

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

QUALIDADE DE SEMENTES, CRESCIMENTO E BIOMASSA DE
GRAMÍNEAS NATIVAS DO CERRADO.

LIGIANE FERNANDES FERREIRA BESSA

ORIENTADOR: ALDICIR OSNI SCARIOT

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

PUBLICAÇÃO: {NÚMERO DA DISSERTAÇÃO}

BRASÍLIA / DF: 11 / 2024

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

QUALIDADE DE SEMENTES, CRESCIMENTO E BIOMASSA DE
GRAMÍNEAS NATIVAS DO CERRADO.

LIGIANE FERNANDES FERREIRA BESSA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

ALDICIR SCARIOT, titulação (Ph.D., Biological Sciences, University of California, Santa Barbara, 1996). (Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen)). (ORIENTADOR)

ERALDO APARECIDO TRONDOLI MATRICARDI, titulação (Ph.D, Geography, Michigan State University, 2007). (EXAMINADOR INTERNO)

SUELMA RIBEIRO SILVA, titulação (Doutorado, Ecologia, Universidade de Brasília, 2007) (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio). (EXAMINADOR EXTERNO)

(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, DIA do MÊS de ANO.

FICHA CATALOGRÁFICA.

BESSA, LIGIANE FERNANDES FERREIRA

Qualidade de Sementes, Crescimento e Biomassa de Gramíneas Nativas do Cerrado
[Distrito Federal] 2024

xii, 142 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Ciências Florestais, 1990)

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Conservação da natureza

2. Restauração da natureza

3. Cerrado

4. Sistema silvipastoril

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Ligiane Fernandes Ferreira Bessa.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Qualidade de Sementes, Crescimento e Biomassa de Gramíneas Nativas do Cerrado.

GRAU / ANO: Mestre / 2024

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir a dissertação de mestrado e para emprestar ou vender somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Ligiane Fernandes Ferreira Bessa.

Endereço Permanente: CEP:

70.775-520 - Cidade/UF:

Brasília-DF País.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores e técnicos responsáveis pelos laboratórios da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), por permitirem o uso dos equipamentos e auxiliarem nas análises laboratoriais.

A pesquisadora Dulce Alves, que foi fundamental na minha pesquisa, que me ensinou sobre qualidade da semente de gramíneas.

Ao orientador Aldicir Osni Scariot por ter me apoiado em todas as etapas do trabalho e de todo o ensinamento no decorrer do mestrado.

A todos os funcionários e colaboradores do PBE (Prédio de Botânica e Ecologia), que fizeram parte do desenvolvimento deste projeto.

As colegas e amigos que fiz na Embrapa, que foram fundamentais, principalmente Maximiliano, que me ajudou com várias dicas na estruturação do projeto.

A Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF) e ao projeto EcoSiPas por financiarem pesquisa, insumos para campo e análises de laboratório.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de pesquisa do mestrado durante dois anos pela Universidade de Brasília – UnB.

RESUMO

Gramíneas nativas são fundamentais nas savanas, atuando no recobrimento do solo, controle da erosão e fornecimento de alimentos à fauna nativa e doméstica. Mesmo com grande riqueza de espécies de gramíneas no Cerrado, o conhecimento ainda é limitado face à importância desse grupo botânico para o bioma. Para ampliar o conhecimento sobre essas plantas, foram investigadas a ecologia da germinação e o crescimento de 14 espécies de gramíneas nativas do bioma Cerrado, em laboratório e casa de vegetação. As espécies foram escolhidas de acordo com a disponibilidade de sementes, período da coleta e tempo decorrido desde a coleta (*Andropogon bicornis*, *Andropogon fastigiatus*, *Andropogon leucostochyus*, *Andropogon virgatus*, *Aristida gibbosa*, *Aristida riparia*, *Aristida setifolia*, *Echinolaena inflexa*, *Gymnopogon foliosus*, *Loudetiopsis chrysosthris*, *Paspalum stellatum*, *Rhynchospora speciosa*, *Schizachyrium sanguineum* e *Trachysopon spicatus*). Foram estudadas a qualidade de sementes, germinação, crescimento em altura e a biomassa, visando identificar características desejáveis para a utilização em restauração e sistemas silvipastoris. Os resultados indicam taxas de germinação acima de 25% para a maioria das espécies, sendo que algumas espécies têm índices de viabilidade das sementes nulos ou quase nulos, provavelmente devido à baixa ou nula qualidade das sementes. A adição de matéria orgânica ao substrato (2,5% e 5,0%) teve efeitos diferenciados na germinação, altura e biomassa das plantas. Os resultados sugerem que embora a matéria orgânica adicionada ao substrato possa contribuir para o crescimento em altura, as concentrações utilizadas podem não ter sido suficientes para promover diferenças significativas em algumas espécies. As taxas de germinação, crescimento em altura e acúmulo de biomassa (raízes e parte aérea) podem ser usadas para selecionar, dentre as espécies estudadas, aquelas que atendam as particularidades desejadas em iniciativas de restauração e sistemas silvipastoris no Cerrado.

Palavras-chave: sistema silvipastoris, ecologia de sementes, restauração, Cerrado.

ABSTRACT

Native grasses are essential in savannas, as they help to recover the soil, control erosion, and provide food for native and domestic fauna. Despite the great grass species richness in the Cerrado, knowledge is still limited given the importance of this botanical group to the biome. To expand our understanding of these plants, we investigated the germination ecology and growth of 14 grass species native to the Cerrado biome in the laboratory and greenhouse. The species were chosen according to seed availability, time of seed harvest and time since harvest (*Andropogon bicornis*, *Andropogon fastigiatus*, *Andropogon leucostochyus*, *Andropogon virgatus*, *Aristida gibbosa*, *Aristida riparia*, *Aristida setifolia*, *Echinolaena inflexa*, *Gymnopogon foliosus*, *Loudetiopsis chrysosthris*, *Paspalum stellatum*, *Rhynchospora speciosa*, *Schizachyrium sanguineum* and *Trachysopon spicatus*). Seed quality, germination, height growth and biomass were studied to identify desirable characteristics for restoration and silvopastoral systems. The results indicate germination rates above 25% for most species, with some species having zero or almost zero seed viability rates, probably due to low or null seed quality. Adding organic matter to the substrate (2.5% and 5.0%) had different effects on germination, plant height and biomass. The results suggest that although organic matter can contribute to height growth, the concentrations used may not have been sufficient to promote significant differences in some species. Germination, growth in height and biomass (roots and aerial part) can be used to select, among the species studied, those that meet the particularities aimed at restoration initiatives and silvopastoral systems in Cerrado.

Keywords: silvopastoral system, seed ecology, restoration, Cerrado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS.....	9
2.1. GERAL.....	9
2.2. ESPECÍFICOS	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
3.1. ÁREA DE ESTUDO	10
3.5. QUALIDADE DAS SEMENTES	12
3.5.1. PUREZA E GERMINAÇÃO DAS SEMENTES	12
3.5.2. GERMINAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E BIOMASSA DAS PLANTAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	13
3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	13
4. RESULTADOS	14
4.1. PUREZA E GERMINAÇÃO DAS SEMENTES	14
4.2. GERMINAÇÃO, ALTURA E BIOMASSA DAS GRAMÍNEAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	18
4.2.1. GERMINAÇÃO	18
4.2.2. ALTURA.....	21
4.2.3. BIOMASSA	26
4.2.3.1. BIOMASSA AÉREA	31
4.2.3.2. BIOMASSA RADICULAR	33
4.2.3.3. BIOMASSA TOTAL	35
5. DISCUSSÃO.....	37
6. CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS	41

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela1–Espécies de gramíneas analisadas.....	11
Tabela 2: Porcentagem de germinação de 11 espécies de gramíneas nativas no Cerrado no claro.....	16
Tabela 3: Percentagens de germinação no escuro das oito espécies de gramíneas nativas no Cerrado.....	17
Tabela 4: Altura média e crescimento médio das plantas de espécies de gramíneas nativas do Cerrado estimados pelo modelo GAM (modelo aditivo linear generalizado)	26
Tabela 5: Biomassa total de 10 espécies nativas de gramíneas do Cerrado sob três níveis de adubação orgânica em casa de vegetação.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sementes / plântulas após 13 dias em câmara BOD (30°C e 12 h de fotoperíodo): (A. <i>Andropogon virgatus</i> ; B. <i>Andropogon fastigiatus</i> ; C. <i>Andropogon leucostochyus</i> ; D. <i>Aristida gibbosa</i> ; E. <i>Aristida riparia</i> ; F. <i>Aristida setifolia</i> ; G. <i>Gymnopogon foliosus</i> ; H. <i>Loudetiopsis chrysosthris</i> ; I. <i>Paspalum stellatum</i> ; J. <i>Schizachyrium sanguineum</i> e L. <i>Trachysopon spicatus</i>) -----	15
Figura 2: Germinação de 11 espécies de gramíneas nativas do Cerrado em condições de laboratório com fotoperíodo de 12 horas (claro).....	17
Figura 3: Fotos das partes aéreas e radiculares das plantas após 120 dias em casa de vegetação.....	30
Figura 4. Germinação em laboratório e casa de vegetação, de sete espécies de gramíneas nativas do bioma Cerrado: Tratamentos: (laboratório no claro (roxo), laboratório no escuro (verde), casa de vegetação (azul) (trat 0%), casa de vegetação (laranja) (trat 2.5%), casa de vegetação (marrom) (trat 5%). A linha vertical indica o erro padrão, a caixa compreende os dados dos quartis um a três, e o ponto vermelho representa a média.....	20
Figura 5: Crescimento em altura das gramíneas nativas do Cerrado <i>Andropogon fastigiatus</i> , <i>Aristida gibbosa</i> ; <i>Aristida setifolia</i> ; <i>Echinolaena infelxa</i> ; <i>Gymnopogon foliosus</i> ; <i>Loudetiopsis chyrsothrix</i> ; <i>Paspalum stellatum</i> ; <i>Schizachyrium sanguineum</i> e <i>Trachypogon spicatus</i> em três substratos (0%, 2,5% e 5,0% de matéria orgânica) em casa de vegetação. Os dados originais são representados pelos pontos e o modelo GAM (modelo aditivo linear generalizado) pela linha contínua.....	25
Figura 6: Valor da diferença entre as médias e seus respectivos IC 95% (linhas horizontais) na comparação entre o efeito potencial dos tratamentos (adição de 0%, 2,5% e 5,0% de matéria orgânica ao substrato em casa de vegetação) na biomassa aérea pelo teste de comparação múltipla de Tukey (5%). Intervalo de confiança que não contenha 0 (linha vertical tracejada) fornece evidências de diferença entre os tratamentos.....	33
Figura 7: Valor da diferença entre as médias e seus respectivos IC 95% (linhas horizontais) na comparação entre o efeito potencial dos tratamentos (adição de 0%, 2,5% e 5,0% de matéria orgânica ao substrato em casa de vegetação) na biomassa radicular pelo teste de comparação múltipla de Tukey (5%). Intervalo de confiança que não contenha 0 (linha vertical tracejada) fornece evidências de diferença entre os tratamentos.....	35
Figura 8: Valor da diferença entre as médias e seus respectivos IC 95% (linhas horizontais) na comparação entre o efeito potencial dos tratamentos (adição de 0%, 2,5% e 5,0% de matéria orgânica ao substrato em casa de vegetação) na biomassa total pelo teste de comparação múltipla de Tukey (5%). Intervalo de confiança que não contenha 0 (linha vertical tracejada) fornece evidências de diferença entre os tratamentos.....	37
Figura 9: Germinação acumulada de 11 espécies de gramíneas nativas do Cerrado ao longo de 12 dias em condições de laboratório. (Anexo).....	46

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o bioma Cerrado, cobre aproximadamente 22% da área do país, sendo caracterizado por uma alta biodiversidade, que está ameaçada pela expansão do agronegócio (EITEN 1972; MYERS et al. 2000; LAHSEN et al.). Essas gramíneas nativas são fundamentais para a manutenção da biodiversidade e funcionamento dos ecossistemas nesse bioma, e junto com outras herbáceas de campos savanas do Cerrado representam mais de 50% da riqueza espécies e são chave para caracterizar e manter o funcionamento das fisionomias do Cerrado (SCHOLLES & ARCHER, 1997, AMARAL et al. 2017).

Gramíneas possuem adaptações morfológicas e fisiológicas que lhes permitem prosperar em condições de estresse hídrico e temperatura típicas do Cerrado. Além disso, as gramíneas desempenham um papel essencial na prevenção da erosão do solo e na conservação da água, contribuindo para a resiliência dos ecossistemas frente às mudanças climáticas e à pressão antropogênica (SILVA, J. M., SOUZA, M. C., & OLIVEIRA, L. R. 2013). Devido essa importância para o bioma, há necessidade de se desenvolver técnicas próprias para as vegetações savânicas e campestres (SAMPAIO et al., 2015) e outros ecossistemas gramíneos em variadas condições ambientais (PELLIZZARO, 2016; PELLIZZARO et al., 2017; SAMPAIO et al., 2015; VELDMAN et al., 2017). Estudos recentes têm destacado o potencial de algumas gramíneas para uso em práticas de restauração ecológica, sistemas agroflorestais e pastagens sustentáveis, devido à sua resistência à seca, capacidade de fixação de nitrogênio e valor nutritivo para o gado. No entanto, apesar de seu potencial, ainda há desafios a serem enfrentados na conservação e manejo sustentável dessas espécies, tais como a falta de conhecimento sobre sua ecologia e distribuição (BIZZO, G., MEDEIROS, R., 2010).

A adoção de gramíneas nativas como parte de sistema silvipastoris e de iniciativas de restauração no Cerrado pode resultar em uma notável redução nos danos ao solo e diminuir a perda excessiva de solo por escoamento hídrico. Espécies como *Andropogon bicornis*, *Aristida adscensionis* e *Echinolaena inflexa* são exemplos de gramíneas nativas bem adaptadas às condições de solo e clima do Cerrado. Entre os desafios relacionados ao uso de gramíneas nativas do Cerrado em restauração e sistemas silvipastoris estão as baixas taxas de germinação e emergência, e isso muitas vezes está relacionado à baixa quantidade de sementes viáveis produzidas (ARIES et al. 2014; CARMONA, 1999; DAIREL & FIDELIS, 2020). Sementes viáveis são aquelas apresentam formação completa, apresentando embrião intacto e endosperma túrgido, enquanto as inviáveis apresentam danos mecânicos, malformação ou

mesmo a ausência da semente dentro da unidade de dispersão coletada, que no caso das gramíneas são conectados à cariopse e pode apresentar brácteas envolvendo-se (ERICKSON et al. 2016, PEDRINI & DIXON 2020). A taxa de germinação pode ser reduzida também devido materiais impuros, hospedeiros de pragas, patógenos e umidade, que pode levar à rápida degradação das sementes (FRISCHIE et al. 2020, KILDISHEVA et al. 2020). As sementes devem apresentar vigor, alta viabilidade e capacidade de germinação para garantir o estabelecimento eficaz das plantas nas áreas restauradas. O vigor das sementes se refere à sua capacidade de germinar e produzir plântulas saudáveis em condições adversas, como baixa disponibilidade de água ou temperatura. É essencial também que as sementes sejam provenientes de plantas com características desejáveis e adaptadas ao ambiente local, e livres de contaminantes, que podem afetar negativamente o estabelecimento das plantas. Para garantir o sucesso da restauração, as sementes passam geralmente por testes de qualidade, como testes de germinação e pureza, para garantir sua eficácia (LOPES, M.; ANTÔNIO., 2004).

Adicionalmente, é importante que as plantas das gramíneas tenham rápido desenvolvimento para cobrir o solo e protegê-lo contra as intempéries do tempo. No caso de uso em sistemas silvopastoris as espécies devem propiciar alimento de qualidade aos animais. No Brasil, como reflexo cultural e de políticas públicas que valorizam muito mais a conservação de florestas em detrimento de outras formações, a maioria dos esforços de restauração também têm sido voltados a esses tipos de vegetação (OVERBECK et al., 2013; VELDMAN et al., 2017). A conversão de fisionomias abertas do Cerrado em floresta, por um lado, reduz ou elimina a presença das gramíneas exóticas pelo sombreamento, e afeta as gramíneas nativas, que representam cerca de 25% da riqueza (FILGUEIRAS et al., 1998) e 84% da biomassa acima do solo do estrato herbáceo do Cerrado (LILIENFEIN et al., 2001).

Portanto, é fundamental que conhecimentos sobre a germinação e o desenvolvimento de gramíneas nativas seja disponibilizado para que praticantes de restauração e de sistemas silvopastoris possam selecionar as espécies de gramíneas que sejam adequadas às necessidades específicas.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Investigar a ecologia da germinação e o crescimento de 14 espécies de gramíneas nativas do Cerrado.

2.2. ESPECÍFICOS

- Avaliar a viabilidade, pureza e teor de umidade de sementes de 14 espécies de gramíneas nativas do Cerrado.
- Analisar a taxa de germinação das espécies em laboratório sob condições controladas de luz, temperatura e umidade.
- Avaliar em casa de vegetação a altura, biomassa seca aérea e radicular em diferentes níveis de adubação orgânica do solo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi conduzida em laboratório e casa de vegetação, na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), Brasília, Distrito Federal.

3.2. ESPÉCIES ESTUDADAS

Utilizamos 14 espécies de gramíneas nativas (Tabela 1). A empresa Verde Novo forneceu as sementes de 12 espécies (*Andropogon bicornis*, *Andropogon virgatus*; *Andropogon fastigiatus*; *Andropogon leucostochyus*; *Aristida gibbosa*; *Aristida riparia*; *Aristida setifolia*; *Echinolaena inflexa*, *Gymnopogon foliosus*; *Paspalum stellatum*; *Schizachyrium sanguineum* e *Rhynchospora speciosa*). As sementes destas espécies foram coletadas no entorno do município de Mambaí GO. As sementes de *Loudetiopsis chrysotrix* e *Trachypogon spicatus*, foram coletadas em Brasília, Distrito Federal, entre maio e julho de 2023, e doadas pela empresa Tikre. Não temos informações sobre como foram feitas as coletas das sementes, que ocorreram entre maio e julho de 2023, período que corresponde à estação seca e de maturação das sementes de gramíneas (Figura 1), assim como o modo de armazenamento.

Na região de Mambaí predomina o clima quente semi-úmido, com temperatura média anual de 24 °C e precipitação média anual de 1.500 mm. O solo é bastante arenoso, em sua maioria. Os principais tipos de solos presentes na APA das Nascentes do Rio Vermelho são: cambissolo háplico (0,9%), latossolo amarelo (5%), neossolo litólico (9%) e neossolo quartzarênico (85%) (SANTOS, 2015). O solo predominante da APA é de baixa fertilidade para a agricultura devido aos poucos nutrientes do tipo de solo quartzarênico, propício a erosão devido à textura ser essencialmente arenosa.

A região de Brasília o clima é tropical, com temperatura média de 22 °C que varia de 13 °C a 28 °C, as características e tipo de solo são de quartzito conglomerático fino, metassiltitos, ardósias, metarritmito arenoso, quartzito médio, metarritmitos argilosos e a unidade psamo-pelito-carbonatada. Está situado em um alto regional do Planalto Central, que corresponde aos remanescentes dos aplainamentos resultantes dos ciclos de erosão sul-americanos desenvolvidos entre o Terciário Inferior e o Terciário Médio e Superior. O relevo do DF caracteriza-se pelo padrão plano a suave ondulado, relevos inclinados, que se estendem

da base das chapadas e dos morros residuais em direção aos vales, e relevos dissecados, ao longo dos rios Paranoá, São Bartolomeu, Preto, Maranhão e Descoberto.

3.3. PRÉ-REQUISITOS PARA A SELEÇÃO DAS ESPÉCIES

As espécies de gramíneas foram selecionadas para o estudo segundo os seguintes critérios:

- (a) Serem nativas dos Cerrados;
- (b) Terem ampla distribuição (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2024)
- (c) Serem eficazes na cobertura de solo (MUNHOZ; FELFILI, 2006; SAMPAIO *et al.*, 2019).
- (d) Haver disponibilidade de material.

Na tabela 1 estão descritas as espécies fornecidas pelas empresas e fonte de análise do estudo.

Tabela 1 - Espécies de gramíneas analisadas.

NOME CIENTÍFICO (FLORA E FUNGA DO BRASIL)	NOME COMUM (COMMON NAME)
<i>Andropogon bicornis</i> L.	Vassourinha (broom)
<i>Andropogon fastigiatus</i> Sw.	andropogon-nativo (andropogon-native)
<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunth.	mulungu (mulungu)
<i>Andropogon virgatus</i> Desv.	capim-de-alagado (marsh grass)
<i>Aristida gibbosa</i> (Nees) Kunth.	capim-aristida (aristida grass)
<i>Aristida riparia</i> Trin.	rabo-de-raposa (foxtail)
<i>Aristida setifolia</i> Kunth.	pena-de-ema (emu feather)
<i>Echinolaena inflexa</i> (Poir.) Chase.	capim-flechinha (arrow grass)
<i>Gymnopogon foliosus</i> (Willd.) Nees.	pé-de-pintinho (chick's foot)
<i>Loudetiopsis chrysothrix</i> (Nees) Conert.	brinco-de-princesa (princess earring)
<i>Paspalum stellatum</i> Humb. & Bonpl. Flügge	orelha-de-coelho (rabbit ear)
<i>Rhynchospora speciosa</i> (Kunth) Boeckeler.	capim-estrela (star grass)
<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston.	capim-roxo (purple grass)
<i>Trachypogon spicatus</i> (L.f.) Kuntze.	capim-fiapo (lint grass)

3.5. QUALIDADE DAS SEMENTES

3.5.1. PUREZA E GERMINAÇÃO DAS SEMENTES

As sementes foram classificadas em cheias, vazias e impuras, permitindo avaliar a porcentagem de sementes viáveis, a massa média de 100 sementes (em gramas), em quatro repetições e a eficiência da limpeza em cada uma das 14 espécies. A pureza do lote, ou seja, a ausência de impurezas como palha, terra e sementes de outras espécies, é fundamental para garantir a germinação e o desenvolvimento uniforme das plantas. Lotes de sementes de gramíneas com baixa qualidade, frequentemente resultantes de colheita inadequada ou armazenamento em condições inadequadas, podem comprometer o sucesso da semeadura. Esse procedimento de limpeza das amostras foi feito com auxílio de lupa e pinça, no Laboratório de Fisiologia de Sementes.

Para determinar o percentual de germinação em laboratório, foram utilizados dois tratamentos: germinação no claro (controle) e germinação no escuro. Em ambos os tratamentos, as sementes foram dispostas sobre papel filtro, em placas de Petri de 90 mm. Após umedecer o papel filtro, as placas de Petri do tratamento no escuro foram vedadas com Parafilm, revestidas com duas camadas de papel alumínio para evitar a entrada de luz e abertas somente ao final do experimento. As placas foram colocadas em uma incubadora BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) a 30 °C, com fotoperíodo de 12 horas. Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento em cada espécie. A germinação foi monitorada diariamente, por 30 dias, nas placas do tratamento controle.

Uma semente foi considerada germinada quando a radícula emergiu e cresceu em direção ao solo (geotropismo), conforme descrito por (FERREIRA E BORGHETTI 2004). Após 30 dias, as sementes que não haviam germinado foram dissecadas para verificar se estavam cheias ou vazias. As sementes cheias foram submetidas ao teste de solução 0,75% de 2,3,5-trifenil cloreto de tretrazólio, um teste bioquímico que avalia a viabilidade, e posteriormente classificadas como viáveis ou inviáveis. As sementes vazias foram descartadas dos cálculos. O experimento foi conduzido em condições controladas de temperatura e umidade, e a cada dia foi registrado o número de sementes germinadas e o tempo médio de germinação (LABOURIAU 1983).

3.5.2. GERMINAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E BIOMASSA DAS PLANTAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Para avaliar a germinação das sementes e o desenvolvimento das plantas em casa de vegetação e, posteriormente, os traços funcionais foram utilizados três substratos (Carolina Soil, areia e solo latossolo vermelho), aos quais foram adicionadas três proporções de matéria orgânica (0%; 2,5% e 5%). Foram utilizadas três repetições por nível de tratamento (3 tipos de substrato x 3 proporções de matéria orgânica x 3 repetições = 27 sacos por espécie), resultando em 378 sacos (27x14 espécies). Em cada saco foram depositadas seis sementes, irrigados diariamente, de manhã e à tarde, por 10 minutos, por 120 dias.

A condição de cada semente ou planta germinada foi comparada com os dados de trabalhos que avaliaram a qualidade das gramíneas do Cerrado (AIRES et al., 2013). A germinação e altura da planta foram registradas diariamente até as plantas iniciarem a dispersão das sementes, quando cessaram o crescimento. Ao 120^o dia, as plantas foram removidas íntegras dos sacos (Figura 3), e o excesso de terra removido com água, sendo que este processo de lavagem pode ter causado perda de raízes nodais do perfilho. As partes aérea e radicular de cada planta foram medidas e pesadas ainda úmidas e após secas em uma estufa a 60 °C, com tempos de secagem variando entre 12 e 24 horas para cada indivíduo e novamente pesadas para obter o peso seco.

3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A massa média de 25 sementes férteis, taxa média de germinação das sementes em ambos os tratamentos (claro e escuro) no laboratório são apresentadas. O tempo médio de germinação para as sementes no tratamento claro e na casa de vegetação é apresentado em percentagem. A comparação as taxas de germinação no laboratório (claro e escuro) e na casa de vegetação (0%; 2,5% e 5%) foi feita utilizando o teste de Tukey (Tukey's HSD honestly significant difference) para cada espécie. Os dados de altura caracterizam medidas repetidas, ou dados longitudinais, e muito provavelmente as medidas estão correlacionadas entre si, principalmente dentro da mesma unidade observacional. Foram, portanto, utilizados modelos aditivos lineares generalizados (GAM – Generalized Additive Model). GAM são semiparamétricos, as funções são aditivas e os componentes suaves, e tem como vantagem a capacidade de utilizar relações altamente não lineares e não monotônicas entre a resposta e o

conjunto de variáveis explicativas. São adequados quando se deseja utilizar as variáveis de predição e suas interações.

Para analisar possíveis diferenças na biomassa seca entre as três proporções de matéria orgânica (0%; 2,5% e 5%) no substrato, foi utilizado o teste de Tukey (Tukey's HSD honestly significant difference) em cada espécie. Todas as análises foram feitas no ambiente R.

4. RESULTADOS

4.1. PUREZA E GERMINAÇÃO DAS SEMENTES

Das 14 espécies gramíneas, 11 germinaram em laboratório, no ambiente claro, com percentuais variando de 9% a 100% entre as espécies, sendo que em oito espécies a germinação foi igual ou acima de 48% (Figura 1, Anexo I). *Aristida setifolia* foi a única espécie a atingir 100% de germinação, seguida por *Gymnopogon foliosus* (83%) e *Loudetiopsis chrysothrix* (79%). Somente *Andropogon bicornis*; *Echinolaena inflexa* e *Rhynchospora speciosa* não germinaram (Tab. 2). No escuro, oito das 14 espécies testadas germinaram, cuja germinação variou de 1% a 78% entre espécies (Tabela 3, Anexo I). Os maiores percentuais de germinação no escuro ocorreram em *A. setifolia* (78%), *A. riparia* (66%) e *A. gibbosa* (49%).

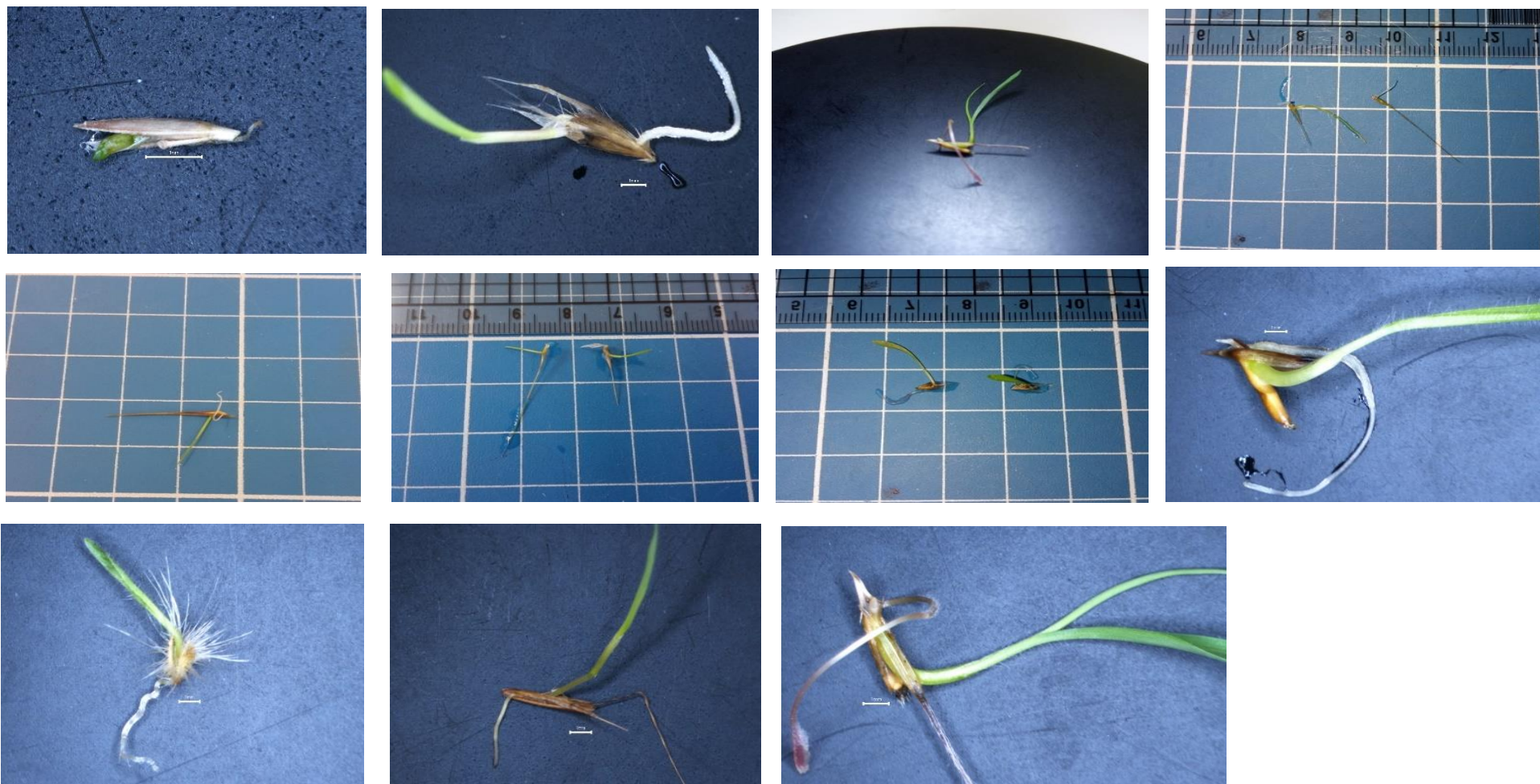


Figura 1: Sementes / plântulas após 13 dias em câmara BOD (30°C e 12 h de fotoperíodo): (*Andropogon virgatus*; *Andropogon fastigiatus*; *Andropogon leucostochyus*; *Aristida ibbosa*; *Aristida riparia*; *Aristida setifolia*; *Gymnopogon foliosus*; *Loudetiopsis chrysosthris*; *Paspalum stellatum*; *Schizachyrium sanguineum* e *Trachysopon spicatus*).

Tabela 1: Porcentagem germinativa em 11 espécies de gramíneas nativas no Cerrado no claro. Valores em negrito indicam o máximo de germinação atingido pela espécie.

ESPÉCIES											
DIAS	<i>A. fastigiatus</i>	<i>A. leucostochyus</i>	<i>A. virgatus</i>	<i>A. gibbosa</i>	<i>A. riparia</i>	<i>A. setifolia</i>	<i>G. foliosus</i>	<i>L. chrysosthris</i>	<i>P. stellatum</i>	<i>S. sanguineum</i>	<i>T. spicatus</i>
0	3,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,00%	4,00%	3,00%	0,00%	0,00%	3,00%	1,00%
1	8,00%	2,00%	0,00%	1,25%	2,00%	16,00%	12,00%	0,00%	0,00%	9,00%	2,00%
2	14,00%	4,00%	3,00%	8,00%	5,00%	37,00%	25,00%	6,00%	4,00%	15,00%	3,00%
3	18,00%	8,00%	6,00%	16,00%	9,00%	57,00%	40,00%	13,00%	7,00%	20,00%	4,00%
4	21,00%	14,00%	7,00%	18,00%	13,00%	63,00%	52,00%	24,00%	11,00%	24,00%	4,00%
5	22,00%	19,00%	9,00%	21,00%	17,00%	68,00%	64,00%	38,00%	17,00%	28,00%	5,00%
6	29,00%	24,00%	13,00%	25,00%	21,00%	75,00%	73,00%	54,00%	21,00%	32,00%	5,00%
7	33,00%	30,00%	13,00%	30,00%	27,00%	80,00%	77,00%	62,00%	26,00%	36,00%	6,00%
8	38,00%	37,00%	15,00%	33,00%	33,00%	88,00%	80,00%	66,00%	31,00%	40,00%	6,00%
9	38,00%	45,00%	15,00%	36,00%	37,00%	93,00%	82,00%	67,00%	34,00%	47,00%	7,00%
10	40,00%	51,00%	16,00%	40,00%	41,00%	98,00%	83,00%	74,00%	36,00%	53,00%	7,00%
11	42,00%	56,00%	16,00%	44,00%	45,00%	100,00%	83,00%	79,00%	37,00%	58,00%	8,00%
12	49,00%	57,00%	16,00%	48,00%	50,00%	100,00%	83,00%	79,00%	39,00%	62,00%	9,00%

Tabela 3: Percentagens de germinação das oito espécies de gramíneas nativas no Cerrado no escuro ocorreu em 12 dias.

ESPÉCIES	GERMINAÇÃO (%)
<i>Andropogon fastigiatus</i>	2
<i>Aristida gibbosa</i>	49
<i>Aristida riparia</i>	66
<i>Aristida setifolia</i>	78
<i>Gymnopogon foliosus</i>	6
<i>Loudetiopsis chrysosthris</i>	38
<i>Schizachyrium sanguineum</i>	17
<i>Trachypogon spicatus</i>	1

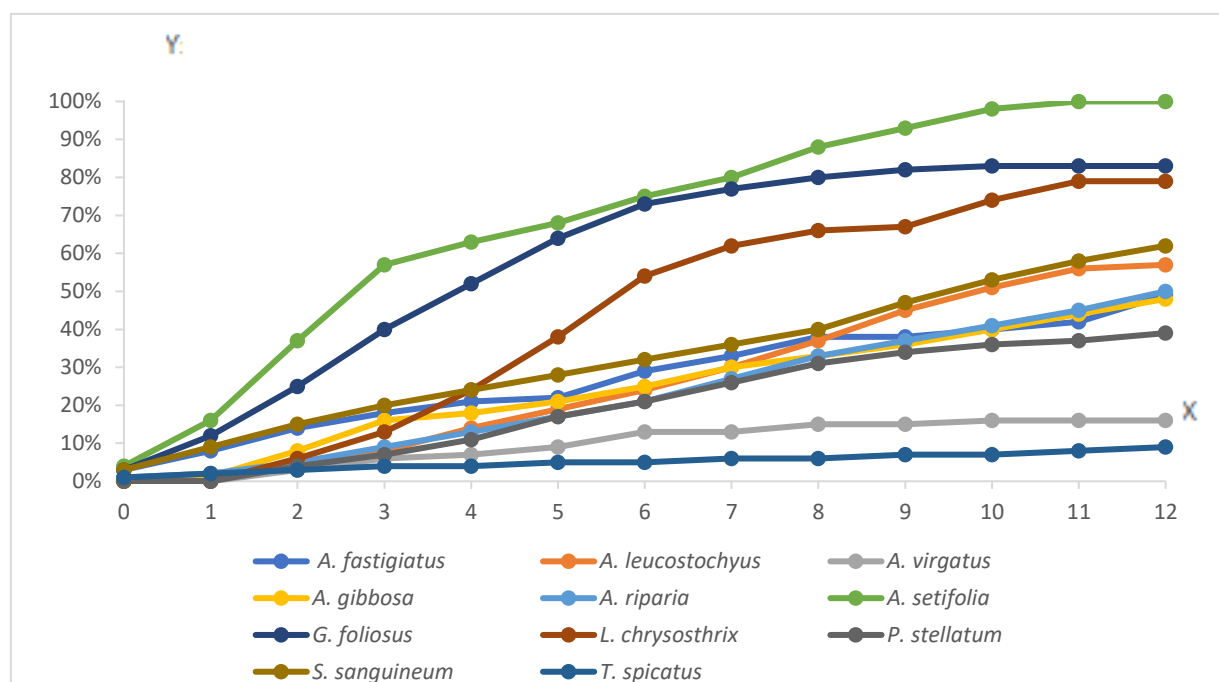


Figura 2: Germinação de 11 espécies de gramíneas nativas do Cerrado em condições de laboratório com fotoperíodo de 12 horas (claro).

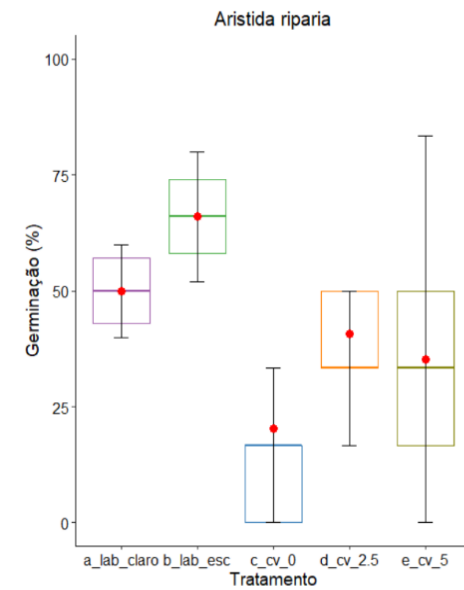
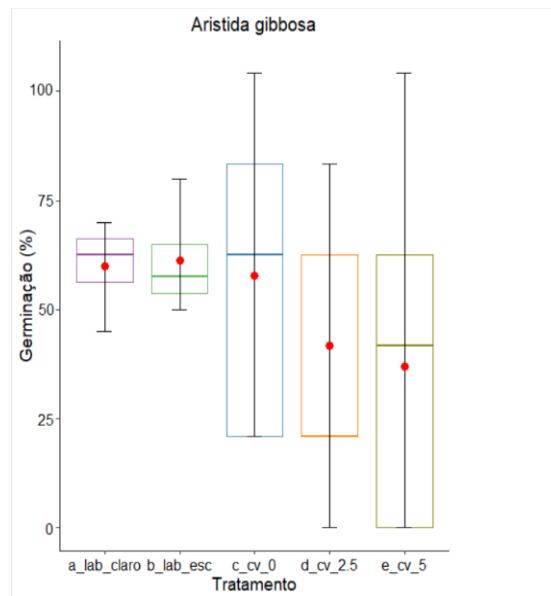
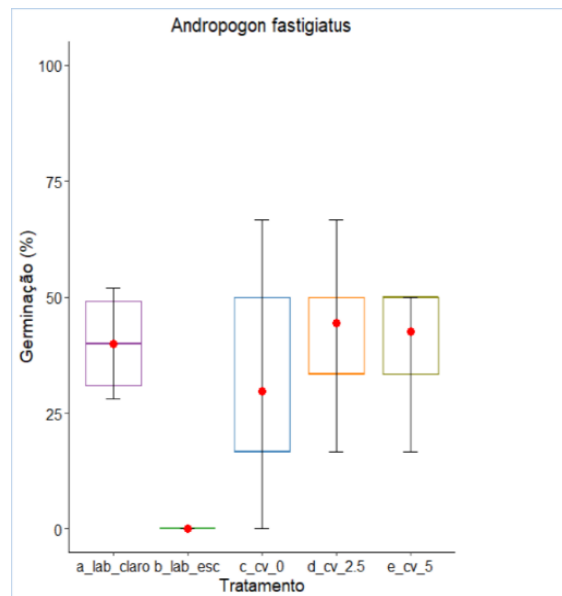
No método escuro, no qual germinaram somente oito espécies, destacam-se duas, *Aristida setifolia* e *Aristida riparia*, com porcentagens de germinação de 78% e 66%, respectivamente. Essas espécies têm germinação muito rápida, e em dois dias na incubadora BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) a 30 °C, com fotoperíodo de 12 horas, já apresentavam a radícula e folha na placa de Petri.

Sementes *Andropogon bicornis*, *Echinolaena inflexa* e *Rhynchospora speciosa* não germinaram em nenhuma das condições testadas.

4.2. GERMINAÇÃO, ALTURA E BIOMASSA DAS GRAMÍNEAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS

4.2.1. GERMINAÇÃO

Na casa de vegetação, 10 das 14 espécies germinaram. *Andropogon bicornis*, *A. leucostachyus*, *A. virgatus* e *Rhynchospora speciosa* não germinaram, e os índices de viabilidade das sementes dessas espécies eram bastante baixos, como indicado pelo teste de pureza das sementes.



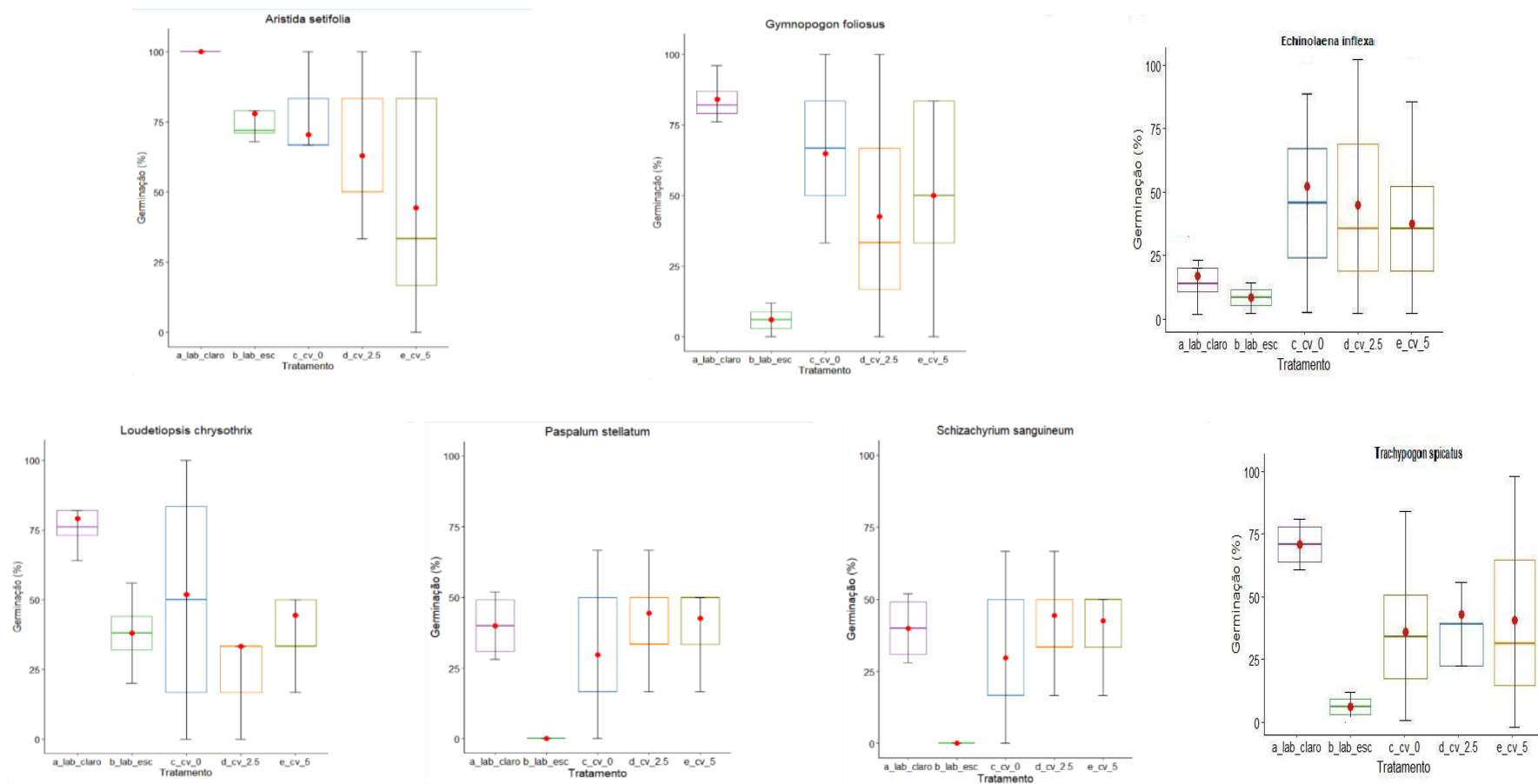


Figura 4. Germinação em laboratório e casa de vegetação de dez espécies de gramíneas nativas do bioma Cerrado: Tratamentos: (laboratório no claro (roxo), laboratório no escuro (verde), casa de vegetação (azul) (trat. 0%), casa de vegetação (laranja) (trat. 2.5%), casa de vegetação (marrom) (trat. 5%). A linha vertical indica o erro padrão, a caixa compreende os dados dos quartis um a três, e o ponto vermelho representa a média.

Nas 10 espécies que germinarem, em algum tratamento houve taxa de germinação acima de 25% (Fig 4). Na comparação dos resultados obtidos em laboratório e casa de vegetação não foram detectadas diferenças estatísticas significativas em nenhuma espécie ($p > 0,05$, Tukey HSD).

O teste de Tukey e modelos GAM reforçam a robustez das análises e indicam validade dos resultados. As espécies com maior (*Aristida setifolia*) e menor desempenho (*Schizachyrium sanguineum*), oferecem indicações importantes sobre a viabilidade e germinação das sementes, que juntamente com a alocação de biomassa, podem indicar a importância das espécies para restauração e para sistemas silvipastoris. Já a resposta negativa de *Schizachyrium sanguineum* à matéria orgânica sugere que algumas espécies podem não se beneficiar ou até mesmo serem prejudicadas por mudanças na fertilidade do solo, indicando a necessidade de estratégias específicas de manejo.

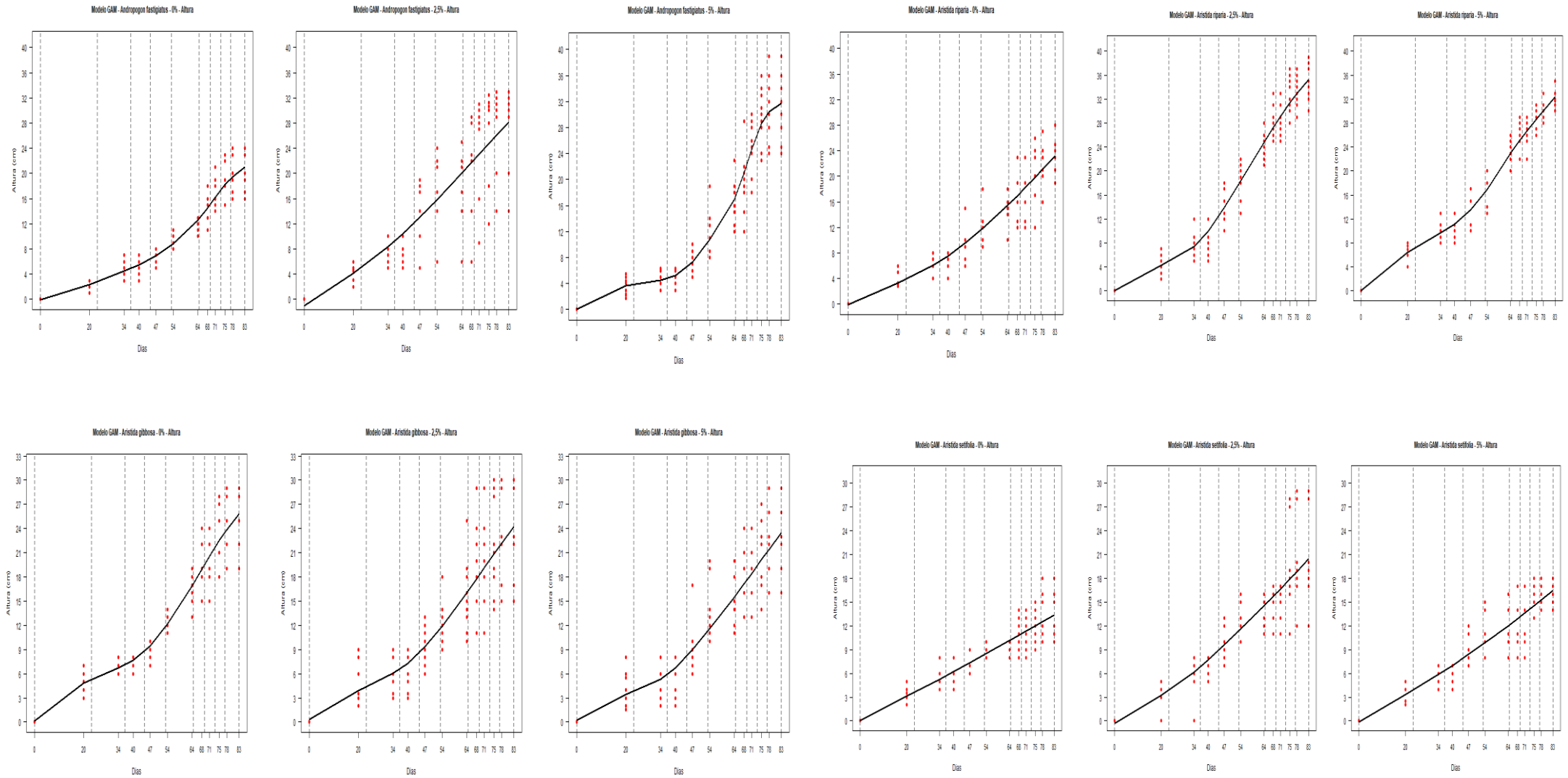
Espécies que responderam positivamente à adição de matéria orgânica, como *Trachypogon spicatus* e *Aristida setifolia*, mostram potencial para manejo em áreas onde o enriquecimento do solo é possível.

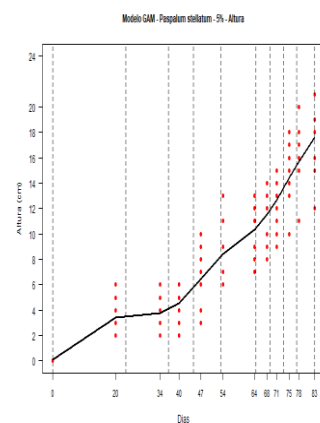
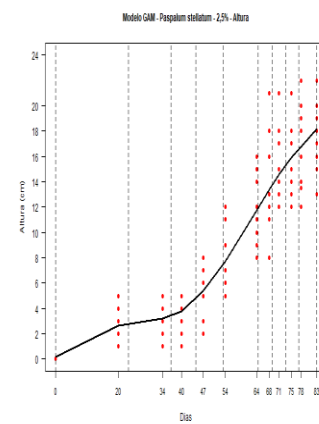
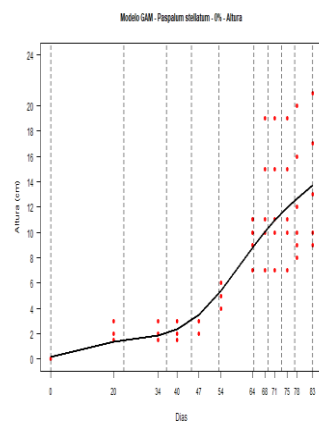
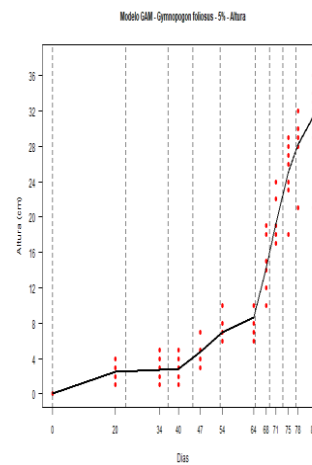
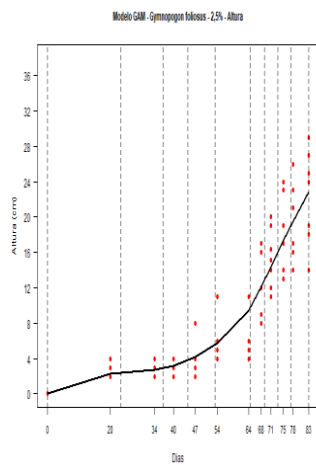
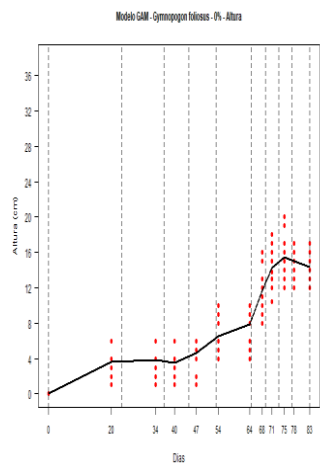
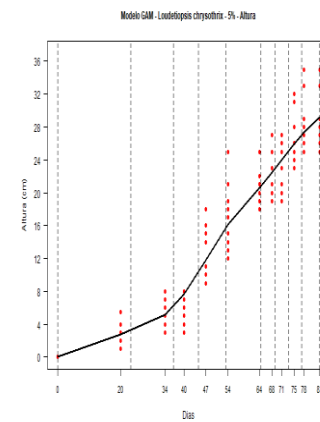
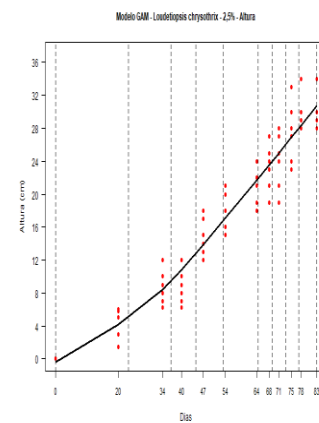
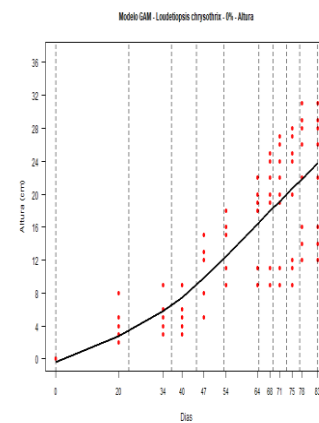
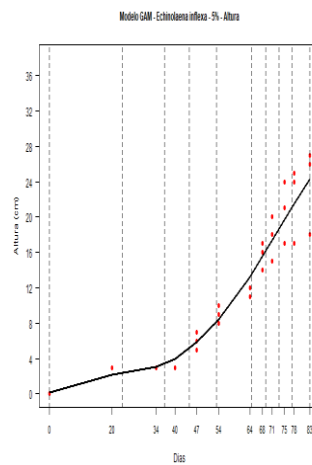
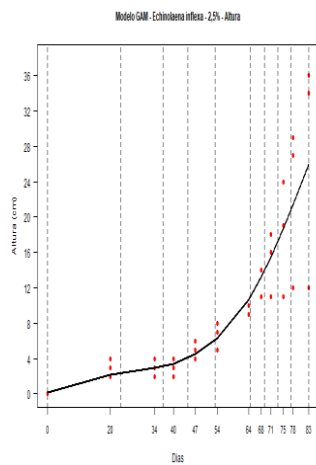
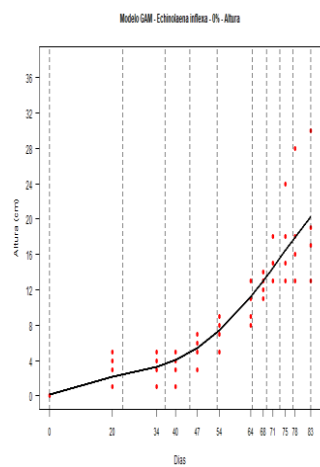
4.2.2. ALTURA

O crescimento em altura em algumas espécies não excede 5,0 cm nos primeiros 20 dias, mas a maioria das espécies teve crescimento em altura acelerado entre 34 e 40 dias. A altura final variou de 8,2 a 34,5 cm entre as espécies. As 10 maiores alturas (Tabela 4) ocorreram em sete espécies: *Aristida riparia* (34,5 cm, trat 2,5%; e 32,1 cm, trat 5%); *Gymnopogon foliosus* (31,2 cm, trat 5%); *Loudetiopsis chrysothrix* (29,8 cm, trat 2,5%); *Andropogon fastigiatus* (28,6 cm, trat 5%); *Trachypogon spicatus* (28,6 cm, trat 2,5%; 25,3cm, trat 5%); *Loudetiopsis chrysothrix* (28,4 cm, trat 5% e 26,8 cm, trat 0%) e *Echinolaena inflexa* (27,3 cm, trat 2,5). *Schizachyrium sanguineum* (8,2 cm, trat 0 e 92 cm, trat 2,5%) atingiu a menores alturas (Tabela 4).

As espécies que tiveram maiores taxas de crescimento em altura dentre as 10 espécies germinadas não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos de adição de matéria orgânica ao substrato. Nos modelos GAM, as curvas indicam estabilidade no crescimento em altura ao longo dos 120 dias de experimento (Figura 5). Embora os gráficos apresentem dados até 83 dias somente, período no qual todas as espécies já haviam frutificado e parado de crescer.

Ao longo de 83 dias houve mortalidade de algumas plantas, cujos dados não foram utilizados nos modelos, altura média e intervalo de confiança (95%) e crescimento médio das plantas estimados pelo modelo GAM.





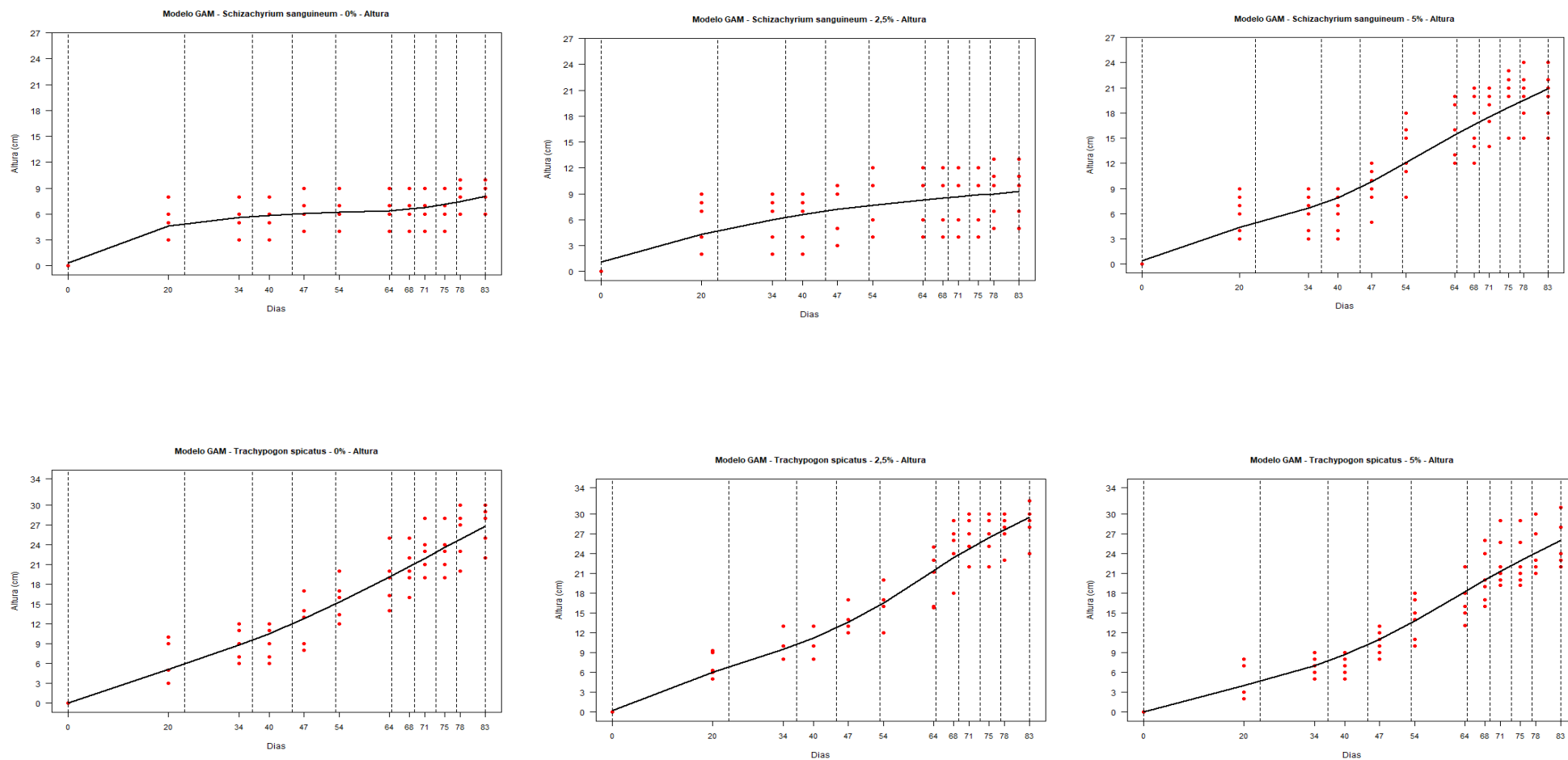


Figura 5: Crescimento em altura das gramíneas nativas do Cerrado *Andropogon fastigiatus*, *Aristida gibbosa*; *Aristida riparia*; *Aristida setifolia*; *Echinolaena inflexa*; *Gymnopogon foliosus*; *Loudetiopsis chyrsothrix*; *Paspalum stellatum*; *Schizachyrium sanguineum* e *Trachypogon spicatus* em três substratos (0%, 2,5% e 5,0% de matéria orgânica) em casa de vegetação. Os dados originais são representados pelos pontos e o modelo GAM (modelo aditivo linear generalizado) pela linha contínua.

Tabela 4: Altura média e intervalo de confiança (95%), e crescimento médio das plantas de espécies de gramíneas nativas do Cerrado estimados pelo modelo GAM (modelo aditivo linear generalizado).

ESPÉCIE	TRATAMENTO (%)	ALTURA MÉDIA (CM)	CRESCIMENTO MÉDIO/DIA (CM)
<i>Andropogon fastigiatus</i>	0	21,01	0,25
	2,5	23,05	0,27
	5	28,60	0,34
<i>Aristida gibbosa</i>	0	24,67	0,30
	2,5	23,22	0,28
	5	22,56	0,27
<i>Aristida riparia</i>	0	23,33	0,28
	2,5	34,56	0,42
	5	32,12	0,39
<i>Aristida setifolia</i>	0	13,50	0,16
	2,5	20,11	0,24
	5	16,57	0,20
<i>Echinolaena inflexa</i>	0	19,75	0,24
	2,5	27,33	0,33
	5	23,67	0,29
<i>Gymnopogon foliosus</i>	0	14,44	0,17
	2,5	22,29	0,27
	5	31,25	0,38
<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	0	23,00	0,28
	2,5	29,83	0,36
	5	28,44	0,34
<i>Paspalum stellantum</i>	0	13,33	0,16
	2,5	17,78	0,21
	5	17,22	0,21
<i>Schizachyrium sanguineum</i>	0	8,20	0,10
	2,5	9,20	0,11
	5	20,00	0,24
<i>Trachypogonspicatus</i>	0	26,80	0,32
	2,5	28,60	0,34
	5	25,33	0,31

4.2.3. BIOMASSA

Seis das 10 espécies de gramíneas apresentaram variações significativas na biomassa seca em pelo menos um dos três componentes de biomassa mensurados (biomassa aérea, biomassa das raízes e biomassa total), em resposta aos três níveis de adição de matéria orgânica (0%, 2,5% e 5,0%) adicionados ao substrato (Tabela 5). Das 90 comparações possíveis entre pares de tratamentos, 15 mostraram resultados estatisticamente significativos. Dentre estas, 11

comparações foram relacionadas à biomassa aérea, envolvendo cinco espécies, enquanto quatro comparações se referiam à biomassa total envolvendo duas espécies. Importante ressaltar que não se observou efeito significativo da adição de matéria orgânica na biomassa das raízes.

Dentre as seis espécies de gramíneas com alguma variação na biomassa seca entre os diferentes níveis de matéria orgânica no substrato (*Andropogon fastigiatus*, *Aristida riparia*, *Aristida setifolia*, *Paspalum stellatum*; *Schizachyrium sanguineum* e *Trachypogon spicatus*), cinco apresentaram resposta positiva, com a adição de matéria orgânica contribuindo para o aumento da biomassa das plantas. A exceção foi *S. sanguineum*, em que a adição de 2,5% de matéria orgânica ao substrato resultou em uma redução significativa da biomassa aérea. Dentre as 10 espécies testadas, em metade (5) delas a proporção de biomassa de raízes foi, independentemente do tratamento, maior que a da parte aérea, e nas outras cinco espécies essa proporção variou entre tratamentos. Estes resultados devem ser interpretados com cautela, pois essa relação não foi estatisticamente analisada.



Andropogon fastigiatus: Raiz



Andropogon fastigiatus: Folha



Aristida gibbosa: Raiz



Aristida gibbosa: Folha



Aristida riparia: Raiz



Aristida riparia: Folha



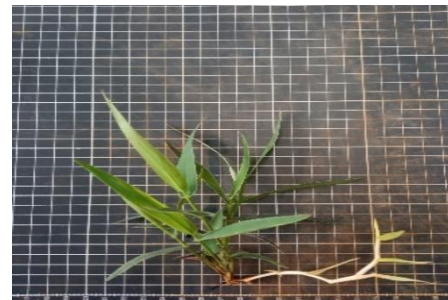
Aristida setifolia: Raiz



Aristida setifolia: Folha



Echinolaena inflexa: Raiz



Echinolaena inflexa: Folha



Gymnopogon foliosus: Raiz



Gymnopogon foliosus: Folha



Loudetiopsis chrysothrix: Raiz



Loudetiopsis chrysothrix: Folha



Paspalum stellatum: Raiz



Paspalum stellatum: Folha



Schizachyrium sanguineum: Raiz



Schizachyrium sanguineum: Folha



Trachypogon spicatus: Raiz



Trachypogon spicatus: Folha

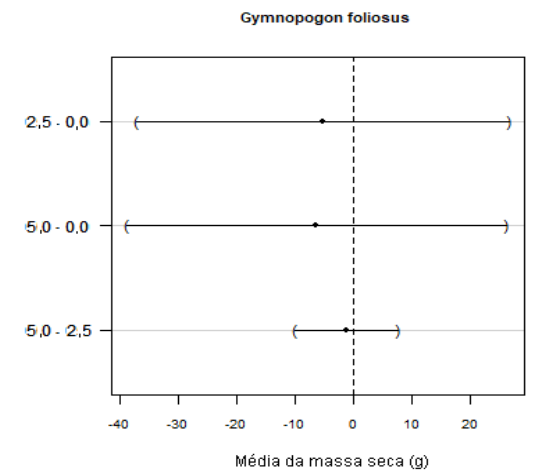
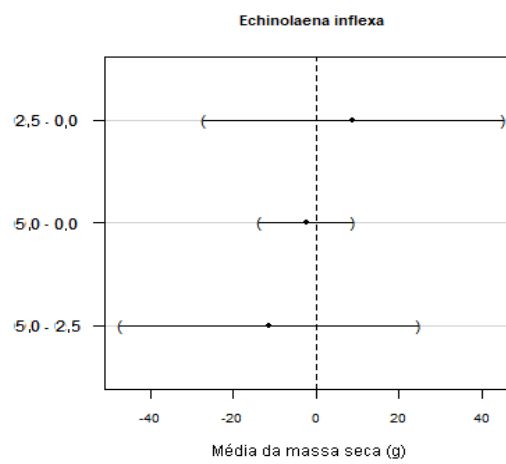
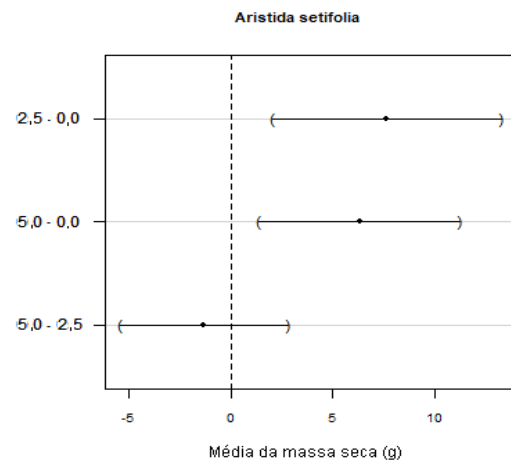
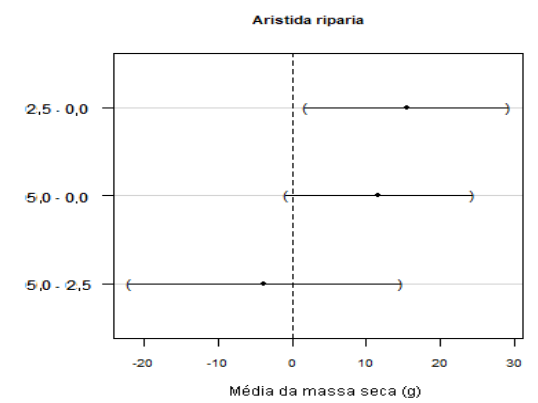
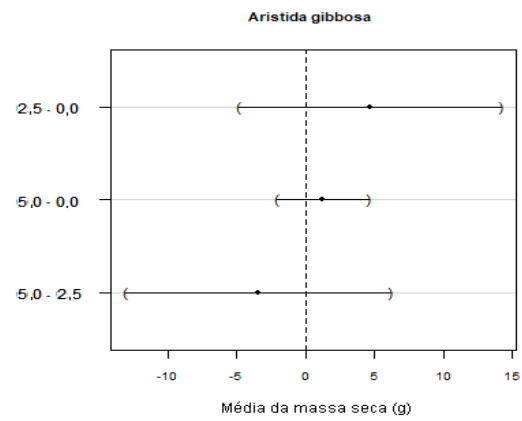
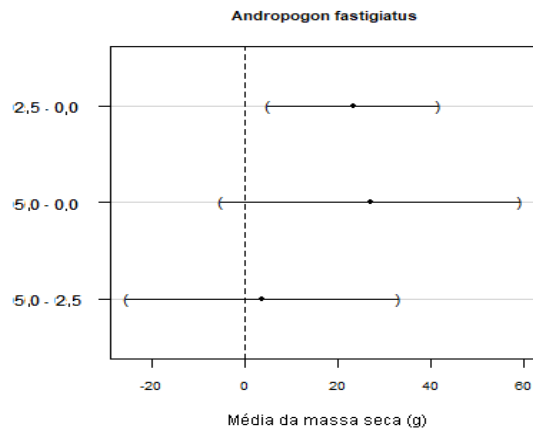
Figura 3: Fotos das partes aéreas e radiculares das plantas após 120 dias em casa de vegetação.

Para entender melhor os resultados análises da biomassa (aérea, radicular e total), são apresentados (Figuras 6, 7, e 8) os valores da diferença entre as médias e seus respectivos intervalos de confiança (IC) 95% (linhas horizontais) na comparação entre o efeito potencial dos tratamentos de adição de matéria orgânica ao substrato em casa de vegetação (0%, 2,5% e 5,0%) na biomassa aérea, radicular e total com o teste de comparação múltiplas de Tukey (5%).

Tabela 5: Biomassa aérea, radicular e total e as percentagens de biomassa total representadas pelo componente aéreo e radicular de 10 espécies nativas de gramíneas do Cerrado sob três níveis de adubação orgânica em casa de vegetação.

ESPÉCIE	TRATAMENTO	AÉREA (G)	RADICULAR (G)	TOTAL (G)	AÉREA (%)	RADICULAR (%)
<i>Andropogon fastigiatus</i>	0,0	24,5	31,5	56,0	44,0	56,0
	2,5	47,8	31,6	79,4	60,0	40,0
	5,0	51,4	46,6	98,0	52,0	48,0
<i>Aristida gibbosa</i>	0,0	14	14,8	28,8	48,0	51,0
	2,5	18,7	27,9	46,6	40,0	59,0
	5,0	15,3	28,6	43,9	35,0	65,0
<i>Aristida riparia</i>	0,0	14,1	26,3	40,4	35,0	66,0
	2,5	29,6	27,1	56,7	52,0	48,0
	5,0	25,9	32,9	58,8	44,0	56,0
<i>Aristida setifolia</i>	0,0	15,1	28,8	43,9	34,0	66,0
	2,5	23	38	61,0	38,0	62,0
	5,0	21,4	37,3	58,7	36,0	64,0
<i>Echinolaena inflexa</i>	0,0	17	13,3	30,3	56,0	44,0
	2,5	26	22,7	48,7	53,0	47,0
	5,0	14,7	29,3	44,0	33,0	67,0
<i>Gymnopogon foliosus</i>	0,0	12,3	15	27,3	44,0	56,0
	2,5	19,3	18,4	37,7	51,0	48,0
	5,0	18,1	23,3	41,4	44,0	57,0
<i>Loudetiopsis chrisothesis</i>	0,0	22	44	66,0	33,0	67,0
	2,5	23,5	30,7	54,2	43,0	57,0
	5,0	20,4	28,3	48,7	42,0	58,0
<i>Paspalum stellatum</i>	0,0	12,9	12,4	25,3	52,0	50,0
	2,5	27	25,2	52,2	52,0	48,0
	5,0	16,4	22,2	38,6	42,0	57,0
<i>Schizachyrium sanguineum</i>	0,0	22,9	21,9	44,8	51,0	49,0
	2,5	13,8	54,8	68,6	20,0	80,0
	5,0	13,3	24,7	38,0	35,0	65,0
<i>Trachypogon spicatus</i>	0,0	13,8	23,5	37,3	37,0	64,0
	2,5	14,9	26,9	41,2	35,0	64,0
	5,0	18,5	41,3	59,8	31,0	69,0

4.2.3.1. BIOMASSA AÉREA



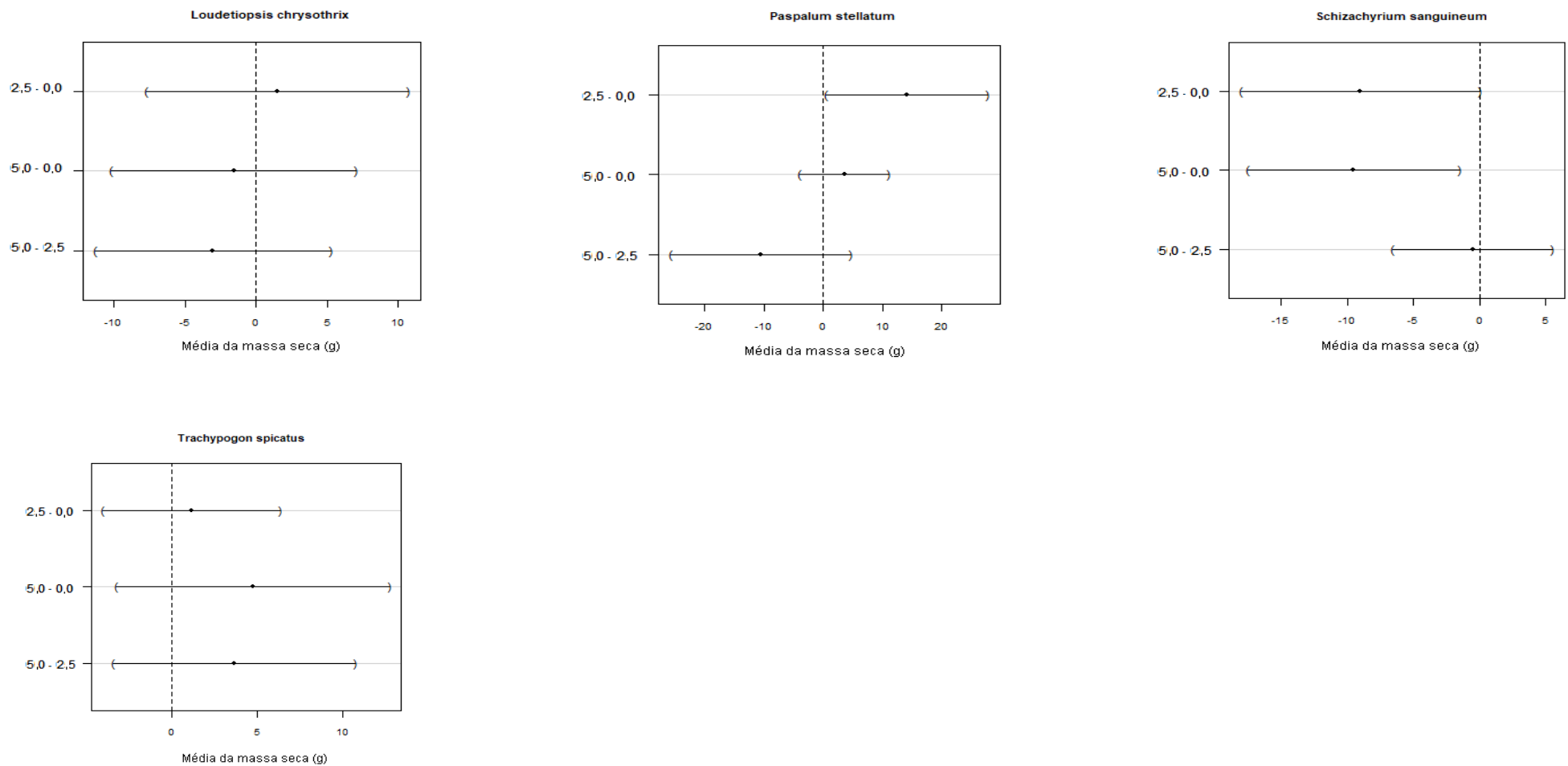
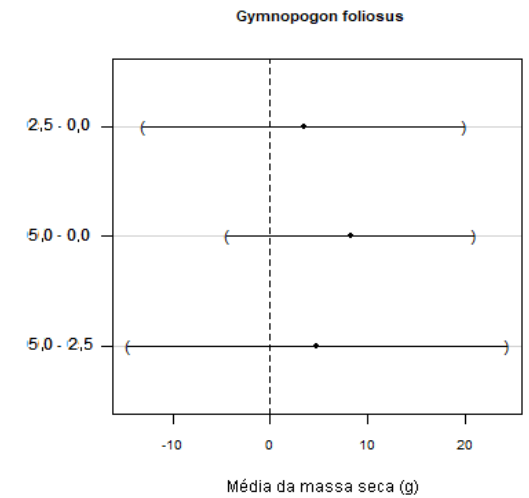
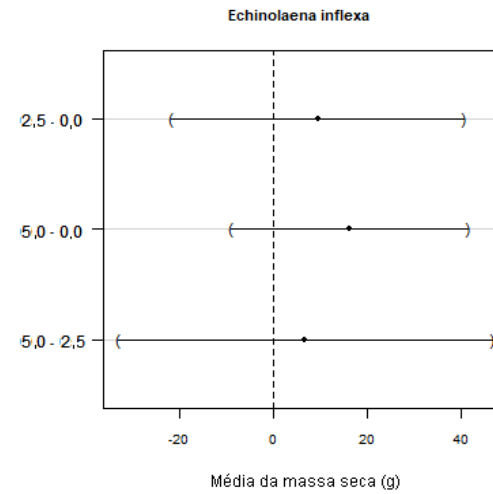
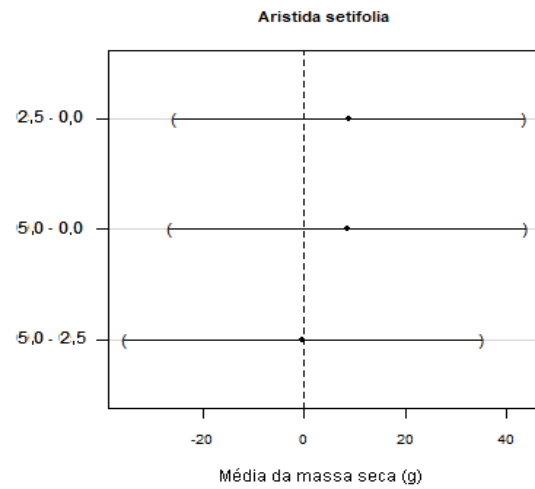
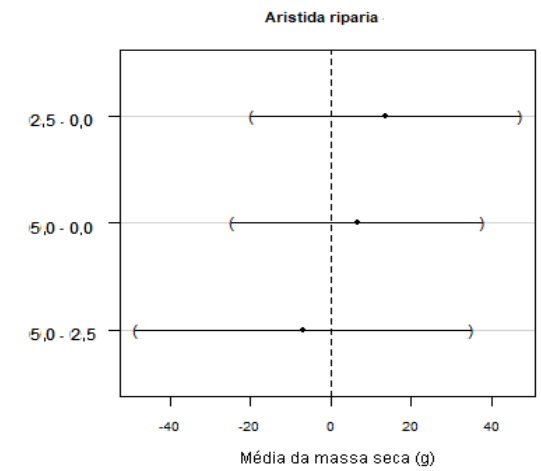
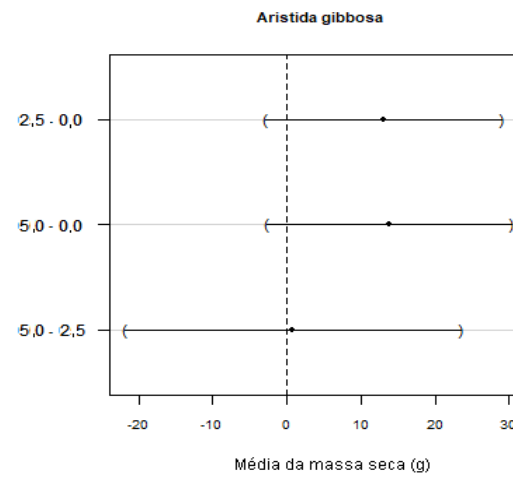
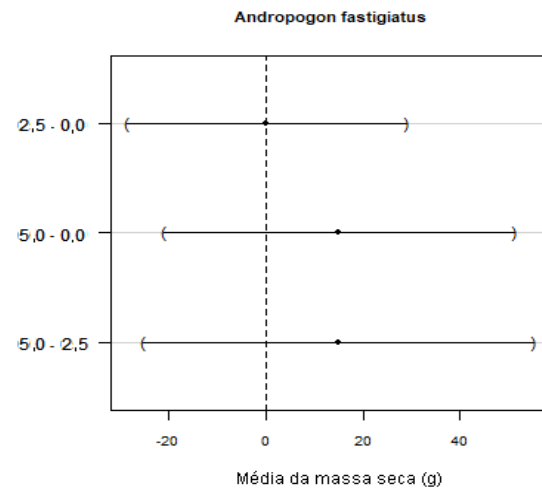


Figura 6: Valor da diferença entre as médias e seus respectivos IC 95% (linhas horizontais) na comparação entre o efeito potencial dos tratamentos (adição de 0%, 2,5% e 5,0% de adição de matéria orgânica ao substrato em casa de vegetação) na biomassa aérea pelo teste de comparação múltiplas de Tukey (5%). Intervalo de confiança que não contenha 0 (linha vertical tracejada) fornece evidências de diferença entre os tratamentos.

4.2.3.2. BIOMASSA RADICULAR



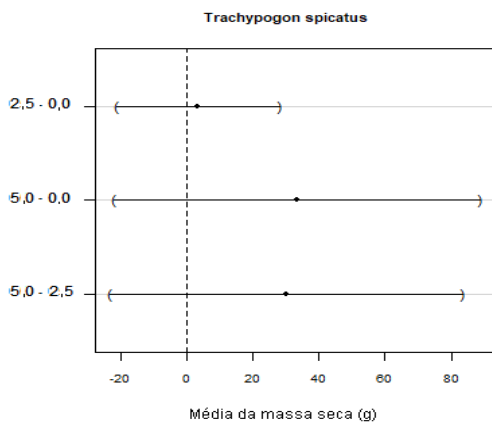
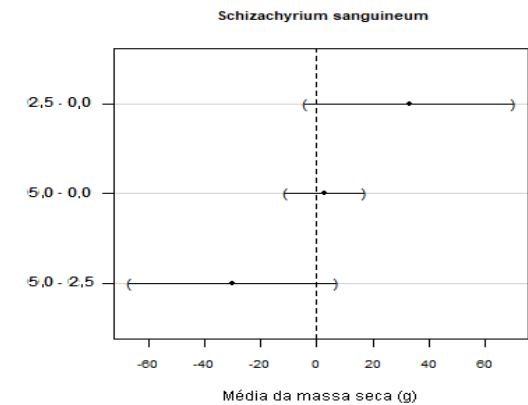
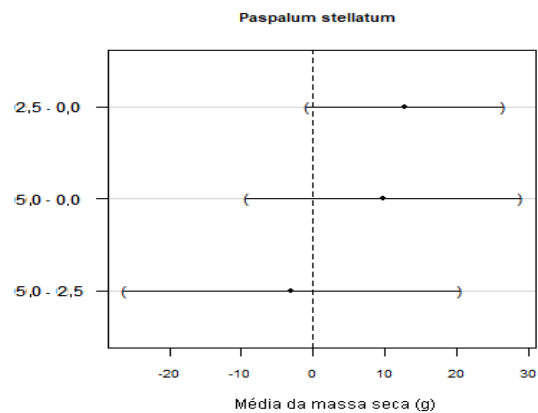
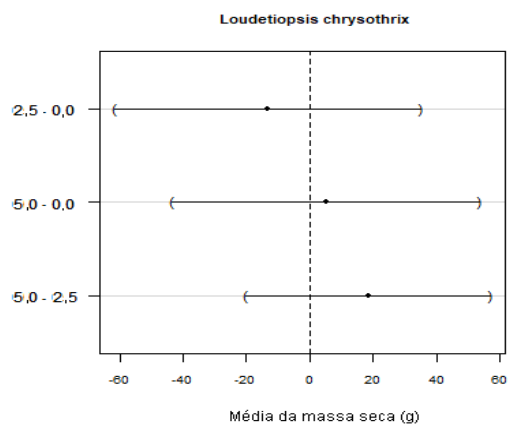
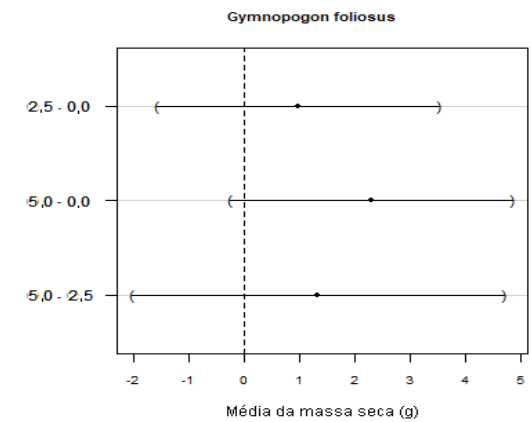
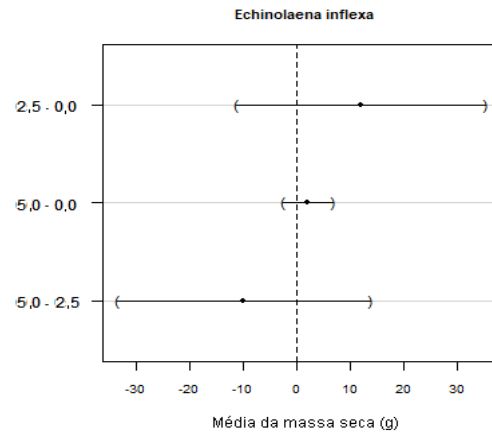
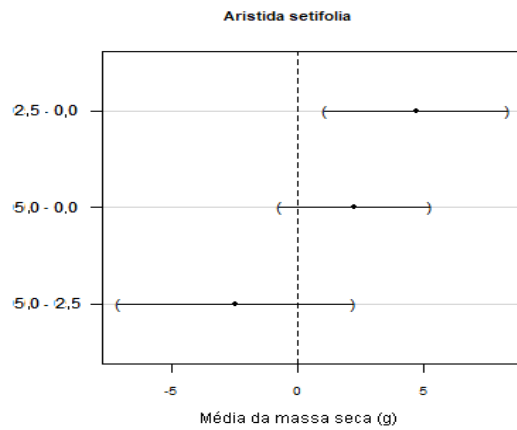
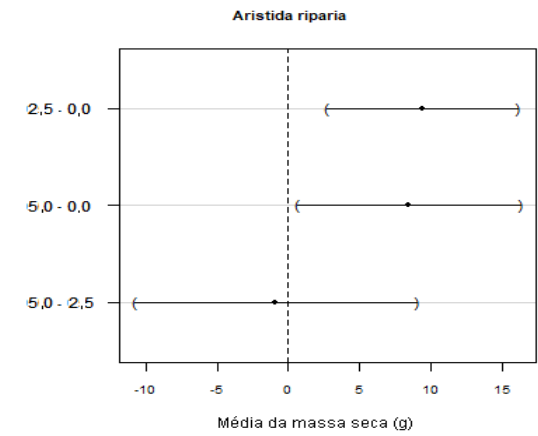
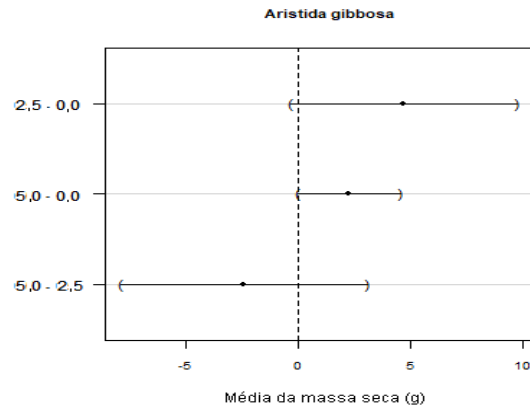
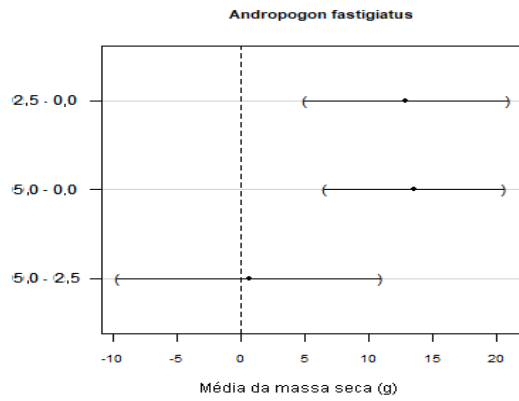


Figura 7: Valor da diferença entre as médias e seus respectivos IC 95% (linhas horizontais) na comparação entre o efeito potencial dos tratamentos (adição de 0%, 2,5% e 5,0% de adição de matéria orgânica ao substrato em casa de vegetação) na biomassa radicular pelo teste de comparação múltiplas de Tukey (5%). Intervalo de confiança que não contenha 0 (linha vertical tracejada) fornece evidências de diferença entre os tratamentos.

4.2.3.3. BIOMASSA TOTAL



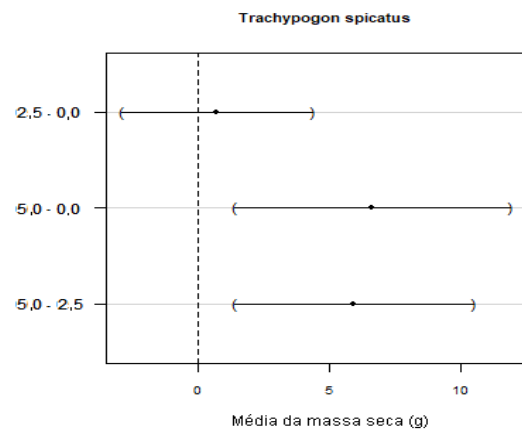
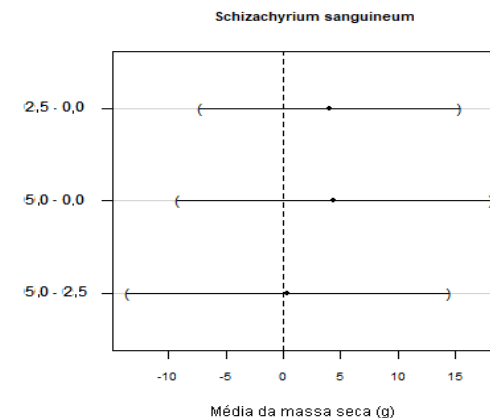
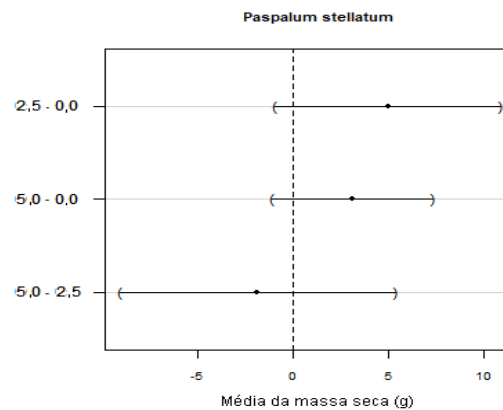
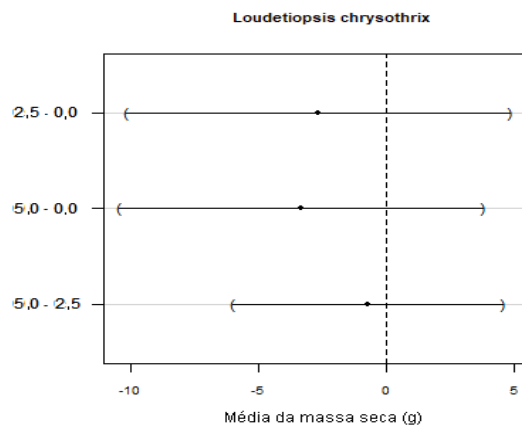


Figura 8: Valor da diferença entre as médias e seus respectivos IC 95% (linhas horizontais) na comparação entre o efeito potencial dos tratamentos (adição de 0%, 2,5% e 5,0% de adição de matéria orgânica ao substrato em casa de vegetação) na biomassa total pelo teste de comparação múltiplas de Tukey (5%). Intervalo de confiança que não contenha 0 (linha vertical tracejada) fornece evidências de diferença entre os tratamentos.

5. DISCUSSÃO

As taxas de germinação encontradas nos experimentos estão dentro da variação de germinação relatada na literatura. As taxas de germinação encontradas neste trabalho, de forma geral acima de 25%, sugerem que a germinação dessas espécies é baixa como comumente encontradas em outros trabalhos (AIRES et al. 2014; FLEMING et al., 2019; LE STRADIC et al. 2015; MUSSO et al. 2015; SANCHEZ et al., 2022). O uso de sementes frescas pode ser importante para obter valores de emergência acima de 50%, como com *Aristida jubata* em outro estudo (MARTINS et al., 2012). Algumas espécies podem ter taxas de germinação praticamente nulas, como com *Andropogon bicornis*, *A. leucostachyus*, *A. virgatus* e *Rhynchospora speciosa*. Taxas nulas de germinação podem ser devido a origem das sementes com índices de viabilidade nulos ou quase nulos, como encontrado neste trabalho, o que indica a necessidade de sempre testar a germinação, mesmo de diferentes lotes de sementes.

Para entender melhor esta relação entre as taxas de germinação baixas e adição de matéria orgânico temos como exemplo as espécies com maior e menor desempenho, *Aristida setifolia* com alta taxa de germinação, rápido crescimento e maior investimento em biomassa aérea, e *Schizachyrium sanguineum*, com desempenho inferior, menos eficaz em condições semelhantes e que pode demandar manejo mais intensivo em condições de campo.

Andropogon fastigiatus, *Aristida riparia*, *Aristida setifolia*, *Schizachyrium sanguineum* e *Trachypogon spicatus* tiveram um crescimento rápido e alta proporção em biomassa e, portanto, podem contribuir para proteger e estruturar o solo. De fato, *Aristida setifolia* e *Trachypogon spicatus* têm sido usadas em semeadura direta para restaurar comunidades do Cerrado. Essas espécies têm nicho amplo dentre as espécies gramíneas, e estão presentes desde as áreas mais degradadas até as conservadas, e podem ser usadas para a restauração ecológica do Cerrado (MAGALHÃES. 2017; PELLIZZARO et al., 2017; SILVA et al., 2022).

A razão raiz: parte aérea indica o balanço do crescimento da espécie (RITCHIE et al., 2010). Sendo assim, a alocação de biomassa é guiada de forma a aumentar partes das espécies em que os recursos para seu bom desenvolvimento estão limitados. A razão raiz: parte aérea e indica estratégias distintas entre as espécies. *Andropogon fastigiatus*, *Aristida riparia*, *Aristida setifolia*, *Paspalum stellatum*; *Schizachyrium sanguineum* e *Trachypogon spicatus* apresentaram maior investimento em biomassa aérea, enquanto as demais espécies não mostraram uma tendência clara na alocação de recursos. Outros estudos mostram que, embora a competição por luz afete o estabelecimento e desenvolvimento de novos indivíduos, a competição das raízes, intra ou interespecífica, também possui um papel efetivo nas gramíneas,

pois a competição radicular envolve água e os nutrientes essenciais para a nutrição vegetal (SNAYDON E HOWE 1986; SILVA E CASTRO 1989; CASPER E JACKSON 1997).

Para o recobrimento do solo, além da germinação, é fundamental considerar o crescimento das gramíneas e como a biomassa esta particionada entre os componentes da planta acima e abaixo do solo. Aumentar a alocação de biomassa aérea em detrimento da biomassa radicular pode resultar em plantas menos resilientes ao fogo e à seca, e consequentemente afetar negativamente a capacidade de rebrota e absorção de água, assim como brotos maiores aumentariam a transpiração da planta (DE OLIVEIRA; FORTI; VIANI, 2022; SOLOFONDRANOHATRA et al. 2021). Ao consumir a biomassa aérea, o fogo deixa o solo exposto, semelhante aos vetores de degradação que removem a cobertura do solo.

Portanto, além de ter proporção importante da biomassa (raízes) abaixo da superfície do solo, o que permitiria a rebrota, pode ser também fundamental a formação de banco de sementes no solo. Por exemplo, *Aristida setifolia* forma banco de sementes no solo, pois é favorecida por sua morfologia de sementes, que permite movimentos higroscópicos, e promove o enterramento ativo de sementes, e também permite rápida rebrota no solo e alta taxa de crescimento em altura, se espalhando facilmente em áreas de restauração. Essa pode ser uma característica importante para o reestabelecimento dessa espécie em áreas degradadas no Cerrado (LE STRADIC ET AL., 2018; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 1984).

As diferenças na alocação de biomassa entre as espécies indicam estratégias adaptativas distintas. Espécies com maior biomassa radicular, por exemplo, podem ser mais resilientes a condições de seca e fogo, condições frequentes no Cerrado. Isso pode informar estratégias de semeadura e escolha de espécies conforme as condições ambientais da área a ser restaurada. No entanto, a ausência de um efeito significativo da matéria orgânica adicionada ao substrato na biomassa radicular pode ser explicada pelas características adaptativas das gramíneas nativas do Cerrado. Essas plantas geralmente evoluíram em solos pobres em nutrientes e, por isso, apresentam sistemas radiculares bem desenvolvidos e adaptados para explorar eficientemente os recursos do solo, como água e nutrientes (SOLOFONDRANOHATRA et al. 2021).

Assim, mesmo com a adição de matéria orgânica, as raízes podem não aumentar significativamente sua biomassa, pois já são altamente eficientes em sua função. Do ponto de vista ecológico, essa ausência de resposta pode ser, portanto, interpretada como uma estratégia de alocação de recursos. Em ambientes como o Cerrado, onde a competição por luz e espaço é intensa, as plantas podem priorizar o investimento em biomassa aérea para garantir o acesso à luz e melhorar a capacidade de dispersão de sementes. Além disso, as raízes dessas espécies

podem estar mais focadas em funções qualitativas, como a manutenção de micorrizas ou a exploração de camadas mais profundas do solo, do que no aumento quantitativo de biomassa. Outro ponto importante é que o impacto da matéria orgânica pode ser mais relevante para espécies ou ecossistemas que não estão tão adaptados às condições oligotróficas. Assim, a ausência de efeito nas raízes não invalida a adição de matéria orgânica como prática para restauração, mas indica que a biomassa aérea pode ser um indicador mais sensível para avaliar as respostas das gramíneas nativas do Cerrado a esse tipo de manejo (SILVA et al., 2022).

Em semeadura direta, as espécies que se estabelecem rapidamente na área degradada e produzam mais sementes devem ser priorizadas. Essas espécies investem mais energia no crescimento de suas raízes, no entanto, o crescimento acima do solo para as espécies de gramíneas é bem mais acelerado, em poucos meses, essas plantas podem atingir sua altura máxima e já começam até a se reproduzir. Espécies com alta biomassa aérea e viabilidade alta de sementes podem ser incorporadas em sistemas silvo-pastoris, contribuindo tanto para a alimentação do gado quanto para a regeneração de pastagens e controle de gramíneas exóticas invasoras. O desempenho variável das espécies destaca a importância de incluir um conjunto diverso de gramíneas em projetos de restauração. Isso ajuda a maximizar a funcionalidade ecológica, como a cobertura do solo, a resistência ao fogo e o suporte à fauna local. Essas características podem guiar tanto a pesquisa futura, quanto a aplicação prática das espécies estudadas em restauração ecológica e manejo sustentável no Cerrado.

6. CONCLUSÕES

As gramíneas nativas do Cerrado apresentam variabilidades específicas em suas taxas de germinação, crescimento e biomassa, características que influenciam seu potencial para restauração ecológica.

Há, portanto, potencial para utilizar na recuperação de áreas degradadas espécies de gramíneas nativas com altas taxas de germinação, como observado para *Aristida gibbosa*, *Aristida riparia*, *Aristida setifolia*, *Gymnopogon foliosus* e *Loudetiopsis chrysothrix*, e que devido à suas diferentes estratégias de alocação de recursos, tem alto crescimento inicial da parte aérea.

Espécies promissoras para restauração ecológica e sistemas silvipastoris de acordo com os resultados deste estudo são *Andropogon fastigiatus*, *Aristida gibbosa*, *Aristida riparia*, *Aristida setifolia*, *Gymnopogon foliosus* e *Loudetiopsis chrysothrix*. Ainda assim são necessários mais estudos sobre o uso de gramíneas nativas como fonte de nutrição ao gado para incluir essas espécies em sistemas silvipastoris.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. G. ET AL. RICHNESS PATTERN AND PHYTOGEOGRAPHY OF THE CERRADO HERB-SHRUB FLORA AND IMPLICATIONS FOR CONSERVATION. *JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE*, V. 28, N. 4, P. 848–858, JUL. 2017.
- AIRES, S. S. (2013). TITLE OF THE ARTICLE. *GRASS AND FORAGE SCIENCE*. A HANDBOOK OF STATISTICAL ANALYSES USING R, 2ND EDITION, 2010, 347 P. BRIAN EVERITT & TORSTEN HOTHORN
- CASPER B. B. E JACKSON R. B. (1997) PLANT COMPETITION UNDERGROUND. *ANNUAL REVIEW OF ECOLOGY AND SYSTEMATICS*, 28, 545-570.
- CONTE, D. OCCURRENCE AND CONTROL OF ANDROPOGON BICORNIS AND CHLORIS DISTICHOPHYLLA IN THE MUNICIPALITY OF HORIZONTINA-RS. 2017.
- D'ANTONIO C. M. E VITOUSEK P. M. (1992) BIOLOGICAL INVASIONS BY EXOTIC GRASSES: THE GRASS FIRE CYCLE AND GLOBAL CHANGES. *ANNUAL REVIEW OF ECOLOGY AND SYSTEMATICS*, 23, 63-87.
- DE OLIVEIRA, A. C. C.; FORTI, V. A.; VIANI, R. A. G. FERTILITY RESPONSES OF A NATIVE GRASS: TECHNOLOGY SUPPORTING NATIVE PLANT PRODUCTION FOR RESTORATION IN BRAZIL. *RESTORATION ECOLOGY*, V. 30, N. 3, P. E13534, MAR. 2022.
- FLEMING, A. ET AL. UNDERSTANDING THE VALUES BEHIND FARMER PERCEPTIONS OF TREES ON FARMS TO INCREASE ADOPTION OF AGROFORESTRY IN AUSTRALIA. *AGRONOMY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*, V. 39, N. 1, P. 9, FEV. 2019.
- FLORA AND FUNGI OF BRAZIL. BOTANICAL GARDEN OF BRAZIL. AVAILABLE AT: <[HTTP://REFLORA.JBRJ.GOV.BR/REFLORA/LISTABRASIL/CONSULTAPUBLICAUC/CONSULTAPUBLICAUC.DO](http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/listabrasil/consultapublicauc/consultapublicauc.do)>.
- FONTENELE, H. G. V.; MIRANDA, H. S. FIRE HAS CONTRASTING EFFECTS ON THE SURVIVAL, GROWTH, AND REPRODUCTION OF CERRADO GRASSES WITH DIFFERING REGENERATIVE STRATEGIES. *APPLIED VEGETATION SCIENCE*, V. 27, N. 2, P. E12775, ABR. 2024.
- HORSTMANN, N. (2021). GRAMINOID-LED NATURAL REGENERATION OF DRY SAVANNAS AFTER SEVERE DEGRADATION. *GRASS AND FORAGE SCIENCE*, [S.L: S.N.].
- HUDSON G. V. FONTENELE; MIRANDA, H. S. WHAT HAPPENS WHEN FIRE IS TOO EARLY OBSERVATIONS OF FIRE-STIMULATED FRUIT OPENING RELEASING UNDERDEVELOPED SEEDS FOR AN ENDEMIC CERRADO SHRUB. *AUSTRAL ECOLOGY*, V. 48, N. 8, P. 2246–2252, DEZ. 2023.
- KOLB, R. M.; PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. FACTORS INFLUENCING SEED GERMINATION IN CERRADO GRASSES. *ACTA BOTANICA BRASILICA*, V. 30, N. 1, P. 87–92, MAR. 2016.
- LAHSEN, M., BUSTAMANTE, M. M., & DALLA-NORA, E. L. (2016). UNDERESTIMATING AND OVEREXPLOITING THE BRAZILIAN CERRADO IS A RISK FOR US. *ENVIRONMENT: SCIENCE AND POLICY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*, 58, 4-15.

LE STRADIC, S., BUISSON, E., & FERNANDES, G. W. (2014). RESTORATION OF NEOTROPICAL PASTURES DEGRADED BY QUARRYING USING HAY TRANSFER. APPLIED VEGETATION SCIENCE, 17(3), 482-492.

LE STRADIC S, SILVEIRA FAO, BUISSON E, KÉVIN C, CARVALHO V, FERNANDES GW. 2015. DIVERSITY OF GERMINATION STRATEGIES AND SEED DORMANCY IN HERBACEOUS SPECIES OF CAMPO RUPESTRE GRASSLANDS. AUSTRAL ECOLOGY. 40:537–546.

LE STRADIC, S., FERNANDES, GW. BUISSON E, 2018. NO RECOVERY OF ROCKY GRASSLAND PASTURES AFTER GRAVEL EXTRACTION: IMPLICATIONS FOR CONSERVATION AND RESTORATION. RESTAURAR. ECO. 26, S151-S159. [HTTPS://DOI.ORG/10.1111/REC.12713](https://doi.org/10.1111/REC.12713).

LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; ZIMMERMANN, R.; GERSTBERGER, P.; ARAÚJO, G. M.; ZECH, W. NUTRIENT STORAGE IN SOIL AND BIOMASS OF NATIVE BRAZILIAN CERRADO. JOURNAL OF PLANT NUTRITION AND SOIL SCIENCE, V. 164, N. 5, P. 487-495, 2001.

LOPES, P. G. ALLELOPATHY IN LEPIDAPLOA AUREA (ASTERACEAE) AS A TOOL FOR ECOLOGICAL RESTORATION: POTENTIAL FOR THE CONTROL OF INVASIVE EXOTIC GRASSES IN THE CERRADO. MASTER-[S.L.] UNIVERSITY OF BRASÍLIA, MARCH 10, 2016.

MAGALHÃES, M. L. L. GERMINATION AND ESTABLISHMENT OF PIONEER SHRUBS AND TREES FOR FOREST RESTORATION BY DIRECT SEEDING. MASTER-[S.L.] UNIVERSITY OF BRASÍLIA, APRIL 27, 2017.

MCDONALD, T.; GANN, G.; JONSON, J.; DIXON, K. INTERNATIONAL STANDARDS FOR THE PRACTICE OF ECOLOGICAL RESTORATION—INCLUDING PRINCIPLES AND KEY CONCEPTS. (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION: WASHINGTON, DC, USA.). SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. WASHINGTON, D.C., 2016.

MUNHOZ, C. B. R., & FELFILI, J. M. (2006). PHYTOSOCIOLOGY OF THE HERBACEOUS-SHRUB LAYER IN A “CAMPO SUJO” AREA IN THE FEDERAL DISTRICT, BRAZIL. ACTA BOTANICA BRASILICA, 20, 671-685.

NARVÁEZ ZAMBRANO, I. A. ECOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SEEDS AND SEEDLINGS OF CERRADO TREES. MASTER-[S.L.] UNIVERSITY OF BRASÍLIA, 2017.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, S. E. SOIL ACIDITY AND LIMING INTROPICAL FRUIT ORCHARDS. REVISTA BRASILEIRA DE FRUTICULTURA, JABOTICABAL, V.34, N.4. 2012.

OVERBECK, G.; HERMANN, J. M.; ANDRADE, B.; BOLDRINI, I.; KIEHL, K.; KIRMER, A., KOCH, C.; KOLLMANN, J., MEYER, S.; MÜLLER, S.; NABINGER, C.; PILGER, G.; TRINDADE, J.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WALKER, E.; ZIMMERMANN, D.; PILLAR, V. RESTORATION ECOLOGY IN BRAZIL - TIME TO STEP OUT OF THE FOREST. NATUREZA & CONSERVAÇÃO, V. 11, N. 1, P. 92-95, 2013.

PAREDES, M. V. F. ET AL. GERMINATION RESPONSES OF NATIVE AND INVASIVE CERRADO GRASSES TO SIMULATED FIRE TEMPERATURES. PLANT ECOLOGY & DIVERSITY, V. 11, N. 2, P. 193–203, 4 MAR. 2018.

PEDRINI, S. ET AL. SEED ENHANCEMENT: GETTING SEEDS RESTORATION-READY. RESTORATION ECOLOGY, V. 28, N. S3, AGO. 2020.

PELLIZZARO, K. F. ET AL. "CERRADO" RESTORATION BY DIRECT SEEDING: FIELD ESTABLISHMENT AND INITIAL GROWTH OF 75 TREES, SHRUBS AND GRASS SPECIES. BRAZILIAN JOURNAL OF BOTANY, V. 40, N. 3, P. 681–693, 1 SET. 2017.

RITCHIE, G.A.; LANDIS, T.D.; DUMROESE, R.K.; HAASE, D.L. ASSESSING PLANT QUALITY. IN: LANDIS TD, DUMROESE RK, HAASE DL. SEEDLING PROCESSING, STORAGE, AND OUTPLANTING. THE CONTAINER TREE NURSERY MANUAL. AGRICULTURE HANDBOOK 674, USDA FOREST SERVICE, WASHINGTON DC, V. 7, PP 17–82, 2010.

SANCHEZ, L. G. F. ET AL. FROM GERMINATION TO SEEDLING DEVELOPMENT: THE EFFECTS OF SMOKE ON A NATIVE AND AN INVASIVE GRASS SPECIES OF THE CERRADO. SEED SCIENCE RESEARCH, V. 32, N. 2, P. 78–85, JUN. 2022.

SER - SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE AND POLICY WORKING GROUP. THE SER PRIMER IN ECOLOGICAL RESTORATION. SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL, TUCSON, V.2, PP. 1-15. 2004.

SHAW, N. ET AL. SEED USE IN THE FIELD: DELIVERING SEEDS FOR RESTORATION SUCCESS. RESTORATION ECOLOGY, V. 28, N. S3, AGO. 2020.

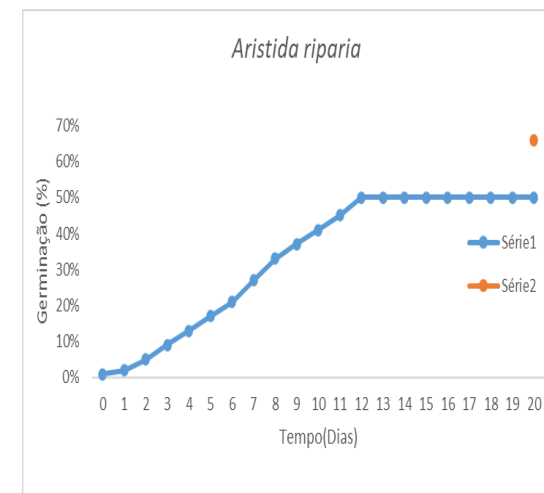
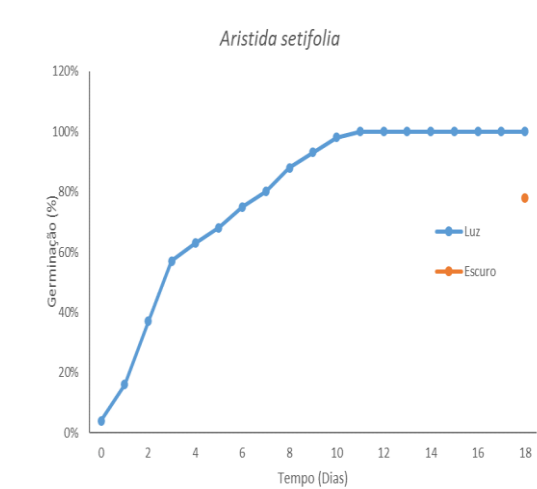
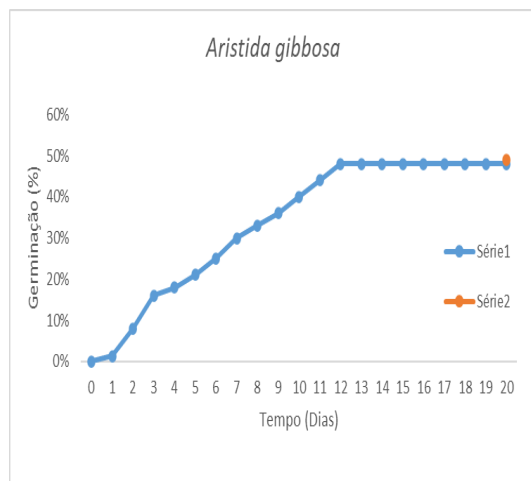
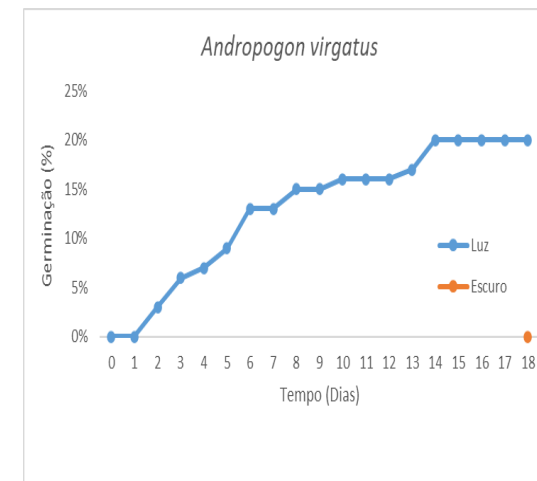
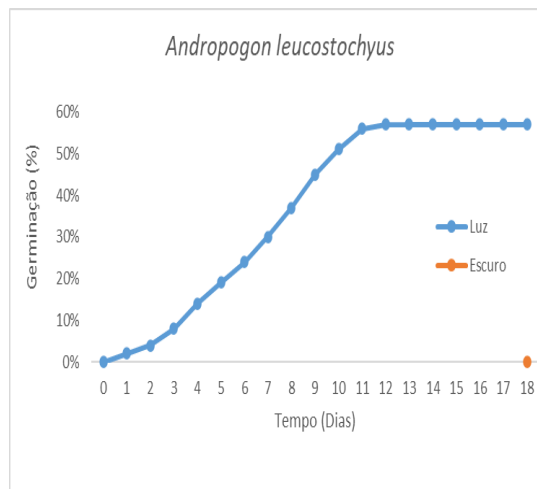
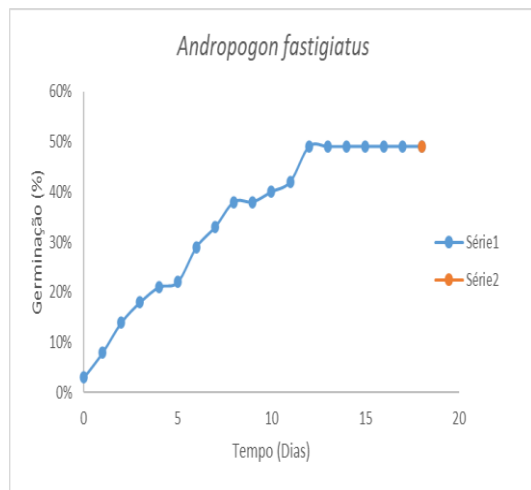
SILVA J. F. E CASTRO F. (1989) FIRE, GROWTH AND SURVIVORSHIP IN A NEOTROPICAL SAVANNA GRASS ANDROPOGON SEMIBERBIS IN VENEZUELA. JOURNAL OF TROPICAL ECOLOGY, 5, 387-400.

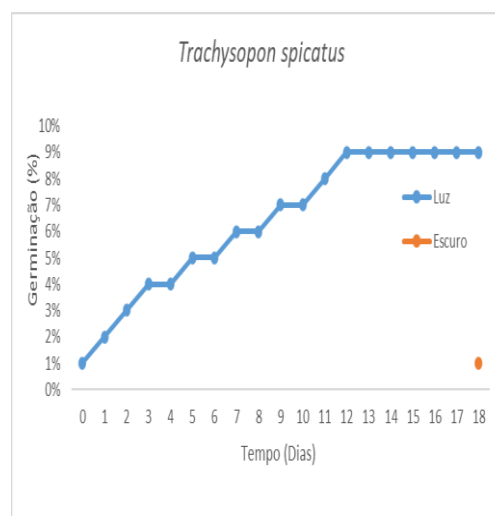
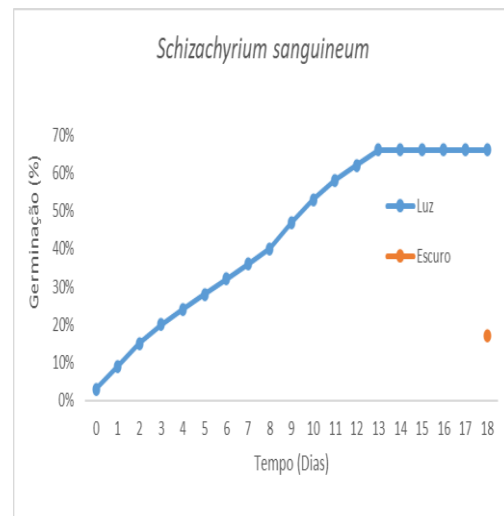
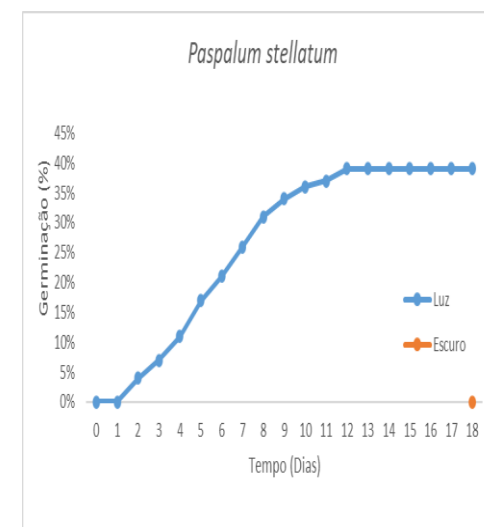
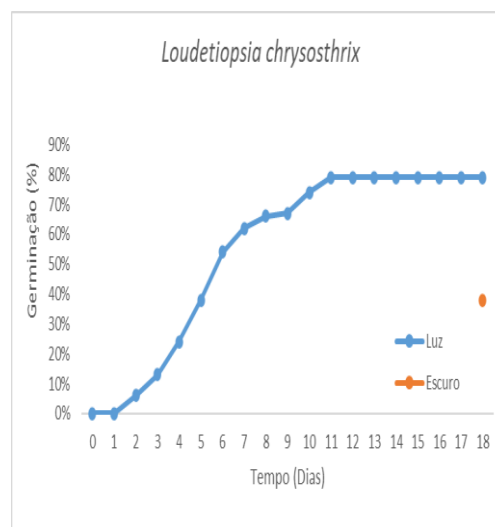
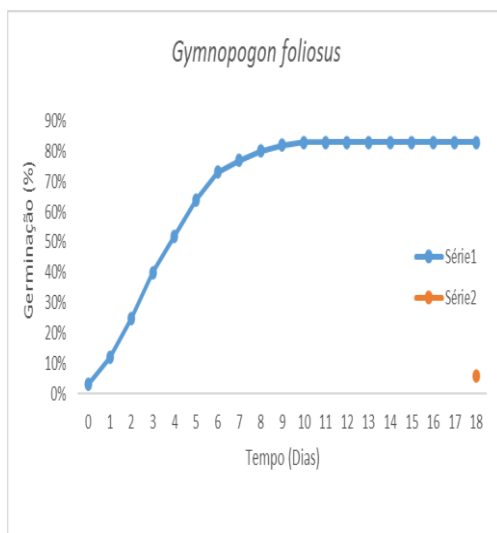
SNAYDON R. W. E HOWE C. D. (1986) ROOT AND SHOOT COMPETITION BETWEEN ESTABLISHED RYEGRASS AND INVADING GRASS SEEDLINGS. JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY, 23, 667- 674.

STEINAKER D. F., WILSON S. D. E PELTZER D. A. (2010) ASYNCHRONICITY IN ROOT AND SHOOT PHENOLOGY IN GRASSES AND WOODY PLANTS. GLOBAL CHANGE BIOLOGY, 16, 2241-2251.

HOWE TO CITE: LORENSET, M. S. *ANDROPOGON BICORNIS*. AGRIPORTICUS. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.AGRONOMICABR.COM.BR/AGRIPORTICUS/DETALHE.ASPX?ID=838](http://www.agronomicabr.com.br/agriporticus/detalhe.aspx?id=838)>. ACESSO EM: 05 DEZ.2024).

ANEXOS





Anexo I: Germinação acumulada de 11 espécies de gramíneas nativas do Cerrado ao longo de 12 dias em condições de laboratório.