, H. Alien and endangered plants in the Brazilian Cerrado exhibit contrasting relationships with vegetation biomass and N: P stoichiometry. **New Phytologist**, v. 196, n. 3, p. 816–823, 2012.

LANNES, L.S.; BUSTAMANTE, M.M.C.; EDWARDS, P.J.; OLDE VENTERINK, H. Native and alien herbaceous plants in the Brazilian Cerrado are (co-)limited by different nutrients. **Plant and Soil**, v. 400, n.1-2, p. 231-243, 2016.

LANNES, L. S.; KARRER, S.; TEODORO, D. A. A.; BUSTAMANTE, M. M. C.; EDWARDS, P. J.; OLDE VENTERINK, H. Species richness both impedes and promotes alien plant invasions in the brazilian cerrado. **Scientific reports**, v.10, n. 1, p. 11365, 2020.

LEITE, M. R.; CASSIOLATO, A. M. R.; LANNES, L. S. Urochloa decumbens Has Higher Mycorrhizal Colonization in Degraded than in Pristine Areas in the Brazilian Cerrado. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 4, 2019.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: 2º Simpósio sobre Ecossistema de pastagens. Jaboticabal, p. 216-245, 1993.

MIRANDA, J. C. C. de. **Cerrado: micorriza arbuscular: ocorrência e manejo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 169 p, 2008.

MATOS, D. M. S.; PIVELLO, V. R.; O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres: alguns casos brasileiros. **Ciência e Cultura**. v. 61, n. 1, p. 27-30, 2009

MOREIRA, H. J. da C.; BRAGANÇA, H. B. N. Manual de Identificação de Plantas Infestantes: cultivos de verão. Campinas, 326 p, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355291/12492345/Manual+de+Identifica%C3%A7%C3%A3o+de+Plantas+Infestantes++Cultivos+de+Ver%C3%A3o+2b542acc-89ef-4322-b495-188ca5b40564?version=1.0>. Acesso em: 26 abr. 2023.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. B. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–858, 2000.

NAVAS, R.; PEREIRA, M. R. R. Efeito alelopático de Raphanus sativus em Urochloa decumbens e Lactuca sativa. **Revista Agro@Mambiente On-Line**, v. 10, n. 3, p. 228, Universidade Federal de Roraima, 2016.

NEWSHAM, K.K. A meta-analysis of plant responses to dark septate root endophytes. **New Phytologist**, v. 190, n. 3, p. 783-793, 2011.

OLDE VENTERINK, H. Legumes have a higher root phosphatase activity than other forbs, particularly under low inorganic P and N supply. **Plant Soil**, v. 347, p. 137–146, 2011.

PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. Qualitative successional model to assist in the management of brazilian cerrados. **Forest Ecology and Management**, v. 87, p. 127-138, 1996.

PIVELLO V. R.; SHIDA, C. N.; MEIRELLES, S. T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the Biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 8 n. 9, p. 1281—294, 1999a.

PIVELLO V. R.; CARVALHO, V. M. C.; LOPES, P. F.; PECCININI, A. A.; ROSSO, S. Abundance and Distribution of Native and Alien Grasses in a “Cerrado” (Brazilian Savanna) Biological Reserve. **Biotropica**, v. 31, p. 71–82, 1999b.

PÖRTNER, H. O.; SCHOLE, R. J.; AGARD, J.; ARCHER, E.; ARNETH, A.; BAI, X.; BARNES, D.; BURROWS, M.; CHAN, L.; CHEUNG, W. L.; DIAMOND, S.; DONATTI, C.; DUARTE, C.; EISENHAUER, N.; FODEN, W.; GASALLA, M. A.; HANDA, C.; HICKLER, T.; HOEGH-GULDBERG, O.; ICHII, K.; JACOB, U.; INSAROV, G.; KIESSLING, W.; LEADLEY, P.; LEEMANS, R.; LEVIN, L.; LIM, M.; MAHARAJ, S.; MANAGI, S.; MARQUET, P. A.; MCELWEE, P.; MIDGLEY, G.; OBERDORFF, T.; OBURA, D.; OSMAN, E.; PANDIT, R.; PASCUAL, U.; PIRES, A. P. F.; POPP, A.; REYES-GARCÍA, V.; SANKARAN, M.; SETTELE, J.; SHIN, Y. J.; SINTAYEHU, D. W.; SMITH, P.; STEINER, N.; STRASSBURG, B.; SUKUMAR, R.; TRISOS, C.; VAL, A. L.; WU, J.; ALDRIAN, E.; PARMESAN, C.; PICHES-MADRUGA, R.; ROBERTS, D. C.; ROGERS, A. D.; DÍAZ, S.; FISCHER, M.; HASHIMOTO, S.; LAVOREL, S.; WU, N.; NGO, H. T. IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change; IPBES and IPCC, 2021.

RICHARDSON, D.M.; PYSEK P. Naturalization of introduced plants: ecological drivers of biogeographical patterns. **New Phytologist**, v. 196, n. 2, p.383–396, 2012.

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 73–80, 2007.

SARAIVA, D. F.; BOTELHO, S. A.; PAULA, C. C.; VINÍCIUS-SILVA, R.; MORAIS, P. J.; MELO, L. A. Gramíneas nativas potenciais para revegetação de áreas degradadas, a partir da avaliação de topsoil de Campo Rupestre Ferruginoso. **Hoehnea**, v. 47, 2020.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.21, n. 2, p.113-117, 1997.

SILVEIRA, E. R.; MELO, A. C. G.; CONTIÉRI, W. A.; DURIGAN, G. Controle de gramíneas exóticas em plantio de restauração do Cerrado. Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas. **Páginas e Letras**, v. 1. p. 5-7, 2013.

SOUZA, F. A.; STUMER, S. L.; CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil. Lavras, p. 15-73, 2010.

STOKES, C. A.; MACDONALD, G. E.; ADAMS, C. R.; LANGELAND, K. A.; MILLER, D. L. Seed biology and ecology of natalgrass (*Melinis repens*). **Weed Sci**, v. 59, p. 527–32, 2011.

SULTANA, J.; SIDDIQUE, M. N. A. Quantifying the role of arbuscular mycorrhizal colonization and acid phosphatase activity in grass biomass production. **Journal Of Molecular Studies And Medicine Research**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2015.

TAMBOSI, L. R.; BARBOSA, E. G. Uso de modelos de nicho ecológico, gerados em escala local, para identificação de áreas suscetíveis à invasão de gramíneas africanas em uma reserva de cerrado do estado de São Paulo. In: XIV Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. **Anais eletrônicos [...]** Natal: INPE, p. 3111-3118, 2009.

TORRES JÚNIOR, C. V. **Influência dos fungos dark septate sobre absorção de nutrientes e crescimento de plantas de arroz e tomate**. 90 f. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

VIERHEILIG, H.; COUGHLAN, A. P.; WYSS, U.; PICHÉ, Y. Ink and vinager, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 64, n. 12, p. 5004–5007, 1998.

WWF BRASIL. Quebra cabeça do uso da terra no Brasil. 2017. Disponível em <https://www.wwf.org.br/?61382/Quebra-cabea-do-uso-da-terra-no-Brasil> Acesso em: 25 jan. 2022.