

**CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA DE SEMENTES E  
PLÂNTULAS DE ÁRVORES DE CERRADO**

**IVONNE ANDREA NARVÁEZ ZAMBRANO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA DE SEMENTES E  
PLÂNTULAS DE ÁRVORES DE CERRADO

IVONNE ANDREA NARVÁEZ ZAMBRANO

ORIENTADOR: DANIEL LUIS MASCIA VIEIRA

CO-ORIENTADOR: FABIAN BORGHETTI

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM – 296A/2017  
BRASÍLIA/DF: MARÇO – 2017

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**“Caracterização ecológica de sementes e  
plântulas de árvores de Cerrado”**

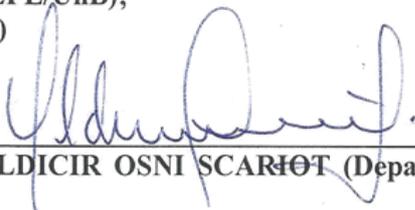
**Ivonne Andrea Narváez Zambrano**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO SUBMETIDA AO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE  
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

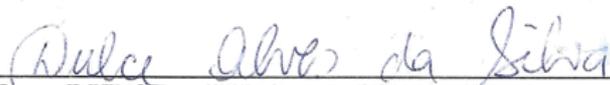
APROVADA POR:



Prof. Dr. DANIEL LUÍS MASCIA VIEIRA (Departamento de Engenharia  
Florestal – EFL/UnB);  
(Orientador)



Prof. Dr. ALDICIR OSNI SCARLOT (Departamento de Engenharia Florestal –  
EFL/UnB);  
(Examinador Interno)



Dra. DULCE ALVES DA SILVA (Centro Nacional de Recursos Genéticos –  
CENARGEN/Embrapa);  
(Examinadora Externa)

Prof. Dr. ANDERSON MARCOS DE SOUZA (Departamento de Engenharia  
Florestal – EFL/UnB).  
(Examinador Suplente)

Brasília-DF, 29 de março de 2017.

## FICHA CATALOGRÁFICA

Narváez, Ivonne Andrea  
CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA DE SEMENTES E PLÂNTULAS  
DE ÁRVORES DE CERRADO / Ivonne Andrea Narváez; orientador Daniel Vieira.  
Brasília, 2017. 64 p.  
Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Florestais)  
Universidade de Brasília, 2017.  
1. Filtros ecológicos. 2. Regeneração natural. 3. Espécies lenhosas do Cerrado.  
4. Características funcionais. 5. Restauração ecológica.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NARVÁEZ, I.A (2017). Caracterização Ecológica de Sementes e Plântulas de Árvores de Cerrado. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Publicação PPGEFL.DM.-296A/2017, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 64 p.

## ***CESSÃO DE DIREITOS***

AUTOR: Ivonne Andrea Narváez Zambrano

TÍTULO: Caracterização Ecológica de Sementes e Plântulas de Árvores de Cerrado.

GRAU: Mestre

ANO: 2017

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

---

Ivonne Andrea Narváez Zambrano  
Calle 66N # 13-35  
Popayán-Cauca- Colômbia

## **A mi hijo Juan José**

“COLOMBIA  
Colombia  
limita al norte con el mar Caribe,  
al sur con Ecuador y Perú,  
al noroeste con la República de Panamá,  
al oriente con Venezuela y Brasil  
y al occidente con el océano Pacífico. Yo,  
al norte, al sur,  
al oriente y al occidente,  
limito contigo”  
Jairo Anibal Niño.

## **A mi hermana Jennifer**

*Para amarte no hay tiempo ni espacio porque Dios nos dio la eternidad.*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço...*

A Deus, pela força espiritual que sempre me acompanha e guia minha vida.

Pelo apoio incondicional da minha família na Colômbia, que com seu amor foram minha fortaleza emocional nos meses mais críticos da minha saúde e no final do mestrado.

A minha prima Marienne por me fazer sorrir.

A meu orientador o Prof. Dr. Daniel Luís Mascia Viera, por sua confiança em mim para aprender, trabalhar e crescer profissionalmente ao lado dele.

A Usina Hidrelétrica Serrão do Fação pelo financiamento do projeto.

Ao pessoal do Herbário da EMBRAPA CENARGEN pela valiosa e gentil ajuda com toda a parte experimental.

A o Prof. Dr. Helder Nagai Consolaro da Universidade Federal de Goiás, por disponibilizar os recursos necessários na fase de campo em Catalão, pela acolhida e a gentileza para me ensinar.

A o Prof. Dr. Fabian Borghetti do Laboratório de Termobiologia na UnB, por disponibilizar os espaços e os equipamentos para a fase de germinação das sementes e principalmente, por me ensinar com paciência e gentileza.

À Dr. Dulce Alves da Silva pela orientação e ajuda com a parte experimental no Laboratório de Sementes da EMBRAPA CENARGEN.

Ao Departamento de Engenharia Florestal e a CNPq por fazer possível minha formação de mestrado neste país.

A meus colegas do grupo de pesquisa Restaura-Cerrado, Marina Guimarães, Silvia Rodríguez, André Coutinho, Monique Alves, José Eduardo Calixto, Matheus Rezende e Graziela Otero, por me apoiar no desenvolvimento da pesquisa, passando parte de suas experiências e conhecimento para facilitar a procura dos resultados do projeto.

A Pamela Moser e Laura Orioli pela ajuda oportuna e generosa na redação do documento escrito da dissertação.

A minha amiga Marília Larocerie, pelo apoio incondicional no projeto e na parte pessoal, pela valiosa amizade.

A todas aquelas pessoas que contribuíram com meu sonho de realizar uma pós-graduação, e a todas aquelas pessoas que conheci no Brasil e foram parte da minha estadia neste grandioso país que sempre levarei no meu coração.

## RESUMO

### CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE ÁRVORES DE CERRADO

Autor: Ivonne Andrea Narváez Zambrano  
Orientador: Daniel Luís Mascia Vieira  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais  
Brasília, março de 2017.

Realizou-se a caracterização ecológica de 37 espécies arbóreas do cerrado, considerando-se 11 atributos funcionais de sementes e plântula. Os teores de água da semente estiveram entre 6-14%. Dezesete espécies tiveram sementes planas, 18 tiveram esféricas e duas alongadas. A massa seca das sementes variou de 2 a 9.175 mg. *Astronium fraxinifolium*, *Tabebuia aurea*, *Lafoensia pacari*, *Aspidosperma macrocarpon* e *Magonia pubescens* tiveram germinação rápida (< 5 dias) e índices de sincronia entre 0,6 - 2,4 bits. *Dipterx alata*, *Luehea paniculata*, *Kielmeyera speciosa* e *Cybistax antisiphilitica*, tiveram germinação intermediária (5 a 10 dias) e índices de sincronia entre 1,7 - 3,2 bits. *Aspidosperma tomentosum*, *Zeyheria montana*, *Plathymenia reticulata* e *Curatella americana*, tiveram germinação mais lenta (> 10 dias) e índices de sincronia entre 3,0 - 3,8 bits. Quatro espécies tiveram plântulas do tipo fânero-epígeo-foliáceo (FEF), duas espécies fânero-epígeo-reserva (FER), três espécies fânero-hipógeo-reserva (FHR) e duas espécies cripto-hipógeo-reserva (CHR). A parte aérea das espécies é predominantemente composta por folhas ao invés de crescimento em altura e a parte subterrânea investe mais em alongamento das raízes do que em engrossamento. As espécies apresentam duas estratégias de uso dos recursos, sendo colonizadoras e tolerantes ao estresse. Espécies colonizadoras apresentaram massa da semente menor, raiz principal alongada e alta área foliar específica (SLA). Espécies tolerantes ao estresse apresentaram massa da semente maior, raízes mais curtas e grossas e menor SLA. A caracterização ecológica realizada, indica a diversidade de estratégias das espécies como resposta à heterogeneidade ambiental. O uso de espécies com estratégias para colonizar e para tolerar o estresse na restauração ecológica, pode contribuir à superação de filtros ecológicos, o que aumentaria as espécies capazes de se estabelecer em áreas degradadas.

**Palavras chave:** Cerrado, espécies lenhosas, características funcionais, restauração ecológica.

## ABSTRACT

The ecological characterization of 37 tree species of the cerrado was performed through the measurement of 11 functional attributes in the seed and seedling stages. Seed species had low water contents (6-14%). Seventeen species had flat seeds, 18 spherical seeds and two elongated seeds. Seed dry mass ranged from 2 to 9.175 mg. *Astronium fraxinifolium*, *Tabebuia aurea*, *Lafoensia pacari*, *Aspidosperma macrocarpon* and *Magonia pubescens*, had rapid germination (<5 days) and synchrony indexes between 0.6 and 2.4 bits. *Dipterx alata*, *Luehea paniculata*, *Kielmeyera speciosa* and *Cybistax antisiphilitica*, had intermediate germination (5 to 10 days) and synchrony indices between 1.7 - 3.2 bits. *Aspidosperma tomentosum*, *Zeyheria montana*, *Plathymenia reticulata* and *Curatella americana*, had slow germination (> 10 days) and synchrony indexes between 3.0 - 3.8 bits. Four species had phanero-epigeal-foliaceous (FEF), two phanero-epigeal-reserve (FER), three phanero-hypogeoal reserve (FHR) and two crypto-hypogeo-reserve (CHR). Seedlings shoots were mostly composed by leaves instead of growing in height, and roots were relatively longer than thicker. The studied species seem to be divided into two strategies of use of the resources, colonizer and tolerant to stress. Colonizer species had lower seed mass, root elongation and high specific leaf area (SLA). Tolerant to stress species had higher seed mass, shorter roots, lower SLA and thicker roots. This work indicates the diversity of species strategies as a response to environmental heterogeneity. The use of species with colonizer and tolerant to stress strategies to ecological restoration can contribute to the overcoming of ecological filters, which would increase the species capable of establishing themselves in degraded areas.

**Key words:** Cerrado, woody species, functional traits, ecological restoration.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
Filtros ecológicos e características funcionais na regeneração natural .....	1
Filtros ecológicos e as respostas das plantas do cerrado .....	12
OBJETIVOS .....	14
MATERIAL E MÉTODOS.....	14
Seleção de espécies.....	14
Beneficiamento e armazenamento das sementes .....	15
Teor de umidade das sementes .....	16
Massa das sementes .....	16
Biometria das sementes .....	17
Germinação, tempo médio e sincronia da germinação.....	17
Classificação morfofuncional de plântulas .....	18
Crescimento e distribuição de biomassa .....	19
Área foliar específica.....	20
Análises.....	20
RESULTADOS.....	20
Teor de umidade e massa seca.....	20
Biometria das sementes e forma .....	22
Germinabilidade, tempo médio de germinação e sincronia da germinação .....	23
Morfologia funcional da plântula .....	25
Altura da plântula e comprimento da raiz .....	26
Distribuição de biomassa .....	28
Área foliar específica .....	29
Síndromes.....	30
DISCUSSÃO.....	32
Atributos regenerativos- Teor de umidade, germinabilidade, tempo médio e sincronia da germinação .....	32
Atributos de crescimento inicial- Morfologia funcional da plântula e forma da semente.....	34
Atributos de crescimento inicial: tamanho da semente, altura, comprimento da raiz, distribuição de biomassa, área foliar específica.....	36
CONCLUSÕES.....	38
BIBLIOGRAFIA.....	39
MATERIAL ILUSTRATIVO.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características funcionais nas etapas de regeneração natural e as respostas aos filtros ecológicos .....	2
Tabela 2. Relações entre atributos, determinam grupos funcionais ou síndromes .....	9
Tabela 3. Frequência de ocorrência de 37 espécies arbóreas no Cerrado .....	15
Tabela 4. Teor de umidade inicial e massa seca de 37 espécies arbóreas do cerrado ..	21
Tabela 5. Parâmetros da biometria de sementes e forma da semente de espécies arbóreas do cerrado.....	22
Tabela 6. Parâmetros de germinação de 14 espécies arbóreas do cerrado .....	23
Tabela 7. Parâmetros morfológicos e classificação morfofuncional de 11 espécies arbóreas do cerrado.....	25

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos morfofuncionais de plântulas.....	19
Figura 2. Frequência relativa da germinação de 11 espécies arbóreas do cerrado .....	24
Figura 3. Parâmetros morfológicos do desenvolvimento de quatro tipos de plântulas de espécies arbóreas do cerrado .....	26
Figura 4. Comprimentos da parte aérea e radicular de 11 espécies arbóreas do cerrado	27
Figura 5. Distribuição de biomassa de 11 espécies arbóreas do cerrado .....	28
Figura 6. Área foliar específica de 10 espécies arbóreas do cerrado .....	29
Figura 7. Análise de componentes principais de características de semente e plântula de 11 espécies arbóreas do cerrado.....	30
Figura 8. Dendrograma de agrupamento de 11 espécies arbóreas do cerrado.....	31

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Filtros ecológicos e características funcionais na regeneração natural

Uma forma de entender o processo de restauração ou montagem de uma comunidade, é através do conhecimento dos filtros abióticos (clima, disponibilidade de recursos, a perturbação) e bióticos (competição, predação, mutualismo) pelos quais os organismos devem passar para se estabelecer em uma área. Estes filtros atuam em diferentes fases do ciclo de vida das plantas, limitando sucessivamente as características ecológicas ou funcionais do conjunto de espécies disponível na região, que podem persistir em uma área (Diaz *et al.*, 1999). Importante para este arcabouço é entender, quais são e como operam, os filtros nas fases de dispersão, quebra de dormência ou quiescência, germinação, emergência, plântula autotrófica e a persistência da plântula estabelecida ao longo da primeira estação de crescimento (Larson e Funk, 2016), tendo como unidade de investigação cada espécie ou característica funcional de sementes e plântulas.

Aplicar nos projetos de restauração técnicas que superem os filtros ecológicos, possibilitaria o aumento do número de espécies capazes de se estabelecer em áreas degradadas e favoreceria a razão plantas estabelecidas/sementes semeadas (Larson, *et al.*, 2014; Palma e Laurace, 2015; Ceccon *et al.*, 2016). No entanto, há pouca informação sobre características funcionais de sementes e plântulas e como elas respondem a filtros ecológicos (Larson *et al.*, 2014).

As características funcionais são do tipo morfológico, fisiológico, anatômico, bioquímico e fenológico. Mensuráveis ao nível individual, desde o nível celular até o organismo, se expressam nos fenótipos, e variam em função do tempo e de gradientes ambientais (Violle *et al.*, 2007). Um valor particular tomado pela característica é chamado atributo do indivíduo (Lavorel *et al.*, 1997). Devido a que as características funcionais podem ser mensuradas em qualquer espécie (Violle *et al.*, 2007) e influenciam os processos das plantas que permite-lhes crescer, competir, reproduzir-se e sobreviver ao estresse abiótico e biótico, elas representam uma unidade de comparação comum para prognosticar o desempenho das espécies a composição das comunidades, e como elas mudam ao longo do tempo e do espaço (Larson e Funk, 2016).

Tais características também podem influenciar as habilidades das espécies para colonizar ou prosperar em um habitat e persistir às mudanças ambientais (Díaz *et al.*, 2013),

respondendo frente aos filtros, individualmente (Tabela 1) ou através de relações entre atributos funcionais (Tabela 2).

Tabela 1. Características funcionais nas etapas de regeneração natural e as respostas aos filtros ecológicos

---

## **Propágulos**

---

### **Dispersão de sementes: Anemocórica**

Sementes ou frutos alados são facilmente dispersos pelo vento na estação seca, para germinar e se estabelecer na estação chuvosa (Montoro, 2008). Possuem acessórios que aumentam a resistência do ar e tornam lenta a sua queda (Okubo e Levin, 1989; Willson, 1992) e atuam como pressões seletivas, influenciando a distância na que são transportados (Levin *et al.*, 2003) e proporcionando produtividade segundo o ambiente onde o indivíduo vive. Assim, a dispersão de uma mesma espécie anemocórica é mais afetada em uma floresta densa do que em uma área limpa (Eriksson e Jakobsson, 1999). Em pequenas escalas, as sementes anemocóricas são mais capazes de colonizar áreas degradadas do que sementes de plantas dispersas por vertebrados (Vieira e Scariot, 2006).

### **Dispersão de sementes: Zoocórica**

O nicho de regeneração das sementes grandes também é o nicho de animais consumidores de frutas; (Tiffney, 2004). Assim, áreas fechadas favorecerão a dispersão de sementes grandes que necessitam de meios bióticos para serem transportadas a distâncias maiores e se estabelecer distantes da planta mãe (Eriksson *et al.*, 2000; Eriksson, 2008). Sementes transportadas por animais que as consomem, as levam no seu intestino e depois as ejetam, geralmente possuem apêndices comestíveis (Willson, 1992; Traveset *et al.*, 2013). Frutos carnosos também estão associados ao aumento da massa de sementes durante a evolução (Leishman *et al.*, 2000). Pressões seletivas favoreceram as sementes maiores e mais espessas porque seriam mais resistentes à abrasão mecânica e química do trato digestivo dos animais (Bolmgren e Eriksson, 2010).

---

## **Sementes**

---

### **Tamanho de semente: Pequena**

Comuns em espécies pioneiras ou colonizadoras (Whitmore, 1989; Hewitt, 1998; Coomes e Grubb, 2003). Formam bancos de sementes que germinam rápido em condições adequadas de luz e umidade (Dalling *et al.*, 1998; Moles e Leishman, 2008).

---

Respondem rápido à disponibilidade de luz, alocando suas reservas para o tecido fotossintético permitindo o rápido crescimento e compensando a baixa quantidade de reservas (Kitajima, 1994; Rose e Poorter, 2003; Paz e Martínez-Ramos, 2003). Possuem mecanismos eficazes para se enterrarem, o que geralmente as tornam persistentes no banco de sementes (Thompson *et al.*, 1993). Sua germinação e emergência são inibidas abaixo da serapilheira ou a grandes profundidades do solo (Jurado e Westoby, 1992; Vazquez-Yanes, *et al.*, 1990; Guzman-Grajales e Walker, 1991; Metcalfe e Grubb, 1997). Suas plântulas podem ser menos capazes de rebrotar, pois possuem menos carboidratos não-estruturais armazenados no caule e na raiz, necessários para produzir novos brotos e folhas (Harms e Dalling, 1997; Rose e Poorter, 2003). São predadas principalmente por insetos como formigas (Osunkoya, 1994; Nepstad, *et al.*, 1996). São mais vulneráveis às condições ambientais adversas como a seca (Leishman e Westoby, 1994).

#### **Tamanho de semente: Médio e Grande**

São geralmente mais limitadas na dispersão porque não podem ser transportadas por mecanismos como barocoria ou aderidas ao exterior animal e devem fazê-lo por animais maiores, ou menos frequente pelas correntes de água e a gravidade (Foster e Janson, 1985; Wheelwright, 1985). Tamanhos das sementes entre 200-4000 mg são geralmente mais propensos a predação por roedores, pois podem ser encontradas mais facilmente que sementes menores e são manipuladas mais facilmente que sementes maiores (Hammond, 1995; Holl e Lulow, 1997). A maior predação pós-dispersão de sementes grandes pode gerar germinação rápida para evitar o risco de mortalidade (Blate *et al.*, 1998). Aumentam o estabelecimento inicial da plântula até as reservas da semente estar totalmente esgotadas (Leishman *et al.*, 2000; Moles e Westoby, 2004). Podem resistir melhor à dessecação e à predação, inclusive das plântulas (Metcalfe e Grubb, 1997; Dalling e Harms, 1999; Green e Juniper, 2004; Baraloto *et al.*, 2005) ou à perturbação por animais (Forget, 1992; Coomes e Grubb, 2003). Existe uma faixa de profundidade do solo na qual a emergência das plântulas será mais frequente ou será impedida se for ultrapassada, o que origina uma forte correlação entre o tamanho das sementes e a profundidade do enterro a partir da qual as plântulas podem surgir (Jurado e Westoby, 1992; Bond *et al.*, 1999). Portanto, sementes grandes podem resistir melhor ao enterramento dentro de camadas de solo e serapilheira mais espessas (Guzman-

Grajales e Walker, 1991; Westoby, *et al.*, 1996); respostas positivas das sementes grandes aos filtros ambientais em savanas incluem tolerância a altas temperaturas e ao choque térmico, o que possivelmente ajudaria a explicar a dominância de sementes grandes em áreas de savanas abertas com alta temperatura e queimadas de alta intensidade (Ribeiro *et al.*, 2015). E também maiores probabilidades de sobrevivência das plântulas, onde a vantagem das sementes grandes persiste depois do esgotamento das reservas da semente, sugerindo que o tamanho da semente evoluiu sobre pressões seletivas similares relacionadas com o fogo e a seca em três continentes Austrália, América do Sul e África (Lahoreau *et al.*, 2006).

#### **Forma da semente: Plana**

Sementes planas podem estar adaptadas a emergir de camadas finas ou de a superfície do solo, possivelmente devido à dificuldade do enterro e a que uma maior área de superfície dificulta a emergência através da camada de solo quando têm germinação epígea.

#### **Forma da semente: Esférica**

Sementes esféricas poderiam estar adaptadas a emergir de camadas mais espessas de solo, possivelmente porque são mais facilmente enterradas e sua menor área de superfície facilita o passo do cotilédone pela camada de solo quando têm germinação epígea.

#### **Teor de água na semente: Baixo**

A possibilidade de mudar o índice de água, segundo a disponibilidade no ambiente, é uma resposta adaptativa aos climas e habitats com acesso irregular a água (Kappen e Valladares, 2007). Muitas espécies de árvores de floresta seca produzem sementes ortodoxas com baixo teor de água, por isso, são menos suscetíveis à desidratação e podem ser armazenadas ex-situ até a estação úmida (Vieira e Scariot, 2006).

#### **Teor de água na semente: Alto**

Chamadas sementes recalcitrantes, possuem alto teor de água, pois não sofrem desidratação natural na planta mãe (Thompson *et al.*, 1993; Hong e Ellis, 1996). São difíceis de armazenar por longo prazo devido a que progridem para a germinação. Seu

uso em programas de reflorestamento e conservação *ex situ* é problemático (Daws *et al.*, 2005). Em ambientes secos, podem minimizar o risco de dessecação ao sincronizar a queda com o período de máxima precipitação (Pritchard *et al.*, 2004).

### **Tempo médio de germinação: Lento**

Condições desfavoráveis para a germinação e o estabelecimento das plântulas podem ser evitadas pela quiescência ou pela dormência das sementes. Nas florestas estacionais, uma semente dispersada na estação seca pode não absorver água, ficando, sua germinação adiada para o começo da estação úmida. Quando dispersada no final da estação úmida, a semente pode atrasar sua germinação até o começo da estação chuvosa seguinte, garantindo o crescimento necessário das plântulas para sobreviver na estação seca (Dalling *et al.*, 2002). Em climas sazonais durante períodos ambientais adversos como a estação seca, as sementes de espécies pioneiras de curta duração, pioneiras de longa duração e primárias, apresentam dormência sazonal por vários meses ou anos, podendo ter germinação atrasada e geralmente assíncrona (Vazquez-Yanes e Orozco Segovia, 1984; Garwood, 1989). No cerrado, em uma escala temporal, a baixa emergência de plântulas da maioria das espécies lenhosas sob alta cobertura de serapilheira e nível muito baixo de luz, sugere uma adaptação a retardar a germinação de sementes e crescimento de plântulas até a chegada da estação chuvosa quando a água do solo não limita o desenvolvimento vegetal (Salazar *et al.* 2011) e a cobertura de serapilheira diminui por causa da rápida decomposição (Villalobos-Vega *et al.*, 2011). Assim, após o início da estação chuvosa, com ampla água no solo e redução da camada de serapilheira na superfície, há maior oportunidade para a germinação de sementes e crescimento de plântulas de espécies lenhosas do cerrado (Salazar *et al.*, 2012).

### **Tempo médio de germinação: Rápido**

A germinação rápida é a resposta mais comum nas espécies de florestas tropicais e ocorre dentro de todas as estratégias de regeneração (Garwood, 1989) para aproveitar as condições favoráveis da estação chuvosa, visando maximizar a duração da primeira estação de crescimento e conseguir o desenvolvimento de indivíduos com sistemas radiculares que lhes garanta a sobrevivência na estação seca (Garwood, 1983; Borghetti e Ferreira, 2004). Também pode ser uma estratégia para lidar com a competição plântula-plântula, quando as espécies crescem em ambientes com alta competição pela

luz como no caso das pioneiras nas clareiras de florestas. Os indivíduos que germinarem primeiro terão uma vantagem competitiva, permitindo que as plantas jovens alcancem um tamanho maior antes da reprodução e/ou proporcionando um período mais longo durante o qual a reprodução ocorre (Garwood, 1983; Donohue *et al.*, 2010). Onde as densidades de plântulas são altas, existe uma forte competição pela luz, e a vantagem de até um ou dois dias no tempo de germinação, é um fator determinante do sucesso competitivo (Harper, 1977).

### **Tempo médio de germinação: Intermediário**

Tempos de germinação intermediários e atrasados muito provavelmente são o resultado de diferentes graus de dormência nas sementes de uma espécie, como estratégia para melhorar o sucesso reprodutivo a longo prazo e espalhar o risco ao longo do tempo (Venable, 2007) em ambientes heterogêneos e imprevisíveis, o que é conhecido como “bet-hedging” ou diversificação de apostas (Olofsson *et al.*, 2009). Como a seleção do tempo de germinação opera através da sobrevivência por acontecer de forma heterogênea tanto no espaço quanto no tempo dentro de uma determinada espécie (Donohue *et al.*, 2010), quanto maior a variância temporal na sobrevivência e no sucesso reprodutivo, mais favorável é a dormência como uma estratégia de diversificação de apostas (Venable e Lawlor 1980). Devido ao padrão errático das chuvas nas florestas tropicais secas como o cerrado e ao estar a germinação das sementes e o estabelecimento inicial das plântulas altamente limitados pela disponibilidade de água (Vieira e Scariot, 2006), as espécies mostram diferentes graus de dormência dentro da população de sementes que resultam em taxas de germinação lenta. Esta estratégia é vantajosa para lidar com os regimes de precipitação imprevisíveis (Alves-Da-Silva *et al.*, 2010). Valores extremos no gradiente de tempo para a germinação, podem ser arriscados, podendo resultar em um baixo sucesso no estabelecimento de plântulas, por tanto, teoricamente os tempos de germinação intermediários seriam melhores (Rees, 1994). Na natureza se observa que as espécies que germinam rapidamente, expõem suas plântulas a condições imprevisíveis (Daws, *et al.*, 2006), enquanto as sementes que germinam muito lento acumulam riscos de predação ou podem perder a oportunidade de ocupar micro sítios livres adequados para o seu estabelecimento (Norden *et al.*, 2009).

---

## **Plântulas**

---

### **Tipo de germinação: Epígea**

Germinação epígea predomina na maioria dos habitats (Pujol *et al.*, 2005). A altura dos cotilédones pelo alongamento do hipocótilo ou dos pecíolos é importante quando condições de altas temperaturas perto da superfície do solo podem impedir a fotossíntese, especificamente sob o solo exposto, o que limita a disponibilidade de água ou a atividade das enzimas fotossintéticas (Garwood *et al.*, 1996).

### **Tipo de germinação: Hipógea**

Germinação hipógea parece atingir uma frequência relativamente alta em habitats de savana propensos a incêndios (Rizzini, 1965; Burt, 1972; Jackson, 1974), talvez porque confere às plântulas maior tolerância ao fogo ou à seca, especialmente quando combinadas com enterramento de sementes (Pujol, *et al.*, 2005). Provavelmente também confere capacidade de aguentar danos causados por herbívoros, dado que a sobrevivência após o pastoreio foi cinco vezes maior em espécies de germinação hipógea do que de germinação epígea (Baraloto e Forget, 2007). A retenção de reservas armazenadas no subsolo (em cotilédones de reserva ou transferidas para o hipocótilo) poderia reduzir o risco de danos letais das partes aéreas de plântulas pelo fogo, pela seca ou pela herbivoria (Rizzini, 1965; Jackson, 1974; Harms e Dalling, 1997). Isto poderia ser de maior importância para os arbustos que colonizam a vegetação de sucessão secundária em que o fogo é mais frequente e as plântulas estão mais expostas às condições da seca do que às árvores (Pujol, *et al.*, 2005).

### **Crescimento de raiz e parte aérea: Alto**

Plântulas de maior porte podem sobreviver melhor porque teriam maior acesso à luz e ao abastecimento de água confiável (Lahoreau, *et al.*, 2006) pela produção de raízes mais profundas sendo mais propensas a sobreviver períodos de seca (Coomes e Grubb, 2003). Devido ao sistema radicular pequeno, as plântulas são vulneráveis à dessecação quando acontecem eventos menos intensos e/ou menos prolongados de restrição hídrica, por isso há forte seleção para a rápida extensão da raiz. O tamanho da reserva de carboidratos em caules e raízes de plântulas é um melhor preditor de sobrevivência na sombra do que o tamanho de reserva de cotilédones (Zanne *et al.*, 2005). A

habilidade das plantas para tolerar e responder aos distúrbios também depende da alocação de biomassa. Se uma espécie possui a estratégia de conservar recursos, a partição de biomassa iria para os órgãos de armazenamento, como as raízes. Tal estratégia pode ter sido selecionada em ambientes onde a oferta de recursos varia sazonalmente e os recursos armazenados da plântula apoiam tanto a sobrevivência através das estações não aptas para o crescimento quanto a rebrota no início das estações de crescimento (Tomlinson *et al.*, 2013), como acontece em ambientes propensos ao fogo.

#### **SLA (Área foliar específica): Baixa**

Comparando com formações florestais, as espécies de savana mantem baixa SLA (Hoffmann e Franco, 2003; Hoffmann *et al.*, 2005) e mostram maior plasticidade fenotípica no SLA, provavelmente como adaptação a valores médios maiores de níveis de luz e à maior variabilidade na disponibilidade de luz nas savanas do que nas florestas (Hoffmann e Franco, 2003). A SLA baixa é uma característica comum em ambientes pobres em nutrientes e água, provavelmente porque permite uma maior longevidade folhar (folhas perennes) e uma maior eficiência do uso de nutrientes (Reich *et al.*, 1992; Cornelissen *et al.*, 1996). As altas irradiações e a seca sazonal típicas dos ambientes de cerrado provavelmente contribuiriam para a evolução de uma SLA baixa nas espécies de savana (Hoffman *et al.*, 2005).

#### **SLA (Área foliar específica): Alta**

Em grupos funcionais decidúas-perennes, de plantas lenhosas do mediterrâneo, existe uma associação entre a SLA e a longevidade da folha, sendo em média a SLA, significativamente maior em espécies decíduas do que em espécies perenes. Assim, as espécies com alta SLA teriam vantagem em habitats produtivos, mas com custo na longevidade folhar com acontece nas espécies decíduas, enquanto que as espécies com baixa SLA de maior longevidade folhar, teriam vantagem em habitats com escassez de recursos como água e nutrientes, como acontece nas espécies perenes (Cornelissen *et al.*, 1998).

---

Tabela 2. Relações entre atributos, determinam grupos funcionais ou síndromes.

---

<b>Relação entre atributos</b>
<b>Zoocoria + Alto teor de água + Germinação</b>
Muitas espécies de árvores presentes nas florestas tropicais produzem sementes recalcitrantes dispersas por animais ou por autocoria que pelo vento (Pammenter e Berjak, 2000). Apesar da sensibilidade à dessecação e a curta duração da viabilidade das sementes recalcitrantes, produzem uma rápida germinação após a dispersão, com pouca ou nenhuma imbibição (Daws <i>et al.</i> , 2005). Para as sementes recalcitrantes não há um banco de sementes persistente no solo, e sim, um banco de plântulas persistentes (Murdoch e Ellis, 1992). Sua germinação rápida minimiza o risco de desidratação e a duração da exposição à predação. Por tanto, pode haver menor investimento em recursos para as defesas físicas de sementes, tanto em termos de redução do risco de predação quanto da restrição mecânica à germinação (Daws <i>et al.</i> , 2005). No cerrado a época de dispersão tem um efeito significativo sobre o teor de água das sementes, assim, espécies dispersas na estação seca têm baixos teores de água comparados com as sementes dispersas na estação chuvosa (Salazar <i>et al.</i> , 2011). A dispersão na estação seca permite que um banco de sementes sazonal se acumule antes do início das chuvas significativas e facilite a ocupação do lugar antes que espécies sem banco de sementes (Garwood, 1983). Para as espécies ortodoxas, uma germinação menos rápida e uma maior dispersão dos tempos de germinação, podem ser vantajosas em ambientes de chuvas imprevisíveis, como acontece no início da estação chuvosa (Garwood 1983).
<b>Tamanho da semente + Morfologia da raiz e do caule</b>
Espécies de sementes pequenas podem detectar clareiras (respondendo à luz), mas evitar germinar nelas onde é improvável de se estabelecer; devido à rápida secagem do solo superficial, apenas as espécies de sementes grandes que desenvolvem raízes profundas rapidamente, podem se estabelecer com sucesso (Fenner e Thompson, 2005). Espécies de semente pequenas estão associadas com caules ortotrópicos (crescimento perpendicular ao chão) e sistemas radiculares dicotômicos (Baraloto e Foget, 2007). Espécies com sementes grandes estão associadas a caules plagiotrópicos (crescimento horizontal) e raízes pivotantes (Baraloto e Foget, 2007).

---

## Relação entre atributos

---

### **Tamanho da semente + Tipo de germinação + Tipo de cotilédone + SLA (área foliar específica) + RGR (taxa de crescimento relativo).**

Germinação epígea geralmente é associada a sementes pequenas que desenvolvem cotilédones foliáceos (Baraloto e Forget, 2007) e têm uma RGR rápida (taxa de crescimento relativo-RGR- da sigla do inglês “relative growth rate”) porque a superfície fotossintética inicial é grande (Kitajima e Fenner, 2000), no entanto, requerem taxas mais elevadas de fornecimento de recursos (luz, água, nitrogênio, nutrientes minerais) para atingir seu pleno potencial de crescimento rápido (Pujol *et al.*, 2005). Os cotilédones podem fornecer suporte para as plântulas nas suas necessidades de energia e nutrientes como órgãos fotossintéticos ou de reserva, respectivamente (Kitajima, 2003). Ter cotilédones fotossintéticos, alta área foliar específica e alta razão de área foliar (LAR), possibilita que uma espécie possa crescer mais rápido tanto na luz quanto na sombra (Kitajima, 1992). Em geral, as plântulas com cotilédones de reserva têm RGR lentas, pois a área inicial da folha em relação à massa total da planta é pequena (Kitajima e Fenner, 2000). Germinação hipógea-criptocotiledonar tende a estar relacionada com sementes grandes (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2001; Zanne *et al.*, 2005; Baraloto e Forget, 2007).

### **Tamanho da semente + Tipo de germinação + RGR + SLA**

Menores reservas da semente e posição do cotilédone acima do solo reagem de forma negativa à intensa herbivoria pós-dispersão e à queda de serapilheira (Howe *et al.*, 1985; Molofsky e Augspurger, 1992). As espécies de sementes pequenas tendem a ter uma área foliar específica (SLA – da sigla do inglês “specific leaf area”) e área foliar (LAR – da sigla do inglês “leaf area ratio”) maiores, os dois atributos são importantes para explicar as diferenças na taxa de crescimento relativo. A relação negativa entre a massa de sementes e a razão da área foliar (LAR) nas espécies de savana poderia representar um obstáculo ecológico para as plântulas de espécies de sementes pequenas que precisam de maior área foliar para assegurar um crescimento rápido (Hoffmann e Franco, 2003), sendo ainda mais desvantajoso pelo fato das espécies de sementes pequenas ser mais sensíveis às tensões como a seca (Leishman e Westoby, 1994) e a herbivoria (Armstrong e Westoby, 1993).

Sementes grandes têm frequentemente seu nicho de regeneração em ambientes sombreados; suas plântulas de maior longevidade foliar e SLA baixa conseguem resistir

---

### Relação entre atributos

---

melhor às perdas de carbono associadas a baixos níveis de luz (Foster, 1986; Leishman e Westoby, 1994; Kitajima, 1994). Fatores além da luz (possivelmente, predação após-dispersão), influenciam a relação entre o tamanho da semente e a emergência das plântulas e o recrutamento, (Paz e Martínez-Ramos, 2003; Lönnberg e Eriksson, 2012). Se uma semente pequena e uma semente grande germinarem ao mesmo tempo, haverá um período inicial quando as espécies de semente grande terão uma vantagem de tamanho absoluto (Fenner e Thompson, 2005). Este período inicial em que o tamanho das sementes é o principal determinante do tamanho das plântulas pode durar até 105 dias ou 160 dias segundo a espécie e as condições de nutrientes do solo (Howe e Richter, 1982; Stock *et al.*, 1990). Mesmo assim, plântulas de sementes menores e maiores poderiam atingir a paridade até o final da primeira estação de crescimento (Seiwa e Kikuzawa, 1996).

### Hábito foliar + RGR

Existem diferenças na taxa de crescimento relativo entre os grupos funcionais, decíduas e perenes. Tais diferenças nos componentes que dirigem a RGR entre as espécies de savana acontecem porque elas possuem diferentes estratégias selecionadas para lidar com as perturbações por incêndios. As espécies perenes, podem ter sido selecionadas para uma estratégia de tolerância ao fogo que depende de estabelecer rapidamente cobertura de folhas proporcionalmente grande (fração de massa foliar alta), portanto, rebrota rápida (taxa de crescimento relativa alta) em contraste com o alto armazenamento de carboidratos nas raízes entre espécies decíduas (Tomlinson *et al.*, 2014), esta distribuição para o armazenamento apresenta desvantagens na taxa de crescimento relativo (Tomlinson *et al.*, 2014).

---

As características das plantas na fase de regeneração, estão relacionadas a estratégias que aumentam o potencial de sucesso do estabelecimento em circunstâncias específicas (Grime e Hillier, 1992). Uma estratégia vegetal é entendida como o agrupamento de características genéticas semelhantes ou análogas que se repetem entre espécies ou populações, o que leva a semelhanças na ecologia (Grime, 1977). Características morfológicas, de crescimento e distribuição de biomassa, refletem no maior crescimento ou sobrevivência durante períodos limitados de recursos (Wright e Westoby, 1999) e são usadas para distinguir espécies de crescimento mais lento (tolerantes ao estresse) das espécies de

crescimento mais rápido (ruderais e competitivas), sob o esquema, competidor-estresse tolerante-ruderal (CSR), (Grime 1977). Na análise global de plantas CSR, as espécies de savana estiveram altamente representadas por espécies CS/CSR (34:51:15%), (Pierce *et al.*, 2016)

Toda característica funcional tem desvantagens e benefícios associados, de tal forma que nenhuma permite o melhor desempenho de uma planta em todos os ambientes (Lambers *et al.*, 2008). As características funcionais podem envolver um amplo espectro de demandas conflitantes (trade-offs), como crescimento versus reprodução, tolerância à sombra versus tolerância à seca, capacidade competitiva versus colonização (Kneitel e Chase, 2004). Demandas conflitantes entre a aquisição de recursos e sua distribuição para as diferentes necessidades da planta, conferem certa capacidade do uso dos recursos que quando disponíveis em maior quantidade da usada pelas plantas, caracterizam a comunidade com um grupo de espécies dominantes que por sua vez, alteram a disponibilidade de luz, carboidratos e nutrientes, e os fluxos de recursos através do ecossistema (Schulze e Chapin III, 1987).

Dentre das técnicas de restauração, as características das plântulas têm sido testadas para conhecer sua capacidade de sobreviver e se estabelecer em campo (Mattsson, 1997). Características morfológicas da plântula como altura da parte aérea, diâmetro do caule, robustez (razão altura/diâmetro) e a razão biomassa raiz/parte aérea, têm boas correlações com o desempenho no campo (Jacobs *et al.*, 2005). Medidas da morfologia do sistema radicular, como a massa radicular, o volume de raízes, o número de raízes laterais de primeira ordem ( $1 \geq$  mm na junção com a raiz principal), comprimento da raiz e índice da área radicular, também são consistentes na determinação da qualidade das plântulas e na previsão do desempenho em campo (Grossnickle, 2005).

## **1.2. Filtros ecológicos e as respostas das plantas do cerrado**

As formações savânicas do Cerrado (referida como cerrado ao longo do texto) são caracterizadas pela sazonalidade na precipitação ao longo do ano, com invernos secos e verões úmidos (Ribeiro e Walter, 2008). Os solos do cerrado são geralmente profundos, bem drenados, ácidos, com baixa disponibilidade de nutrientes e saturação elevada de alumínio (Goodland e Pollard, 1973), sendo este último um fator de estresse mineral particular em savanas (Lüttge, 2008). Durante a estação seca o cerrado está exposto a condições climáticas e edáficas severas, como temperatura (25-40°C ao meio-dia), intensidade luminosa elevada

(irradiâncias de 1500 a 2500  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e déficit hídrico sazonal nas camadas mais superficiais do solo (Furley e Ratter, 1988; Franco, 2004).

Como resposta às variações sazonais na disponibilidade de água no solo, as plantas adultas possuem um sistema radicular que consegue penetrar as camadas de solo, atingindo profundidades maiores que 8 m e captando água horizontalmente a mais de 12 m de distância (Palhares *et al.*, 2010), para assegurar uma fonte de água estável ao longo do ano, minimizando os efeitos do déficit hídrico sazonal (Hoffmann *et al.*, 2004).

Espécies sempre verdes captam água preferencialmente de um a dois metros de profundidade e espécies decíduas captam água preferencialmente de três a quatro metros de profundidade (Scholz *et al.*, 2002), mesmo assim, as espécies lenhosas do cerrado, captam água em todos os estratos do solo independentemente da fenologia foliar (Franco *et al.*, 2005). Isso evidencia que a profundidade da raiz atingida pelas árvores adultas não seria o ponto crítico, mas se a velocidade de crescimento e a profundidade atingida pelas raízes das plantas jovens na fase de estabelecimento, para ter acesso a água do solo e garantir a sobrevivência (Palhares *et al.*, 2010).

O cerrado é dominado pelas gramíneas C4 que tomam vantagem da alta luminosidade e dos verões quentes e úmidos para acumular biomassa que será inflamável nos invernos secos (Simon *et al.*, 2009), provocando incêndios várias vezes em uma década (Barbosa *et al.*, 1999) As plantas do cerrado apresentam diversas características adaptadas ao fogo, por exemplo, arbustos rosulados (com folhas que formam rosetas devido aos curtos entrenós do caule), arvoredos com paquicaules (sistema caulinar desproporcionalmente grosso em diâmetro), árvores com cascas grossas, ramos esparsos, brotos espessos, folhas concentradas nas pontas dos brotos e fenologias de floração e frutificação adaptadas à sazonalidade (Batalha *et al.*, 1996).

Outros exemplos de adaptações ao fogo incluem o hábito de crescimento subterrâneo caracterizado por uma ampla rede de brotos lenhosos semelhante a uma árvore subterrânea (subfrutescente geoxílico); este hábito confere rápido rebrote após o fogo. Quando as primeiras estruturas a aparecer são as flores, o rápido estabelecimento das sementes e a dispersão, são facilitados antes do restabelecimento da camada herbácea (Simon *et al.*, 2009; Simon e Hughes, 2011). Também podem se encontrar arbustos lenhosos ou árvores com estruturas lenhosas subterrâneas que se tornam plantas herbáceas funcionais pelo deslocamento da sua biomassa subterrânea na forma de xilopódios ou lignotubérculos (Simon *et al.*, 2009).

## **1. OBJETIVOS**

O objetivo geral foi caracterizar 11 atributos funcionais de espécies arbóreas e arbustivas do Cerrado, no ciclo de vida de semente e plântula. Os objetivos específicos, foram: (i) caracterizar os atributos relacionados com a regeneração: conteúdo inicial de água, tamanho e forma da semente, germinabilidade, tempo médio de germinação, sincronia da germinação; (ii) caracterizar os atributos de crescimento inicial da plântula: classificação morfofuncional de plântulas, altura da plântula, comprimento da raiz, distribuição de biomassa raiz-parte aérea e área foliar específica; (iii) realizar comparações interespecíficas dos atributos de sementes, germinação e plântulas; (iv) verificar se existem padrões de combinação nas fases de regeneração e crescimento da plântula.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. Seleção de espécies**

Trinta e sete espécies foram selecionadas segundo a classificação das cem mais frequentes nas seis províncias florísticas do cerrado (Bridgewater *et al.*, 2004). As espécies se encontram entre um e 72% de frequência de ocorrência nas seis províncias fitogeográficas do cerrado (Tabela 3). Dentre as 37 espécies, 30 fazem parte das 121 espécies dominantes da flora do cerrado (Bridgewater *et al.*, 2004) e foram coletadas conforme a disponibilidade entre os meses de agosto e dezembro de 2015, durante a estação seca e início da estação chuvosa, nas formações savânicas situadas na área de influência da usina hidrelétrica de Serra do Facão, do município Catalão. As sete restantes foram adquiridas por doação de pesquisadores de Embrapa cerrados, Universidade de Brasília e a Rede de Sementes do Xingu, provenientes das regiões de Diamantina, Damianópolis e Posse do estado de Goiás, Grão Mogol do estado de Minas Gerais e Xingu do estado de Mato Grosso. Foram coletadas sementes de três a dez matrizes.

Tabela 3 Frequência de ocorrência de 37 espécies arbóreas no Cerrado. Porcentagens de frequência de ocorrência são mostradas para cada província fitogeográficas e para o total delas (375 levantamentos). Província A: cerrados do sul. Província B: cerrados do Sul-deste. Província C: cerrados do Nordeste. Província D: cerrados do oeste-extremo. Província E: cerrados do centro-oeste. Província F: savanas amazônicas disjuntas. T: Todas as províncias. \* Espécies que não foram encontradas nos levantamentos do (Bridgewater, Ratter, e Ribeiro, 2004)

Espécie	Família	A	B	C	D	E	F	T
<i>Kielmeyera speciosa</i> A. St.-Hil. *	<i>Calophyllaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diospyros sericea</i> A.DC. *	<i>Ebenaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. *	<i>Leguminosae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	<i>Bignoniaceae</i>	0	0	0	33	0	0	1
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	<i>Rutaceae</i>	0	38	0	0	0	0	7
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.	<i>Leguminosae</i>	41	26	0	0	0	0	7
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	<i>Solanaceae</i>	41	41	0	0	0	0	10
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	<i>Leguminosae</i>	0	59	27	0	0	0	16
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	<i>Vochysiaceae</i>	73	58	0	0	0	67	17
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. e Zucc.) A.Robyns	<i>Malvaceae</i>	0	0	0	22	0	43	17
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	<i>Leguminosae</i>	0	0	0	0	0	55	21
<i>Luehea paniculata</i> Mart.	<i>Malvaceae</i>	0	0	18	0	0	52	23
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich. ex DC	<i>Rubiaceae</i>	0	0	0	56	0	57	23
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	<i>Bignoniaceae</i>	59	30	27	11	0	28	25
<i>Heteropterys</i> sp.	<i>Leguminosae</i>	0	0	0	0	0	0	30
<i>Anacardium occidentale</i> L.	<i>Anacardiaceae</i>	0	64	0	0	10	40	30
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	<i>Leguminosae</i>	50	55	43	0	0	26	31
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	<i>Apocynaceae</i>	0	41	42	11	0	41	31
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	<i>Compositae</i>	95	64	16	0	0	31	33
<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.	<i>Sapindaceae</i>	0	0	39	22	0	67	33
<i>Terminalia argentea</i> Mart.	<i>Combretaceae</i>	36	32	0	22	0	68	35
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	<i>Annonaceae</i>	68	74	48	0	0	28	38
<i>Zeyheria montana</i> Mart.	<i>Bignoniaceae</i>	45	47	33	0	0	26	42
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	<i>Apocynaceae</i>	64	63	31	0	0	54	42
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	<i>Bignoniaceae</i>	86	64	0	0	0	66	43
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	<i>Leguminosae</i>	32	42	64	56	0	56	45
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott.	<i>Anacardiaceae</i>	0	37	45	56	0	78	47
<i>Caryocar brasiliense</i> A.St.-Hil.	<i>Caryocaraceae</i>	77	95	30	11	0	59	51
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	<i>Leguminosae</i>	41	84	58	0	0	59	52
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. e Hook.f. ex S.Moore	<i>Bignoniaceae</i>	45	53	64	78	81	0	58
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart.	<i>Calophyllaceae</i>	50	92	63	33	69	0	59
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth	<i>Leguminosae</i>	86	66	81	0	76	0	62
<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	<i>Lythraceae</i>	73	81	66	0	79	0	62
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Hayne	<i>Leguminosae</i>	55	77	82	0	77	0	62
<i>Curatella americana</i> L.	<i>Dilleniaceae</i>	0	44	51	78	85	81	65
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	<i>Vochysiaceae</i>	100	70	84	0	94	0	71
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	<i>Leguminosae</i>	64	85	78	56	76	51	73

## 2.2. Beneficiamento e armazenamento das sementes

A remoção de sementes se fez de acordo com as características do fruto. As sementes que apresentaram sinais de predação por insetos ou malformação foram descartadas e

retiraram-se impurezas como folhas e pecíolos. Todas as sementes foram armazenadas em câmara de espera a 10 °C e 30% de umidade.

### 2.3. Teor de umidade das sementes

O teor de umidade por espécie foi medido de uma amostra de 100 sementes, com o método da estufa 105±3°C, por 24 horas. Para sementes maiores (peso de 1.000 sementes >200g) e/ou com tegumento muito duro foram aplicadas as normas da RAS (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013). As sementes foram cortadas em pedaços pequenos menores do que 7,0 mm. O corte foi realizado em duas amostras, cada uma de peso aproximado ao de cinco sementes intactas retiradas da amostra média. As amostras foram rapidamente cortadas, re combinadas e misturadas com uma espátula, antes de serem retiradas as duas repetições, as quais colocaram-se em recipientes previamente pesados. A exposição da amostra ao ambiente não excedeu os quatro minutos. A porcentagem de umidade calculou-se na base do peso úmido, com a fórmula:

$$\% \text{ de Umidade (U)} = \frac{100 (P-p)}{P-t}$$

Em que:

**P** = peso inicial, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente úmida.

**p** = peso final, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente seca.

**t** = tara, peso do recipiente com sua tampa.

A pesagem se fez em gramas, com duas casas decimais e o resultado final foi obtido através da média aritmética das porcentagens de cada uma das repetições retiradas da amostra de trabalho.

### 2.4. Massa das sementes

Para calcular a massa (tamanho) das sementes foi feita a média de quatro repetições do peso de 25 sementes secas em estufa a 105±3°C durante 24 horas, a partir de uma amostra composta das matrizes de colheita.

## 2.5. Biometria das sementes

O comprimento da semente foi medido com paquímetro digital em 30 sementes de uma amostra composta das matrizes. Tomou-se a medida longitudinal, desde a base até o ápice, e a largura, da face mais larga da semente perpendicular ao comprimento, no sentido da largura dos cotilédones, correspondendo à linha mediana das sementes. Para a espessura, foi medida a face menos larga da semente, na linha média, abrangendo os dois cotilédones.

As medições de comprimento, largura e espessura das sementes foram utilizadas para determinar sua forma. Os valores foram estimados pela variância das três dimensões, depois de que cada um dos valores é dividido pelo maior (Thompson *et al.*, 1993). A variância apresenta valores entre zero e um, e não tem unidade de medida. Valores menores que 0,14 correspondem a formas esféricas, enquanto que valores maiores que 0,14 correspondem a formas planas (Cornelissen *et al.*, 2003). Devido a que a variância não permite distinguir entre formas planas e alongadas, o uso de valores de área servirão para fazer a diferenciação assim: comprimento/largura  $\geq 3$  e largura/espessura  $< 3$  correspondem a sementes alongadas (Hintze *et al.*, 2013 ).

As mensurações das características teor de água inicial, massa e forma da semente, realizaram-se no Laboratório Integrado de Zoologia, Ecologia e Botânica (LIZEB), da Universidade Federal de Goiás, campus Catalão.

## 3.5. Germinação, tempo médio e sincronia da germinação

As sementes foram germinadas em placas de petri sobre duas camadas de papel filtro sem quebrar dormência, em câmaras de germinação tipo B.O.D. (Marconi MA 402) com fotoperíodo de 12 horas (luz branca fluorescente  $30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) a  $30^\circ\text{C}$ . A temperatura se encontra dentro do intervalo apropriado para a germinação de muitas espécies de Cerrado (Zaidan e Carreira, 2008). As sementes contaram-se como germinadas quando a radícula foi visível e mostrou a curvatura em resposta à gravidade.

Calculou-se a germinabilidade (G-equação 1), como o número de sementes germinadas em relação ao número de sementes colocadas para germinar, expresso em porcentagem (Labouriau, 1983). Tempo médio de germinação (TmG- equação 2) que é o número de dias em média para a germinação de uma semente. As espécies classificaram-se em: rápidas: TmG  $< 5$  dias, intermediárias  $5 \text{ dias} < \text{TmG} < 10$  dias, lentas  $> 10$  dias (Ferreira *et al.*, 2001). Índice de sincronização da germinação ( $\bar{E}$  -equação 3) que quantifica a variação da germinação ao longo do tempo (Garcia e Ranal, 2004). O acompanhamento foi realizado

diariamente durante 30 dias. Este período de tempo é suficiente para monitorar a perda de dormência e as mudanças da germinação, que podem acontecer durante a saída do estado de dormência (Baskin e Baskin, 2014). Para as sementes que não germinaram foi realizado o teste de tetrazólio.

$$G = (\sum n_i * N^{-1}) * 100 \quad (1)$$

$$TmG = \frac{\sum n_i * t_i}{\sum n_i} \quad (2)$$

$$\bar{E} = - \sum_{i=1}^k f_i \log_2 f_i \quad (3)$$

Em que:

$\sum n_i$  é o número total de sementes geminadas em relação ao número de sementes colocadas a germinar ( $N$ ).

$n_i$  é o número de sementes germinadas dentro de um intervalo de tempo determinado  $t_i$ .

$f_i$  é a frequência relativa de germinação.

$\log_2$  é o logaritmo de base 2.

$k$  é o último dia da observação.

Todas as mensurações da germinação foram realizadas no Laboratório de Termobiologia da Universidade de Brasília, campus Darcy Ribeiro.

### **3.6. Classificação morfofuncional de plântulas**

Os parâmetros foram medidos para as plântulas germinadas em câmara de germinação com tempo zero estabelecido no dia da germinação. As sementes germinadas foram colocadas em sacos plásticos de 15 por 30 cm com substrato composto por terra-húmus-areia em uma relação de 1:1:1 e irrigadas diariamente em casa de vegetação (8,3 mL por plântula).

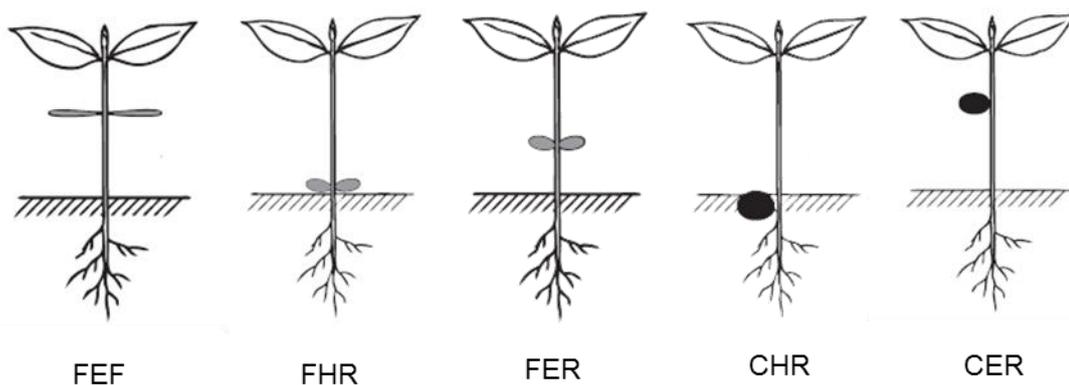


Figura 1 Tipos morfofuncionais de plântulas. FEF: fânero epígeo-foliáceo; FHR: fânero-hipógeo-reserva; FER: fânero-epígeo-reserva; CHR: cripto-hipógeo-reserva; CER: cripto-epígeo-reserva. A cor cinza corresponde a cotilédones descobertos e a cor preta corresponde a cotilédones cobertos pelo revestimento da semente. Adaptado de (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2013).

Quando atingiram 30 dias de idade as plântulas foram classificadas de acordo com a posição do cotilédone (acima ou no nível do solo), a exposição do cotilédone (cobertos ou descobertos pelo revestimento da semente) e a função do cotilédone (capacidade fotossintética ou armazenamento) (Garwood, 1996). Combinações destas características formam oito grupos funcionais, mas cinco são frequentemente registrados (Figura 1) e três possivelmente não serão encontrados: FHR-fanerocotiledonar-hipógea-foliácea, CHR-criptocotiledonar-hipógea-foliácea, CEF-criptocotiledonar-epígea-foliácea (Garwood, 1983). Além da classificação, foram medidos também o comprimento do hipocótilo, do epicótilo e o comprimento, a largura e a espessura dos cotilédones, tanto os de armazenamento quanto os foliáceos.

### 3.7 Crescimento e distribuição de biomassa

Com 30, 60 e 90 dias de idade, dez indivíduos por espécie foram removidos aleatoriamente e separados cuidadosamente do substrato com a utilização de água. Para evitar a desidratação, cada plântula foi colocada numa sacola de plástico com um pouco de água até o momento de ser medida. A altura e o comprimento da raiz foram medidos com o paquímetro digital. Posteriormente, as partes da plântula foram armazenadas em envelopes de papel com identificação e colocados na estufa a 80 °C durante dois dias. Após a desidratação, os envelopes foram removidos da estufa e deixados em um dessecador com sílica gel até esfriar (pelo menos 30 minutos). Finalmente, as partes foram pesadas (folhas, caule e raiz) para obtenção da massa seca.

### **3.8 Área foliar específica (SLA)**

Utilizou-se para as espécies de folha composta uma folha por plântula junto com a raque, quando existente, e os pecíolos. Para as espécies de folhas simples, utilizaram-se duas folhas por plântula. Cada folha foi digitalizada no escâner HP Envy 100, em modo de cor, com uma resolução de 300 dpi e calibrado com uma área conhecida de dois por dois centímetros. Para obter a área foliar específica foi dividida a área foliar total pela massa seca das folhas (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2013).

Todas as mensurações das plântulas foram realizadas nos laboratórios da EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA, prédio de Botânica e Ecologia (PBE) e Laboratório de sementes (LSE).

### **3.9 Análises**

Um total de 36 espécies (uma a menos pela falta de maturação), foram utilizadas para caracterizar teor de água inicial, tamanho da semente (massa seca), biometria da semente e forma. As características germinação, tempo médio de germinação, sincronia da germinação, morfologia funcional da plântula, crescimento, distribuição de biomassa e área foliar específica foram mensuradas em 11 espécies.

Valores para cada característica são apresentados por espécie, com médias e desvio padrão. Para o tipo de plântula, foi utilizada ANOVA seguida pelo teste de Tukey. Realizou-se uma análise de componentes principais para conhecer as possíveis evidências de correlações entre as características funcionais da semente e da plântula, com o propósito de encontrar conjuntos de atributos. Para confirmar a formação de grupos, foi realizada a análise de cluster pelo método de Ward. As variáveis foram estandardizadas restando a média e dividindo pelo desvio padrão.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Teor de umidade e massa seca**

Das espécies estudadas o menor valor de teor de umidade inicial foi de 6,3% e o maior de 13,7%, faixa de umidade de sementes no final do desenvolvimento (5 a 20%) (Bradbeer, 1988 com exceção de *H. ochraceus* com  $27,7 \pm 2,8$  %, que possivelmente foi coletada imatura. As 37 espécies mostram uma faixa ampla de tamanho, com massa variando de 2 a 9.174 mg (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de umidade inicial e massa seca de 37 espécies arbóreas do cerrado. Os valores para massa seca e teor de umidade inicial correspondem à média e o desvio padrão e foram estimados com uma amostra n=100.

Espécie	Teor de água inicial (%)	Massa seca (mg)
<i>C. brasiliense</i>	7,06 ±0,27	9174,50 ±1331,31
<i>H. stigonocarpa</i>	11,77 ±0,21	3691,23 ±56,98
<i>A. occidentale</i>	9,24 ±0,24	1856,79 ±198,10
<i>M. pubescens</i>	9,63 ±0,48	1717,73 ±310,49
<i>A. macrocarpon</i>	8,26 ±0,23	982,60 ±38,25
<i>D. alata</i>	6,28 ±0,12	571,19 ±21,59
<i>A. crassiflora</i>	7,10 ±0,23	549,32 ±8,49
<i>C. langsdorffii</i>	8,10 ±0,77	538,80 ±35,28
<i>D. sericea</i>	7,52 ±0,30	431,04 ±22,69
<i>E. gummiferum</i>	9,95 ±0,23	401,28 ±11,72
<i>A. tomentosum</i>	8,58 ±0,72	236,68 ±8,44
<i>T. argentea</i>	9,06 ±0,56	226,39 ±45,23
<i>T. aurea</i>	9,91 ±0,06	170,57 ±8,50
<i>D. mollis</i>	9,00 ±3,28	168,49 ±7,36
<i>K. speciosa</i>	8,42 ±1,49	155,54 ±33,75
<i>S. polyphyllum</i>	10,09 ±0,14	130,01 ±2,49
<i>M. opacum</i>	8,05 ±0,04	130,01 ±8,04
<i>K. coriácea</i>	6,89 ±0,14	125,67 ±3,68
<i>Q. grandiflora</i>	10,45 ±0,41	122,69 ±7,03
<i>P. tomentosum</i>	9,11 ±0,36	71,33 ±3,29
<i>Q. multiflora</i>	8,92 ±0,13	68,38 ±3,20
<i>Z. montana</i>	11,01 ±1,00	40,67 ±3,21
<i>Heteropterys sp.</i>	8,37 ±0,14	33,74 ±2,12
<i>L. dasycarpum</i>	8,19 ±0,26	32,37 ±4,66
<i>C. antisiphilitica</i>	11,54 ±0,28	32,12 ±1,59
<i>A. fraxinifolium</i>	12,35 ±1,09	29,24 ±1,74
<i>P. reticulata</i>	8,40 ±0,77	28,83 ±0,56
<i>J. cuspidifolia</i>	12,85 ±11,65	24,16 ±1,90
<i>S. lycocarpum</i>	8,33 ±0,32	22,66 ±2,66
<i>B. virgilioides</i>	7,69 ±0,50	20,91 ±2,45
<i>Z. rhoifolium</i>	11,19 ±0,30	18,95 ±1,64
<i>L. pacari</i>	13,65 ±4,17	18,41 ±3,82
<i>C. americana</i>	8,88 ±0,49	12,94 ±0,49
<i>A. edulis</i>	11,64 ±2,03	10,52 ±0,41
<i>H. ochraceus</i>	27,67 ±2,77	8,41 ±1,25
<i>L. paniculata</i>	9,32 ±0,97	3,20 ±0,34
<i>P. rotundifolia</i>	8,75 ±1,64	2,03 ±0,10

#### 4.2. Biometria das sementes e forma

Dezessete espécies foram classificadas como sementes planas, 18 como esféricas e apenas duas como sementes alongadas (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros da biometria de sementes e forma da semente de espécies arbóreas do cerrado. Forma da semente estimada a partir da variância das três dimensões (comprimento, largura, espessura), depois de cada uma ser dividida pelo maior dos três valores. Categoria plana ou alongada: >0,14, categoria esférica: <0,14 de 37 espécies arbóreas de cerrado. Os valores correspondem à média e o desvio padrão e foram estimados com uma amostra de n=30 para comprimento, largura e espessura.

Espécie	Comprimento (mm)		Largura (mm)		Espessura (mm)		Forma		Categoria
<i>C. brasiliense</i>	38,64	±4,35	29,69	±2,86	26,14	±2,40	0,03	±0,01	Esférica
<i>H. stigonocarpa</i>	21,73	±3,17	19,79	±2,33	12,42	±2,40	0,07	±0,06	Esférica
<i>A. occidentale</i>	20,92	±1,91	15,63	±1,28	10,66	±0,95	0,06	±0,02	Esférica
<i>M. pubescens</i>	45,04	±3,92	92,27	±8,38	3,78	±0,92	0,23	±0,01	Plana
<i>A. macrocarpon</i>	95,20	±9,62	95,07	±8,64	3,09	±1,75	0,31	±0,02	Plana
<i>D. alata</i>	23,40	±1,37	10,26	±0,67	8,62	±0,69	0,12	±0,01	Esférica
<i>A. crassiflora</i>	18,25	±1,66	10,31	±0,80	7,70	±0,88	0,09	±0,01	Esférica
<i>C. langsdorffii</i>	11,63	±0,74	9,16	±0,71	7,80	±0,91	0,03	±0,01	Esférica
<i>D. sericea</i>	17,23	±1,26	9,17	±0,64	5,44	±0,50	0,12	±0,01	Esférica
<i>E. gummiferum</i>	13,12	±1,04	9,05	±0,97	5,26	±0,42	0,09	±0,01	Esférica
<i>A. tomentosum</i>	44,36	±4,43	27,99	±3,01	1,04	±0,28	0,25	±0,01	Plana
<i>T. argentea</i>	13,13	±1,69	8,59	±0,54	5,08	±0,40	0,09	±0,02	Esférica
<i>T. aurea</i>	14,73	±1,08	60,91	±5,01	2,98	±0,56	0,25	±0,01	Plana
<i>D. mollis</i>	11,08	±0,80	5,60	±0,45	3,59	±0,36	0,12	±0,01	Esférica
<i>K. speciosa</i>	22,94	±1,80	63,27	±6,23	1,49	±0,16	0,25	±0,01	Plana
<i>M. opacum</i>	13,65	±1,05	7,69	±0,79	2,17	±0,32	0,18	±0,01	Plana
<i>S. polyphyllum</i>	10,25	±0,54	5,97	±0,54	4,35	±0,45	0,09	±0,01	Esférica
<i>K. coriácea</i>	18,96	±2,43	51,80	±4,80	1,36	±0,33	0,24	±0,01	Plana
<i>Q. grandiflora</i>	42,75	±7,07	11,01	±1,42	2,55	±0,56	0,24	±0,01	Plana
<i>P. tomentosum</i>	6,21	±0,34	5,04	±0,30	4,68	±0,27	0,02	±0,01	Esférica
<i>Q. multiflora</i>	26,79	±2,39	7,17	±0,64	2,33	±0,40	0,23	±0,01	Plana
<i>Z. montana</i>	26,97	±3,61	28,84	±3,55	2,89	±0,37	0,26	±0,03	Plana
<i>Heteropterys sp.</i>	7,75	±1,02	4,83	±0,50	3,23	±0,30	0,09	±0,02	Esférica
<i>A. dasycarpum</i>	6,12	±0,76	5,44	±0,58	2,12	±0,46	0,13	±0,03	Esférica
<i>C. antisiphilitica</i>	36,67	±4,40	57,36	±7,86	1,22	±0,23	0,25	±0,02	Plana
<i>A. fraxinifolium</i>	11,37	±1,18	2,80	±0,25	2,37	±0,15	0,20	±0,01	Alongada
<i>P. reticulata</i>	7,16	±0,63	5,55	±0,73	1,38	±0,32	0,18	±0,03	Plana
<i>J. cuspidifolia</i>	22,44	±1,60	26,15	±3,49	1,59	±0,28	0,27	±0,03	Plana
<i>S. lycocarpum</i>	4,95	±0,45	5,92	±0,71	1,57	±0,32	0,15	±0,03	Plana
<i>B. virgilioides</i>	5,06	±0,46	3,67	±0,31	2,11	±0,46	0,09	±0,03	Esférica
<i>Z. rhoifolium</i>	4,52	±1,11	3,97	±0,69	3,12	±0,52	0,03	±0,01	Esférica
<i>L. pacari</i>	20,28	±1,73	9,98	±0,98	0,66	±0,19	0,24	±0,01	Plana
<i>C. americana</i>	4,15	±0,52	2,81	±0,27	2,38	±0,38	0,05	±0,02	Esférica
<i>A. edulis</i>	5,23	±0,57	3,49	±0,30	1,53	±0,20	0,13	±0,02	Esférica
<i>H. ochraceus</i>	8,27	±1,23	25,15	±2,47	0,62	±0,22	0,25	±0,01	Plana
<i>L. paniculata</i>	9,35	±0,90	3,63	±0,32	0,89	±0,13	0,21	±0,01	Plana
<i>P. rotundifolia</i>	9,93	±0,62	1,43	±0,17	1,04	±0,13	0,26	±0,01	Alongada

#### 4.3. Germinabilidade, tempo médio de germinação e sincronia da germinação

Dentre das espécies estudadas, 11 tiveram germinabilidade maior que 45% e três menores que 30%. Cinco espécies tiveram germinação rápida com tempos médios de germinação iguais ou menores a cinco dias, quatro tiveram germinação intermediária com tempos médios de germinação 5-10 dias e cinco espécies tiveram germinação lenta com tempos médios de germinação acima de dez dias. (Tabela 6).

Tabela 6. Parâmetros de germinação de 14 espécies arbóreas do cerrado. Número de indivíduos (N), porcentagem de germinação (G), tempo médio de germinação (TmG) e seu desvio padrão e índice de sincronia da germinação (E). Categoria corresponde à rapidez de germinação segundo o tempo médio de germinação.

Espécie	N	G	TmG (dias)	Categoria	E (bits)
<i>A. fraxinifolium</i>	100	72,0	2,5 ±0,71	Rápida	1,28
<i>T. aurea</i>	75	72,0	2,5 ±1,53	Rápida	0,61
<i>L. pacari</i>	75	81,3	4,3 ±1,20	Rápida	1,87
<i>A. macrocarpon</i>	75	45,3	4,4 ±1,67	Rápida	2,23
<i>M. pubescens</i>	75	94,7	5,0 ±2,08	Rápida	2,41
<i>D. alata</i>	75	86,7	5,7 ±0,90	Intermediária	1,75
<i>L. paniculata</i>	100	51,0	6,9 ±2,11	Intermediária	2,40
<i>K. speciosa</i>	75	56,0	8,3 ±3,40	Intermediária	3,24
<i>C. antisiphilitica</i>	75	56,0	9,5 ±2,33	Intermediária	2,83
<i>A. tomentosum</i>	100	45,0	11,4 ±4,36	Lenta	3,81
<i>Z. montana</i>	75	54,7	12,6 ±5,96	Lenta	3,23
<i>P. reticulata</i>	100	27,0	14,5 ±7,64	Lenta	2,98
<i>Q. grandiflora</i>	75	28,0	15,0 ±6,66	Lenta	3,61
<i>C. americana</i>	100	26,0	21,7 ±4,56	Lenta	3,15

Nas espécies com germinação rápida, *T. aurea* mostrou a menor distribuição no tempo, com valor de sincronia de 0,61 bits. Nas espécies com germinação intermediária, *D. alata* mostrou a menor distribuição no tempo, com valor de sincronia de 1,75 bits e nas espécies com germinação lenta, *P. reticulata*, mostrou a menor distribuição no tempo, com valor de sincronia de 2,98 bits, (Figura 2 **R**), (Figura 2 **I**), (Figura 2 **L**), respectivamente.

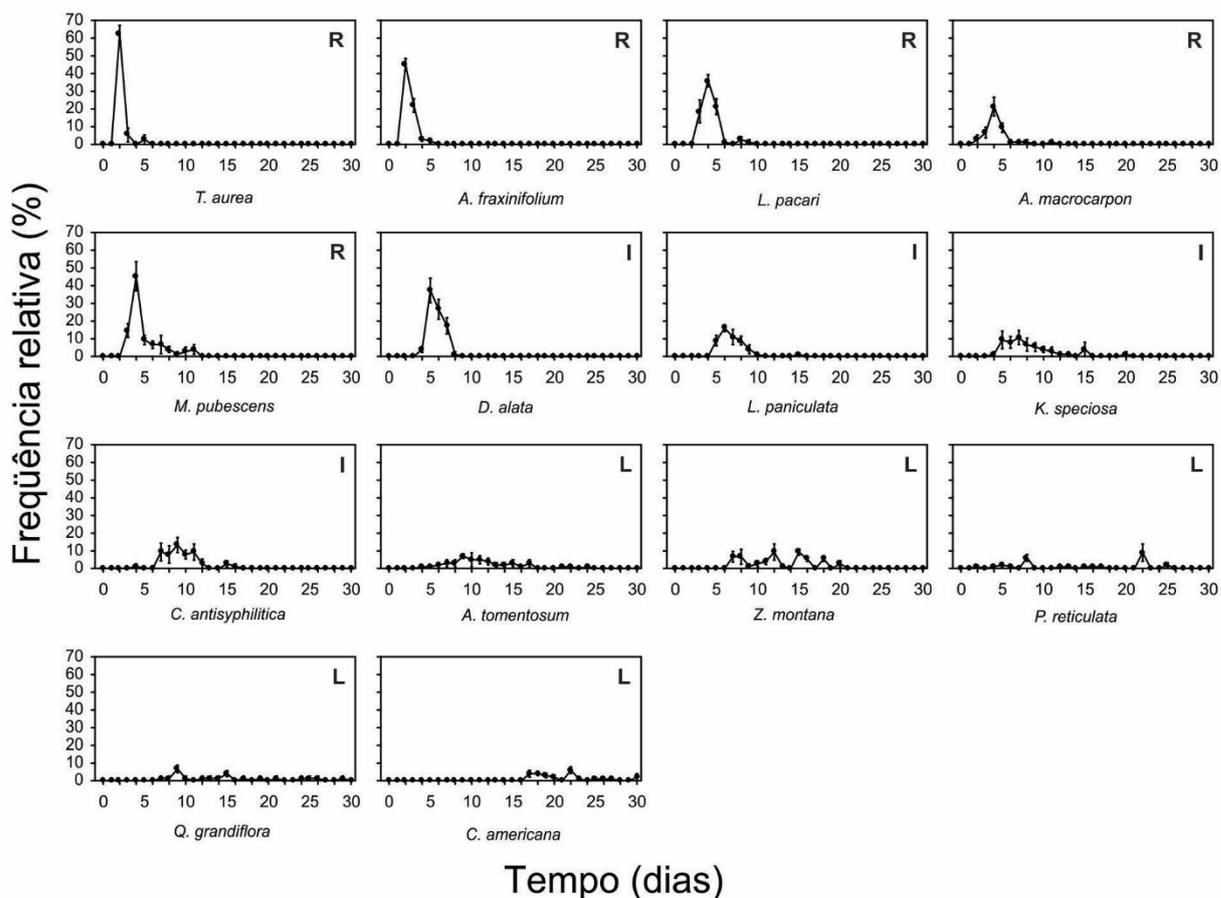


Figura 2. Frequência relativa da germinação de 11 espécies arbóreas do cerrado. R= germinação rápida; I= germinação intermediária; L= germinação lenta. As barras representam o erro padrão.

Sementes não germinadas de *Q. grandiflora* ao final dos 30 dias de observação, apresentaram indicação de inviabilidade (tecidos amolecidos) e as intactas deram resultado negativo para o teste de tetrazólio. A baixa germinabilidade e a perda de viabilidade podem ter influenciado as características do tempo médio de germinação e os índices de sincronia da germinação, mas não foram realizadas análises para confirmação de tal influência. *H. ochraceus*, *A. edulis* e *A. dasycarpum* tiveram 99% de sementes inviáveis e não foram caracterizadas.

#### 4.4. Morfologia funcional da plântula

Neste estudo a combinação de características do cotilédone (exposição, posição e função) resultaram em quatro tipos de plântulas. Quatro espécies correspondem ao tipo FEF, duas ao tipo FER, três ao tipo FHR, e duas ao tipo de plântula CHR (Tabela 7).

Tabela 7. Parâmetros morfológicos e classificação morfofuncional de 11 espécies arbóreas do cerrado. FEF: Fanerocotiledonar-epígea-foliácea. FER: Fanerocotiledonar-epígea-reserva. FHR: Fanerocotiledonar-hipógea-reserva. CHR: criptocotiledonar-hipógea-reserva. Tamanho da amostra por espécie (N). Os parâmetros correspondem a valores médios e desvio padrão aos 30 dias de idade das plântulas.

Espécie	N	Tipo plântula	Comprimento hipocótilo (cm)	Comprimento epicótilo (cm)	Comprimento cotilédone (cm)	Largura cotilédone (cm)	Espessura cotilédone (cm)	Área cotilédone (cm <sup>2</sup> )
<i>L. paniculata</i>	10	FEF	0,32 ±0,06(a)	0,43 ±0,11(b)	0,70 ±0,06	0,54 ±0,02	0,03 ±0,01	0,38 ±0,03
<i>L. pacari</i>	10	FEF	1,97 ±0,33(a)	0,62 ±0,37(b)	0,66 ±0,18	1,03 ±0,18	0,02 ±0,01	0,69 ±0,26
<i>C. antisyphilitica</i>	10	FEF	1,65 ±0,83(a)	0,14 ±0,23(b)	1,06 ±0,14	1,02 ±0,48	0,04 ±0,03	1,10 ±0,59
<i>A. tomentosum</i>	10	FEF	3,28 ±1,42(a)	0,42 ±1,07(b)	3,48 ±0,69	3,17 ±0,32	0,07 ±0,02	11,16 ±3,36
<i>P. reticulata</i>	10	FER	1,52 ±0,37(a)	0,76 ±0,22(b)	1,12 ±0,10	1,14 ±0,24	0,09 ±0,03	1,29 ±0,36
<i>K. speciosa</i>	10	FER	1,16 ±0,40(a)	0,03 ±0,10(b)	2,59 ±0,52	2,40 ±1,35	0,23 ±0,05	6,55 ±4,89
<i>T. aurea</i>	10	FHR	0,83 ±0,19(a)	0,99 ±0,93(a)	2,09 ±0,37	1,91 ±0,61	0,22 ±0,15	3,87 ±1,01
<i>D. alata</i>	10	FHR	2,42 ±0,40(a)	4,82 ±1,43(b)	1,12 ±0,15	3,17 ±0,18	0,53 ±0,20	3,56 ±0,68
<i>M. pubescens</i>	10	FHR	1,74 ±0,48(a)	4,11 ±0,90(b)	4,34 ±0,65	2,25 ±0,34	0,25 ±0,03	9,93 ±2,77
<i>A. fraxinifolium</i>	10	CHR	0,24 ±0,06(a)	3,39 ±0,54(b)	0,19 ±0,17	0,67 ±0,58	0,36 ±0,67	0,21 ±0,19
<i>A. macrocarpon</i>	10	CHR	1,25 ±0,12(a)	2,30 ±0,82(b)	3,14 ±0,33	2,79 ±0,47	0,52 ±0,10	8,88 ±2,37

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%).

Espécies com germinação epígea apresentaram hipocótilos mais desenvolvidos comprados com os epicótilos (Figura 3A e B). Espécies com germinação hipógea apresentaram hipocótilos menos desenvolvidos comparados com os epicótilos (Figura 3C e D). *L. paniculata* apresentou epicótilo significativamente mais desenvolvido que o hipocótilo (Figura 3A). *T. aurea*, apresentou epicótilo ligeiramente mais desenvolvido que o hipocótilo (Figura 3C), mas sem diferença significativa entre eles (Tabela 7). Na espécie *K. speciosa*, somente um indivíduo entre 10 desenvolveu epicótilo muito pouco alongado, pelo que não é possível comparar o desenvolvimento entre eles (Figura 3B).

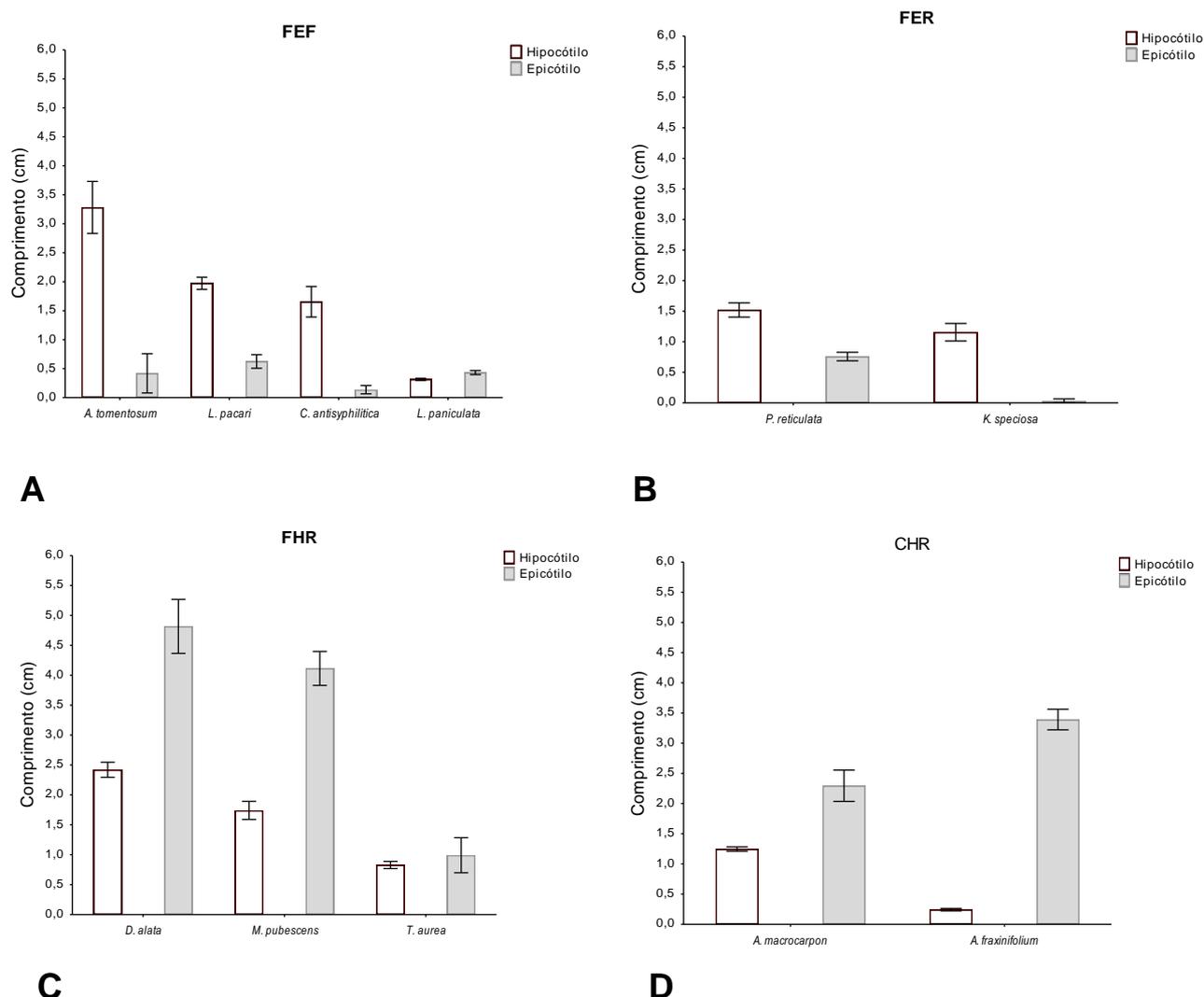


Figura 3. Parâmetros morfológicos do desenvolvimento de quatro tipos de plântulas de espécies arbóreas do cerrado. As barras representam a média dos valores de comprimento do hipocótilo e o epicótilo com o respectivo erro padrão.

#### 4.5. Altura da plântula e comprimento da raiz

Todas as espécies mostraram em média, maiores comprimentos da raiz do que altura da plântula durante os primeiros 90 dias de crescimento, com aproximadamente o dobro de comprimento de raiz (22,3 cm) do que altura (10,5 cm). *L. pacari*, *L. paniculata* e *A. fraxinifolium*, tiveram os maiores comprimentos da raiz principal (26,6 cm, 26,3 cm e 26,0 cm respectivamente). As espécies *P. reticulata* e *K. speciosa*, tiveram os menores (19,6 cm e 14,3 cm, respetivamente). As espécies, *L. paniculata*, *P. reticulata*, *A. fraxinifolium*, *T. aurea* e *A. macrocarpon*, mantiveram o alongamento da raiz e da parte aérea em fase exponencial até os 90 dias. No caso de *C. antisiphilitica*, *D. alata* e *M. pubescens*, o

comprimento da raiz e a altura da plântula, começou a se estabilizar depois dos 60 dias de idade (Figura 4).

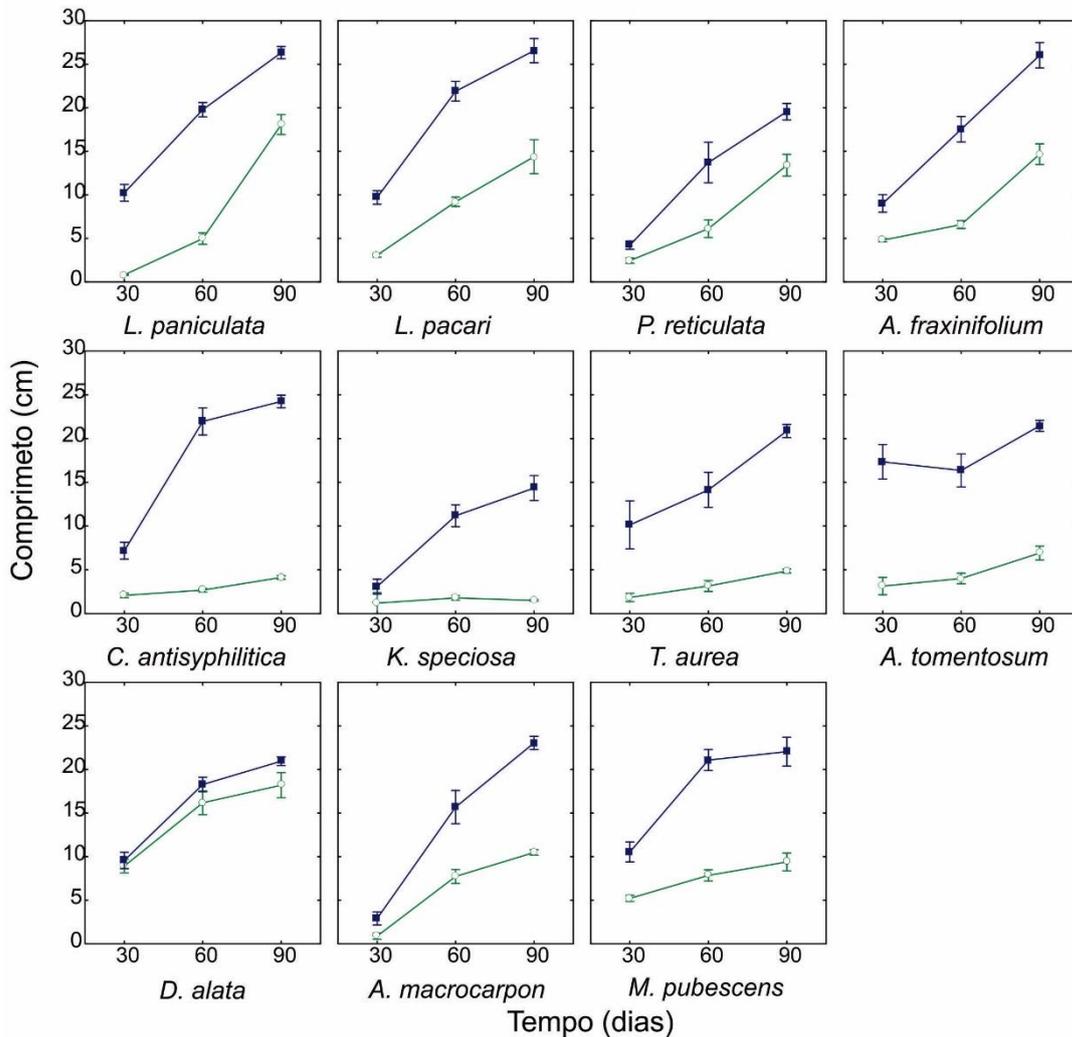


Figura 4. Comprimentos da parte aérea e radicular de 11 espécies arbóreas do cerrado, crescidas em casa de vegetação aos 30, 60 e 90 dias de idade. Quadrado azul, corresponde a comprimento da raiz e círculo verde, corresponde a altura da parte aérea. As barras representam o erro padrão.

A espécie *A. tomentosum*, iniciou com alto comprimento da raiz e altura da plântula muito baixa. Para esta espécie, a fase exponencial do comprimento da raiz aconteceu até os 30 dias e para a altura da plântula começou a se incrementar entre os 60-90 dias, devido ao maior desenvolvimento de folhas, porém, seguem sendo baixos comparado com a raiz, portanto, até os 90 dias não iniciou sua fase exponencial de crescimento. Já em *K. speciosa*, 27% dois indivíduos (oito entre 30 indivíduos), desenvolveram folhas desde os 30-90 dias, correspondendo os valores de comprimento da parte aérea, principalmente ao hipocótilo. A raiz se desenvolveu em todos os períodos de tempo, com fase exponencial até os 60 dias.

#### 4.6. Distribuição de biomassa

Com exceção de *K. speciosa* e *A. tomentosum*, em média, as espécies deste estudo apresentaram maior distribuição de biomassa para a parte aérea (0,7 g) do que para a raiz (0,3 g), até os 90 dias (Figura 5). Diferencias maiores na distribuição de biomassa entre a parte aérea e a raiz, começam a ser evidentes depois dos 30 dias, nas espécies *M. pubescens*,

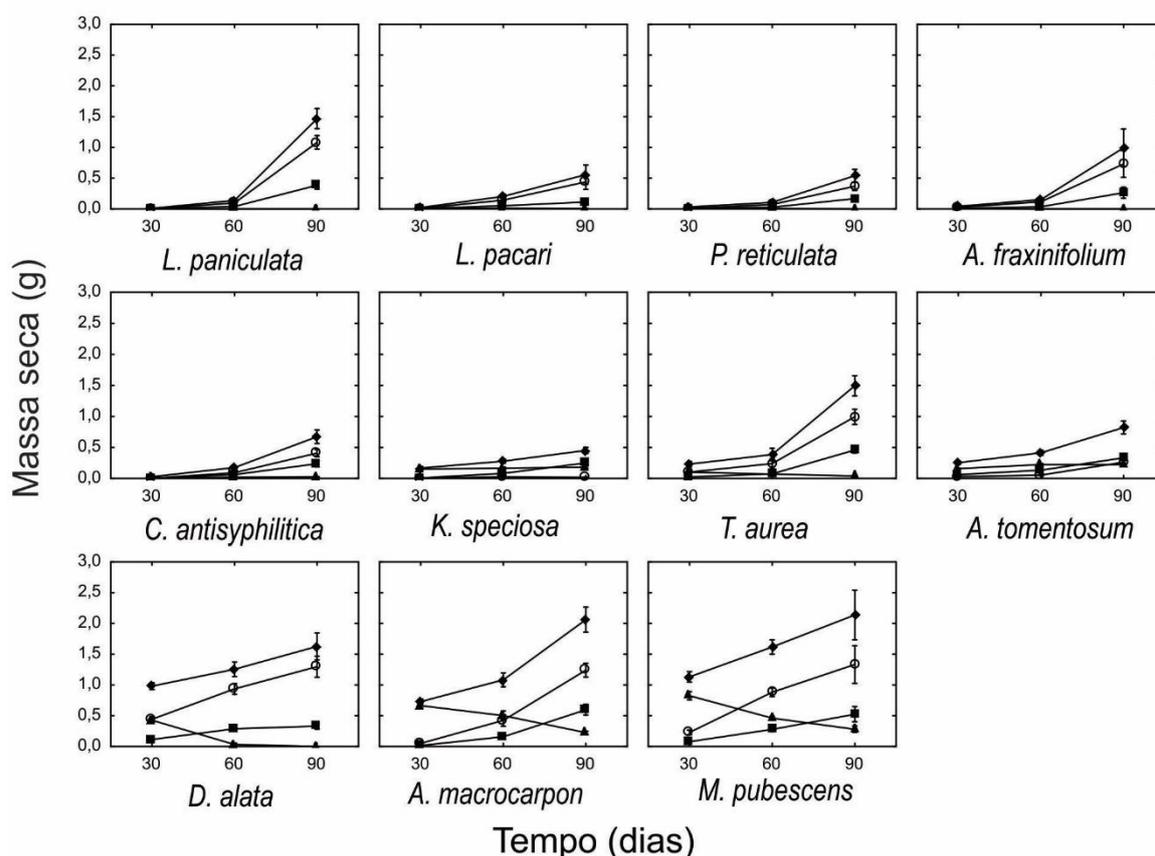


Figura 5. Distribuição de biomassa de 11 espécies arbóreas do cerrado, crescidas em casa de vegetação aos 30, 60 e 90 dias. Losango corresponde à massa seca total, círculo corresponde à massa seca da parte aérea, quadrado à massa seca da raiz, e triângulo à massa seca do cotilédone. As barras representam o erro padrão.

*A. macrocarpon* e *T. aurea*. Dentre estas espécies, os maiores valores de biomassa tanto da parte aérea quanto da radicular, foram conseguidos por *M. pubescens* (1,3 g de parte aérea e 0,5 g de raiz) e *A. macrocarpon* (1,2 g de parte aérea e 0,6 g de raiz). Observa-se neste grupo de espécies uma diminuição da biomassa do cotilédone, o que sugere uma função de órgão de reserva.

Diferencias maiores na distribuição de biomassa depois dos 60 dias, podem se observar nas espécies *L. paniculata*, *L. pacari*, *P. reticulata*, *A. fraxinifolium*, e *C. antisyphilitica*. Dentre elas, os maiores valores de biomassa tanto da parte aérea quanto da radicular, foram conseguidos por *L. paniculata* (1,08 g de parte aérea e 0,73 g de raiz) e *A.*

*fraxinifolium* (0,73 g de parte aérea e 0,26 g de raiz). Apesar das espécies terem menor proporção de biomassa na raiz do que na parte aérea, suas raízes são longas, enquanto as partes aéreas, com maior proporção de biomassa, investem nas folhas, ao invés de crescimento em altura.

#### 4.7. Área foliar específica

A área foliar específica variou de 130 a 338 cm<sup>2</sup>/g.. Os valores mais altos desta característica foram mostrados pelas espécies, *L. paniculata*, *P. reticulata* e *A. fraxinifolium* (338 cm<sup>2</sup>/g, 318 cm<sup>2</sup>/g e 280 cm<sup>2</sup>/g respectivamente) e o menor valor foi mostrado pela *M. pubescens* (130 cm<sup>2</sup>/g). Valores médios foram mostrados pelas espécies restantes, *A. macrocarpon*, *D. alata*, *T. aurea*, *L. pacari*, *A. tomentosum* e *C. antisiphilitica* (Figura 6).

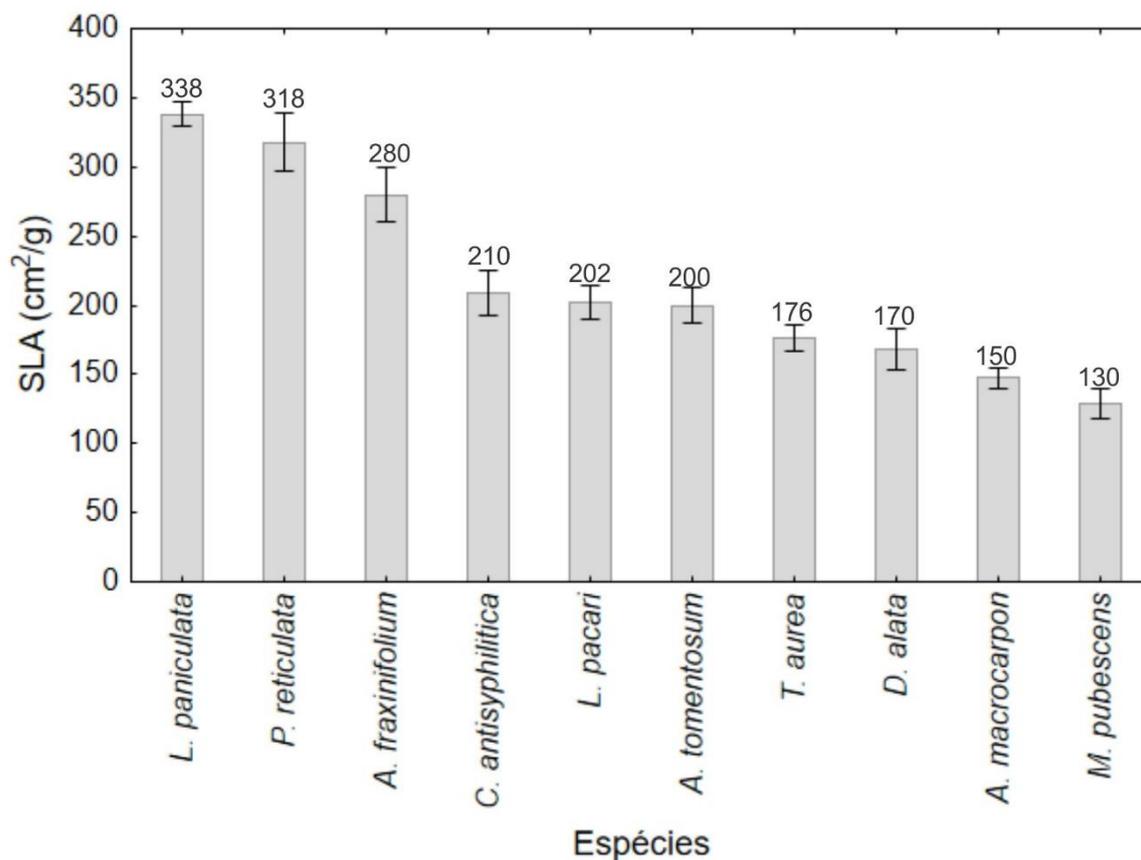


Figura 6. Área foliar específica de 10 espécies arbóreas do cerrado, crescidas em casa de vegetação aos 90 dias de idade. As barras representam a média e o erro padrão.

#### 4.8. Síndromes

Correlações entre as características funcionais evidenciam estratégias de uso dos recursos. As variáveis biomassa radicular, tamanho da semente e área foliar específica estão relacionadas com o crescimento em biomassa para a parte aérea e radicular das plântulas e

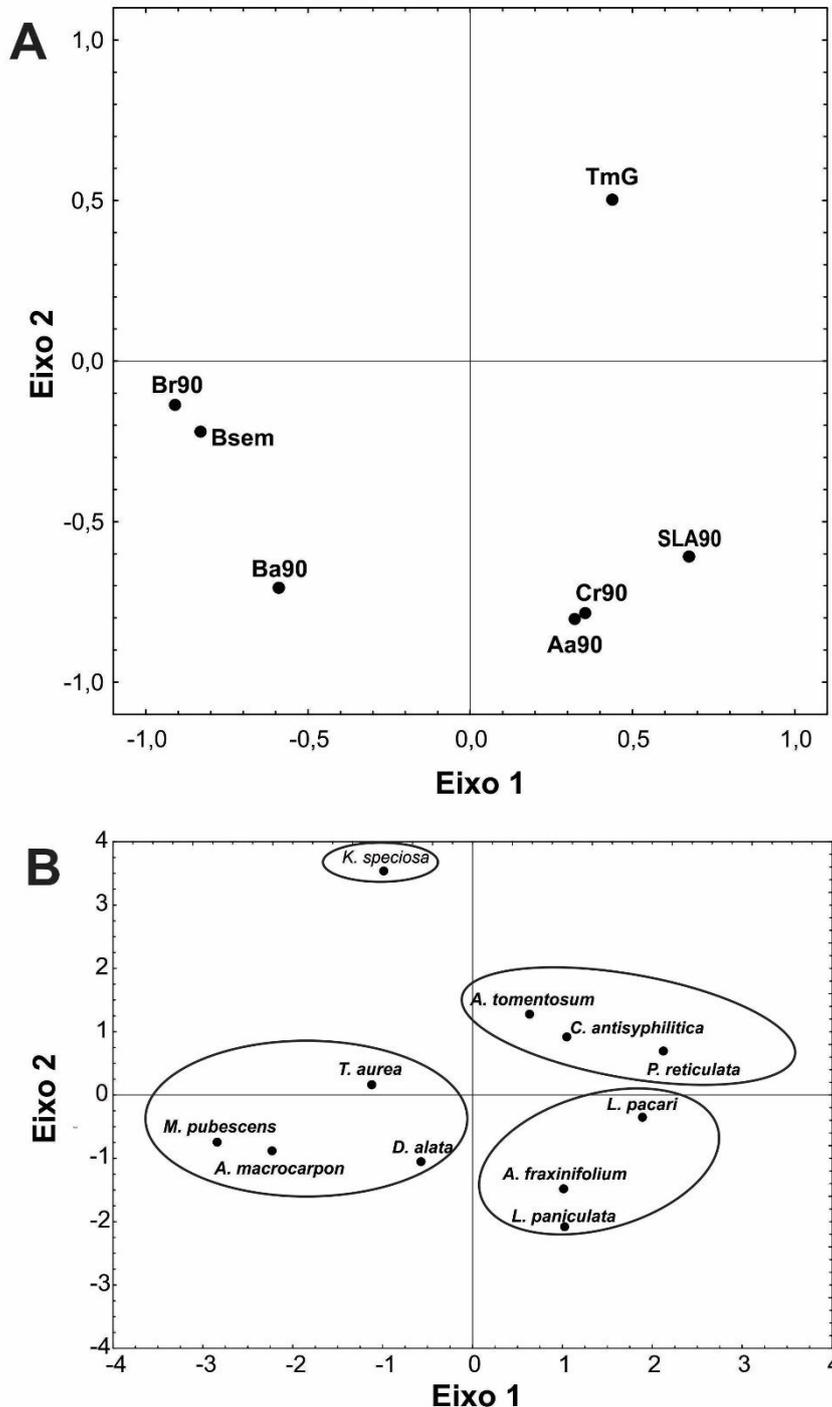


Figura 7. Análise de componentes principais dos valores médios de características de semente e plântula de 11 espécies arbóreas do cerrado. 75% da variação dos dados são explicados pelos dois eixos. **A)** posição das variáveis no primeiro e segundo eixo. **B)** distribuição das espécies no primeiro e segundo eixo. Eixo 1: explica 39% da variação. Eixo 2: explica 36% da variação. **Bsem**: biomassa semente; **TmG**: tempo médio de germinação; **Aa90**: altura parte aérea aos 90 dias, **Cr90**: crescimento radicular aos 90 dias; **Ba90**: biomassa aérea aos 90 dias; **Br90**: biomassa radicular aos 90 dias; **SLA90**: área foliar específica aos 90 dias.

determinam o eixo 1. As variáveis, altura da parte aérea, comprimento da raiz, biomassa aérea e área foliar específica, estão relacionadas com crescimento em alongamento da parte aérea e da raiz das plântulas e determinam o eixo 2 (Figura 7A). Em consequência as espécies possivelmente possam se agrupar, segundo suas estratégias de uso de recursos (Figura 7B).

O dendrograma mostra a formação de 2 grupos a uma distância de 6,5 unidades. As espécies *M. pubescens*, *A. macrocarpon*, *D. alata* e *T. aurea*, pertencem ao primeiro grupo. *A. tomentosum*, *C. antisiphilitica*, *P. reticulata*, *K. speciosa*, *A. fraxinifolium*, *L. paniculata* e *L. pacari*, pertencem ao segundo grupo (Figura 8).

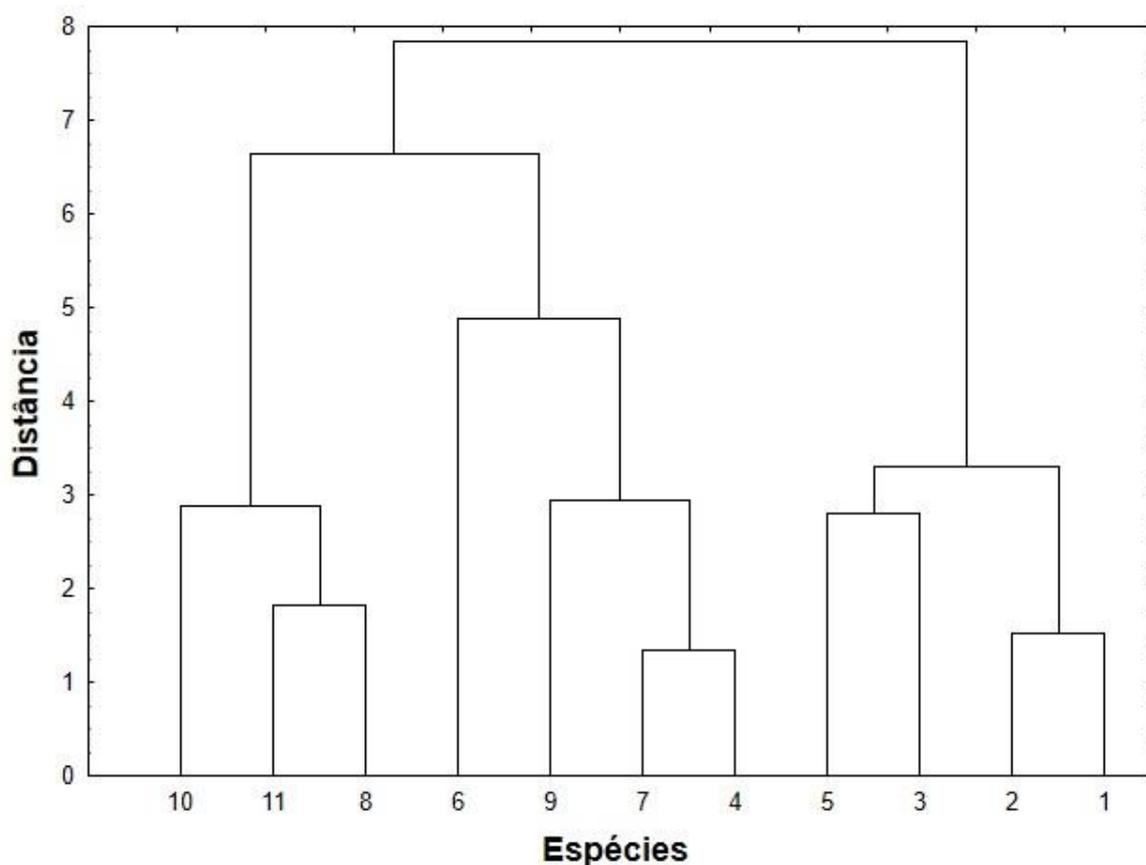


Figura 8. Dendrograma de agrupamento de 11 espécies arbóreas do cerrado. Estimativas das distâncias feitas pelo método euclidiano e o agrupamento pelo método de Ward. 1=*M. pubescens*; 2= *A. macrocarpon*; 3=*D. alata*; 5= *T. aurea*; 4=*A. tomentosum*; 7= *C. antisiphilitica*; 9=*P. reticulata*; 6=*K. speciosa*; 8=*A. fraxinifolium*; 11=*L. paniculata*; 10=*L. pacari*. A distância corresponde a unidades standardizadas.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Atributos regenerativos- Teor de umidade, germinabilidade, tempo médio e sincronia da germinação

Os resultados destas características funcionais nas espécies do estudo, sugerem adaptação à sazonalidade do cerrado. A faixa de teor de umidade encontrada nas sementes, corresponde a valores baixos quando comparados com espécies recalcitrantes de savana tropical com valores entre 55%-81% (Salazar, 2010), de floresta amazônica com valores entre 27-79% (Lima *et al.*, 2014) e de floresta semi-decídua com valores entre 47 - 62% (Mayrinck *et al.*, 2016). Quando dispersas na estação seca, as sementes das espécies de cerrado apresentam menor umidade do que as dispersas na estação úmida, portanto, a estação de dispersão influencia o teor de umidade das sementes (Salazar, 2010).

A baixa umidade do ar da estação seca junto com a maturação das sementes, origina a redução da atividade metabólica e produz um padrão de tolerância à dessecação. Essa estratégia de sementes ortodoxas, presente nas 36 espécies deste estudo, permite-lhes se manter viáveis até a estação úmida (Vieira *et al.*, 2008), onde as condições ambientais serão mais favoráveis para a germinação e o crescimento das plântulas.

Os baixos teores de água das sementes, sugerem que elas serão menos prejudicadas quando submetidas a altas temperaturas na superfície do solo (Roberts, 1973). Portanto, não é esperada alta mortalidade das sementes em áreas de restauração antes da chuva. Além disso, a tolerância a dessecação, representa uma vantagem para seu armazenamento *ex situ*, em que pode-se manter a viabilidade das sementes até a estação chuvosa, porém, o armazenamento sob condições secas, não pode exceder períodos maiores de um ano, devido à relativa perda de viabilidade das espécies lenhosas do cerrado (Salazar *et al.*, 2012). Com a conservação *ex situ* é possível aumentar o estabelecimento de espécies de árvores de germinação rápida (Vieira *et al.*, 2008).

A rápida germinação de *A. fraxinifolium*, *T. aurea*, *L. pacari*, *A. macrocarpon*, e *M. pubescens*, sugere um padrão de quiescência (teor de água entre 5-15%) (Bewley e Black, 1994) para sobreviver nas condições desfavoráveis da estação de dispersão (seca) e germinar logo na estação de crescimento (úmida). Tolerar a dessecação e germinar rápido com o incremento da umidade do solo, é devido ao balanço entre a umidade fornecida pelo solo e sua perda na transpiração, determinando o momento no qual a semente fica suficientemente umedecida para iniciar a germinação (Vázquez-Yañez e Orozco-Segovia, 1993).

Para diminuir a vulnerabilidade a veranicos e as temperaturas superficiais de solos expostos, como ocorre em fases iniciais da restauração, as espécies distribuem a sua germinação ao longo do tempo. As estratégias de reduzir o tempo médio de germinação e sincronizar o processo germinativo, estão relacionadas com a rápida colonização do ambiente de ocorrência das espécies (Borghetti e Ferreira, 2004),

A germinação intermediária de *D. alata*, *L. paniculata*, *K. speciosa*, *C. antisyphilitica*, e germinação lenta de *A. tomentosum*, *Z. montana*, *P. reticulata*, *C. americana*, sugere, sua maior resistência às condições heterógenas e imprevisíveis do cerrado. Esta estratégia reduz a probabilidade de germinação de um conjunto inteiro de sementes em resposta a estímulos ambientais como (veranicos da estação seca) que prejudicariam o crescimento inicial de suas plântulas (Borghetti e Ferreira, 2004) e consequentemente seu estabelecimento.

A seleção do tempo de germinação opera através da sobrevivência por acontecer de forma heterogênea tanto no espaço quanto no tempo dentro de uma determinada espécie (Donohue *et al.*, 2010), o que pode explicar o atraso da germinação, e a variação nos índices de sincronia que torna a germinação menos uniforme em todas as espécies, sendo maior o espaçamento temporal em *A. tomentosum*, *Z. montana*, *P. reticulata* e *C. americana*. O atraso e a assincronia da germinação, pode ser atribuída à dormência física, como observado em *P. reticulata* e *C. americana* que não embeberam água, ou à dormência embrionária reportada para a *Z. montana* (Dousseau *et al.*, 2007).

Informações de porcentagens de germinação são úteis para aumentar o sucesso da germinação pelo uso de sementes com alta viabilidade. A tempo médio e a sincronia da germinação serão de utilidade para decidir em qual período de tempo seria mais vantajosa a semeadura. Sementes com germinação rápida e sincronizada, poderiam ser semeadas na estação úmida para favorecer o crescimento e consequentemente a cobertura do solo com o que se reduz a necessidade de capina (Guerin *et al.*, 2015). Espécies com germinação intermediária ou atrasada e com diferentes graus de sincronia, podem manter mais indivíduos após episódios de veranicos, resistir a herbivoria e conseguir manter a viabilidade até as condições ambientais serem mais vantajosas para a germinação e o estabelecimento de plântulas.

## 5.2 Atributos de crescimento inicial- Morfologia funcional da plântula e forma da semente

O padrão de desenvolvimento do epicótilo e do hipocótilo mostrado pelas espécies na germinação epígea e hipógea, está associado à função do cotilédone. Em teoria uma plântula com cotilédone fotossintetizante desenvolve o hipocótilo o suficiente para levá-lo acima do solo e realizar a fotossíntese, em contraste, uma plântula com cotilédone de reserva, não precisa levantar o cotilédone em procura de luz pelo que o hipocótilo será menos desenvolvido. Assim, hipocótilo e epicótilo vão levar os primeiros órgãos fotossintéticos até uma posição onde seja possível tal função (Garwood, 1996).

Mesmo dentro de um tipo de plântula, houve grande variação nas dimensões do cotilédone, hipocótilo e epicótilo. Devido ao pouco desenvolvimento do hipocótilo, *L. paniculata* e *T. aurea* seriam classificadas como hipógeas, no entanto, conseguem levantar o cotilédone até a superfície do solo. Para classificar essas espécies, levou-se em consideração que elas possuem cotilédones parecidos com folhas carnosas e que possivelmente fazem fotossíntese (Kitajima, 1992). Assim, segundo os valores de espessura do cotilédone, *L. paniculata* tem cotilédone fino, portanto foliáceo. Já em *T. aurea* e *K. speciosa* os cotilédones mais espessos teriam a função principal de reserva, mas também, ter função fotossintética limitada.

Ainda persistem dúvidas em relação à classificação da posição do cotilédone por este sistema, em *L. paniculata* e *T. aurea*. Ambas não se encaixam facilmente nos tipos morfofuncionais. Em *T. aurea*, possivelmente o pecíolo do próprio cotilédone é o que o eleva à superfície, dado que o hipocótilo está pouco desenvolvido. Além disso, não fica claro qual seria a principal função do cotilédone.

A *T. aurea* é catalogada como pioneira ou clímax exigente de luz (Montoro, 2008) e nesta estratégia de regeneração o tipo de plântula típico é o FEF (fanerocotiledonar-pígeo-foliáceo) (Ressel *et al.*, 2004), sendo que cotilédones fotossintetizantes são vantajosos para o crescimento destas espécies. Portanto, mesmo tendo um hipocótilo típico de uma plântula hipógea, e um cotilédone espesso, ela foi classificada como FEF (Montoro, 2008). No presente estudo se assumiu como função principal a reserva, que seria coerente com o pouco desenvolvimento do hipocótilo e a espécie foi classificada como FHR. *L. paniculata* tendo também um hipocótilo típico de plântula hipógea, possui cotilédone fino, porém, foi priorizada a potencial função fotossintetizante, sendo classificada como FEF. Isso evita mostrá-la como um tipo de plântula que faria fotossíntese abaixo do solo.

Três grupos funcionais do cotilédone foram reconhecidos: fotossintético, fotossintético-reserva e reserva. Estes correspondem aproximadamente aos tipos FEF, FER, e CHR + FHR + CER, respectivamente (Kitajima, 1992). Logo, a classificação mais coerente para *T. aurea* poderia ser o tipo FER. Devido ao cotilédone espesso, verde e exposto, a função principal seria a de reserva e a fotossíntese a secundária.

Estudos no bioma Cerrado mostram a presença de seis tipos de plântulas, sendo o FEF o mais comuns, seguido dos tipos CHR e FER. Os menos representados são os tipos FHR, CER e o FHF, essa tendência também foi observada nos resultados do presente estudo. A classificação para várias espécies difere entre autores, *A. macrocarpon* foi classificada neste estudo como CHR, enquanto Lobo (2012) classificou como FHR, a mudança se deve à exposição do cotilédone. A espécie *A. fraxinifolium* foi classificada como CHR, corroborando com Lobo (2012), e como FEF em Ressel *et al.* (2004), mudando a exposição, posição e a função do cotilédone. Já *T. aurea* foi classificada como FHR, corroborando com Lobo (2012), e como FEF em Montoro (2008), mudando a posição e a função do cotilédone. Outros trabalhos também apresentam divergências na classificação tipo de plântula (Lobo, 2012; Mota, 2012; Ressel *et al.*, 2004; Pujol *et al.*, 2005).

Na semeadura direta o tipo de semente, esférica e plana, interfere na capacidade de emergir, de acordo com a profundidade de enterramento (Silva, 2015). Assim, as espécies com sementes planas, podem se prejudicar se forem enterradas, pois teriam dificuldade para romper a camada de solo. As espécies com sementes esféricas, poderiam ser enterradas porque conseguiriam atravessar a camada do solo. As duas espécies com sementes alongadas teriam a mesma dificuldade das planas, uma vez que ambas apresentam, superfície de contato similar. No entanto, as plântulas respondem de diferentes formas ao enterramento da semente, sendo que outras características como a massa da semente e o tipo de plântula podem determinar a profundidade da que uma plântula vai emergir sem danos. A classificação morfofuncional da plântula pode ser mais crucial na determinação da profundidade do enterramento, devido a que evidencia a função dos cotilédones e em vários casos, a plasticidade fenotípica do hipocótilo ou do epicótilo para se alongar e favorecer a função principal do cotilédone (Garwood, 1996), como também evidencia as mudanças de função dos cotilédones no campo (Pujol *et al.*, 2005).

Assim, na semeadura direta é importante saber as espécies com tipos de plântula FEF, pois ao serem enterradas a função do cotilédone pode ser comprometida. Espécies com tipo de plântula FER poderiam ser mais complexas para definir a profundidade de semeadura para não comprometer a função principal do cotilédone. Espécies com tipos de plântula

CHR, FHR e CER podem ser semeadas a maiores profundidades, dado que, abaixo do solo ou das coberturas acima dele, a função armazenadora do cotilédone não é afetada e ficariam menos vulneráveis à predação e às altas temperaturas.

### **5.1.2. Atributos de crescimento inicial: tamanho da semente, altura, comprimento da raiz, distribuição de biomassa, área foliar específica**

As evidências de correlações entre as características de sementes e plântulas, mostradas pelos eixos 1 e 2 da análise de componentes principais, podem explicar o crescimento das espécies até os 90 dias de idade e sugerem a presença de duas estratégias de aquisição e uso dos recursos. Variáveis de investimento em biomassa (Br 90, Bsem, Ba90) podem ser parte da estratégia de tolerância ao estresse e variáveis de investimento em comprimentos (Aa90, Cr90, SLA90), podem ser parte da estratégia de colonização do ambiente.

O dendrograma confirma a ordenação da análise de componentes principais. A variação encontrada nos tamanhos das sementes, influencia as habilidades de estabelecimento, devido a que diferem em suas estratégias de história de vida (Coomes e Grubb, 2003). O desempenho da plântula mesmo esteja relacionado com o tamanho da semente, também varia em resposta à heterogeneidade ambiental (Tabelas 1 e 2). A maior área foliar, o maior alongamento da raiz principal e a menor massa seca da semente, sugerem para o grupo formado pelas espécies *A. fraxinifolium*, *L. paniculata*, *L. pacari*, *A. tomentosum*, *C. antisiphilitica* e *P. reticulata*, crescimento rápido que pode posicioná-las como boas colonizadoras que modificam o ambiente, fornecendo sombra e condições de umidade adequadas para a germinação de espécies mais vulneráveis às condições ambientais.

É provável que estas espécies consigam uma vantagem adicional na procura do recurso hídrico, devido a que priorizam o alongamento da raiz antes de começar o engrossamento. Colocar suas raízes na porção mais profunda do solo, distantes das camadas mais secas, antes de começar a distribuir maior biomassa radicular para o armazenamento, poderia conferi-lhes vantagem na sobrevivência durante a seca e nos veranicos da estação chuvosa. Esta característica é típica em plântulas de espécies de savana (Hoffmann *et al.*, 2000). É possível que estas espécies sejam parte do grupo funcional que habita em solos férteis, possuem alta densidade de madeira e rápido investimento em tecidos fotossintéticos, alta eficiência no uso da água e um elevado valor de SLA (Franco *et al.*, 2005).

No contexto global, massa da semente, SLA alta e profundidade de enraizamento, são parte das estratégias de espécies de crescimento rápido e podem aumentar a capacidade competitiva de uma plântula (Yang *et al.*, 2015).

Maior biomassa radicular, aérea e da semente sugerem para o grupo formado pelas espécies *M. pubescens*, *A. macrocarpon*, *D. alata* e *T. aurea*, crescimento lento, o que pode posicioná-las como boas rebrotadoras após distúrbios como o fogo, devido ao desenvolvimento de raízes pivotantes armazenadoras de carboidratos. O rápido desenvolvimento deste tipo de raiz, como pode se evidenciar na *T. aurea* (material ilustrativo, Figura 3i), depende provavelmente dos recursos armazenados na semente. Em consequência, espécies de maior porte podem ter melhor capacidade de sobreviver ao fogo e à seca. Esta estratégia é a mais comum no cerrado (Hoffmann, 2000; Hoffmann e Moreira, 2002).

A relação negativa do tamanho da semente com a área foliar específica das plântulas aos 90 dias de idade, sugere que o crescimento de plântulas de sementes maiores, estaria dirigido pela maior reserva nas sementes, em contraste com as plântulas de sementes menores, onde o crescimento estaria dirigido por áreas foliar específicas maiores. As distribuições de biomassa do presente trabalho mostram que as duas estratégias anteriores contribuem com o desenvolvimento de órgãos subterrâneos, priorizando inicialmente o alongamento da raiz principal. Posteriormente é provável que as espécies invistam no engrossamento como observado em espécies de savana (Tomlinson *et al.*, 2012).

Em técnicas de restauração de ambientes heterogêneos como o cerrado, uma mistura de espécies com diferentes tamanhos de sementes pode ser fundamental. As espécies com sementes menores desde estudo, podem apresentar vantagens na dispersão e na colonização de áreas. Experimentos de semeadura direta que incluem a característica tamanho da semente evidenciam vantagem para as sementes maiores. Em áreas de pastagens no cerrado, sementes com massas secas maiores a 100 mg (*Dimorphandra mollis*, *Copaifera langsdorffii*, *Dipterix alata*, *Hymenaea stigonocarpa*) podem se estabelecer em áreas sem roçado. Sementes com massas secas menores a 50 mg, preferivelmente, podem se estabelecer em áreas com roçado, onde vão crescer mais rápido que as sementes grandes (Pereira *et al.*, 2013).

Diferentes estudos que incluem o tempo médio de germinação, o utilizam para inferir a rapidez de ocupação de uma espécie em um ambiente determinado (Ferreira *et al.*, 2001; Borghetti e Ferreira, 2004). Como explicado no ponto 5.1, espécies desde estudo, possivelmente atrasam a germinação de algumas sementes, mesmo em condições adequadas, para reduzir o risco de morte se as condições se tornarem desfavoráveis. Em ambientes com

climas erráticos como o cerrado podem acontecer anos mais favoráveis para a germinação do que outros, nesse caso, a dormência de uma proporção de sementes pode aumentar a probabilidade de que alguns indivíduos aproveitem os melhores anos (Donohue *et al.*, 2010).

No entanto, não se apresentaram em todas as espécies, associações fortes entre características de germinação e post-germinação. Ainda que as espécies possuam tempos médios de germinação rápidos, intermediários e lentos, no campo e em escalas de tempo maiores a um mês, as condições ambientais que experimentam e o grau em que provocam a germinação, podem gerar a sobreposição entre as variantes dos seus nichos de germinação e pós-germinação, o que reduz as associações entre as características (Donohue *et al.*, 2010).

## 6. CONCLUSÕES

Baixos teores de água, sugerem vantagem frente a condições de seca e sobre solos expostos pela sua tolerância à dessecação. Sementes menores possuem maior probabilidade de colonizar áreas novas após distúrbio e sementes maiores serão mais resistentes aos filtros ambientais.

Entre as espécies avaliadas há germinação rápida, intermediária e lenta, acompanhada de diferentes valores de sincronia. Isto lhes permite aproveitar as condições favoráveis das estações de crescimento ou distribuir os riscos de mortalidade no tempo e no espaço.

Houve grande variação nas dimensões do cotilédone, hipocótilo e epicótilo, gerando padrões de desenvolvimento associados à função do cotilédone, em consequência, formaram-se quatro tipos de plântulas dentre as 11 espécies mensuradas.

As espécies apresentam duas estratégias de uso dos recursos. Espécies colonizadoras, com massa da semente menor, raiz principal alongada e alta SLA, que provavelmente conseguem aproveitar melhor a disponibilidade de recursos na estação chuvosa. Espécies tolerantes ao estresse, com massa da semente maior, raízes menos compridas e menor SLA, provavelmente conseguem armazenar recursos, o que pode torná-las boas rebrotadoras após distúrbio, mas com crescimento lento.

O foco deste estudo não foi testar as respostas particulares das espécies sob condições ambientais do cerrado, porém a caracterização ecológica realizada evidencia a diversidade de estratégias que espécies do bioma possuem como resposta à heterogeneidade ambiental. O conjunto de características de sementes e plântulas contribuem no estabelecimento de indivíduos de várias espécies. Ao conhecer essas características, pode-se superar filtros

ecológicos, aumentando o número de espécies capazes de se estabelecer em áreas degradadas e contribuindo para o sucesso da restauração por sementeira direta.

## BIBLIOGRAFIA

- Alves-Da-Silva, D., Borghetti, F., Thompson, K., Pritchard, H. e Grime, J. P. (2010). Underdeveloped embryos and germination in *Aristolochia galeata* seeds. *Plant Biology*, 13 (Suppl. 1), pp.104–108.
- Baraloto, C., Forget, P.M., e Goldberg, D. (2005). Seed mass, seedling size and neotropical tree seedling establishment. *Journal of Ecology*, 93(6), pp. 1156–1166.
- Baraloto, C., e Forget, P.-M. (2007 ). Seed size, seedling morphology, and response to deep shade and damage in neotropical rain forest trees. *American Journal of Botany*, 94(6), pp. 901-911.
- Baskin, C., e Baskin, J. (2014). Ecologically Meaningful Germination Studies. Em: C. Baskin e J. Baskin, *Seeds, Ecology, Biogeography, and, Evolution of Dormancy and Germination* Academic Press, pp. 5-35.
- Bewley, J. D., e Black, M. (1994). Germination, Structure, and Composition. Em J. D. Bewley e M. Black , *Seeds*. Springer US., pp. 1-33.
- Blate , G., Peart , D., e Leighton, M. (1998). Post-Dispersal Predation on Isolated Seeds: A Comparative Study of 40 Tree Species in a Southeast Asian Rainforest. *Oikos*, 82 (3), pp. 522-538.
- Bond, W. J., Honig, M., e Maze, K. E. (1999). Seed size and seedling emergence: an allometric relationship and some ecological implications. *Oecologia*, 120(1), pp. 132–136.
- Borghetti, F., e Ferreira, A. (2004). Interpretação de resultados de germinação. Em: A. Ferreira, e F. Borghetti (ed), *Germinação: Do básico ao aplicado*. ArtMed Brasil, pp. 209-222.
- Bradbeer, J. (1988). Germination. Em: J. Bradbeer, *Seed Dormancy and Germination*. Springer US, pp. 27-37.
- Bridgewater, S., Ratter, J., e Ribeiro, J. (2004). Biogeographic patterns,  $\beta$ -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. *Biodiversity e Conservation*, 13(12), pp. 2295–2317.

- Burt, B. (1972). Plumular protection and some related aspects of seedling behaviour. *Transactions of the Botanical Society of Edinburgh*, 41, pp. 393–400.
- Ceccon, E., González, E., e Martorell, C. (2016). Is Direct Seeding a Biologically Viable Strategy for Restoring Forest Ecosystems? Evidences from a Meta-Analysis. *Land Degradation e Development*, 27, pp. 511–520.
- Cole, R. J., Holl, K., Keene, C., e Zahawi, R. A. (2011). Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. *Forest Ecology and Management*, 261(10), pp. 1590-1597.
- Coomes, D., e Grubb, P. (June de 2003). Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 18(6), pp. 283-291.
- Cornelissen, J. H. C., Castro-Diez, P. e Hunt, R. (1996). Seedling growth, allocation and leaf attributes in a wide range of woody plant species and types. *Journal of Ecology*, 84, pp. 755–765.
- Cornelissen, J., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D., Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51(4), pp. 335 - 380.
- Dalling, J., Hubbell, S., e Silvera, K. (1998). Seed dispersal, seedling establishment and gap partitioning among tropical pioneer trees. *Journal of Ecology*, 86(4), pp. 674–689.
- Dalling, J., e Harms, K. (1999). Damage Tolerance and Cotyledonary Resource Use in the Tropical tree *Gustavia superba*. *Oikos*, 85(2), pp. 257-264.
- Dalling, J., e Hubbell, S. (2002). Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species. *Journal of Ecology*, 90(3), pp. 557–568.
- Dalling, J., Harms, K., e Schupp, E. (2002). Ecología De Semillas. Em: M. Guariguata, e G. Kattán, *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Cartago, Costa Rica: lur, p. 345.
- Daws, M., Garwood, N., e Pritchard, H. (2005). Traits of recalcitrant seeds in a semi-deciduous tropical forest in Panamá: some ecological implications. *Functional Ecology*, 19, pp. 874–885.
- Daws, M., Garwood, N., e Pritchard, H. (2006). Prediction of Desiccation Sensitivity in Seeds of Woody Species: A Probabilistic Model Based on Two Seed Traits and 104 Species. *Annals of Botany*, 97, pp. 667–674.

- Diaz, S., Purvis, A., Cornelissen, J.H.C., Mace, G. M., Donoghue M.J., Ewers, R.M., Jordano, P. e Pearse, W.D. (2013). Functional traits, the phylogeny of function, and ecosystem service vulnerability. *Ecology and Evolution*, 3(9), pp. 2958-75.
- Donohue, K., Rubio de Casas, R., Burghardt, L., Kovach, K., e Willis, C. (2010). Germination, Postgermination Adaptation, and Species Ecological Ranges. *Annual Reviews*, 41, pp. 293–319.
- Dousseau, S., Alvarenga A.A, Castro, E.M., Arantes, L.O, Nery, F.C. (2007). Superação de dormência em sementes de *Zeyhera montana* Mart. *Ciênc. Agrotec.* 31, pp.1744-1748.
- Eriksson, O. (2008). Evolution of Seed Size and Biotic Seed Dispersal in Angiosperms: Paleoeological and Neoeological Evidence. *International Journal of Plant Sciences*, 169(7), pp. 863-870.
- Eriksson, O., e Jakobsson, A. (1999). Recruitment trade-offs and the evolution of dispersal mechanisms in plants. *Evolutionary Ecology*, 13(4), pp. 411–423.
- Eriksson, O., Friis, E., e Löfgren, P. (2000). Seed Size, Fruit Size, and Dispersal Systems in Angiosperms from the Early Cretaceous to the Late Tertiary. *The American Naturalist*, 156(1), pp. 47-58.
- Fenner, M., e Thompson, K. (2005). *The Ecology of Seeds*. New York: Cambridge University Press.
- Forget, P.M. (1992). Seed Removal and Seed Fate in *Gustavia superba* (Lecythidaceae). *Biotropica*, 24(3), pp. 408-414.
- Franco, A., Bustamante, M., Caldas, L., Goldstein, G., Meinzer, F., Kozovits, A., Coradin, V. (2005). Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. *Trees*, 19(3), pp. 326-335.
- Furley, P.A., e Ratter, J.A. (1988). Soil resources and plant communities of the Central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15, pp. 97–108.
- Garcia, D., e Ranal, M. (2004). *Análise da Germinação*. Brasília: Universidade de Brasília.
- Garwood, N. C. (1983). Seed Germination in a Seasonal Tropical Forest in Panama: A Community Study. *Ecological Monographs*, 53(2), pp. 159–181.
- Garwood, N. (1989). Tropical Soil Seed banks: A Review. Em M. Allesio Leck, V. T. Parker, e R. L. Simpson (Eds.), *Ecology of Soil Seed Banks*. San Diego: Academic Press, Inc, pp. 149-209.

- Garwood, N. (1996). Functional Morphology of Tropical Tree Seedlings. Em M. Swaine (Ed.), *The Ecology of Tropical Forest Tree Seedling*. Paris, France: Unesco, Vol. 17, pp. 59-129.
- Goodland, R. e Pollard, R. (1973). The Brazilian Cerrado Vegetation: A Fertility Gradient. *Journal of Ecology*, 61(1), pp. 219-224.
- Green, P. e Juniper, P. (2004). Seed–seedling allometry in tropical rain forest trees: seed mass-related patterns of resource allocation and the ‘reserve effect’. *Journal of Ecology*, 92(3), pp. 397–408.
- Grime, J. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist*, 111(982) pp. 1169–1194.
- Grime, J.P. e Hillier, S.H. (1992). The contribution of seedling regeneration to the structure and dynamics of plant communities and larger units of landscape. In: Fenner M, ed. *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* Wallingford: CAB International, 349–364.
- Grossnickle, S. (2005). Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests*, 30(2), pp. 273–294.
- Guerin, N., Isernhagen, I., Mascia Vieira, D. L., Malta Campos Filho, E., e Junqueira Barbosa de Campos, R. (2015). Avanços e Próximos Desafios da Semeadura Direta para Restauração Ecológica. Em S. V. Martins, *Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados*. Viçosa: UFV, p. 376.
- Guzman-Grajales, S., e Walker, L. (1991). Differential Seedling Responses to Litter After Hurricane Hugo in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Biotropica*, 23(4a), pp. 407-413.
- Hammond, D. (1995). Post-Dispersal Seed and Seedling Mortality of Tropical Dry Forest Trees After Shifting Agriculture, Chiapas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 11(2), pp. 295-313.
- Harms, K., e Dalling, J. (1997). Damage and herbivory tolerance through resprouting as an advantage of large seed size in tropical trees and lianas. *Journal of Tropical Ecology*, 13, pp. 617-621.
- Harper, J. (1977). *Population Biology of Plants*. Academic Press.
- Hewitt, N. (1998). Seed size and shade-tolerance: a comparative analysis of North American temperate trees. *Oecologia*, 114(3), pp. 432–440.

- Hintze, C., Heydel, F., Hoppe, C., Cunze, S., König, A., e Tackenberg, O. ( 2013 ). D3: The Dispersal and Diaspore Database – Baseline data and statistics on seed. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 15(3), pp. 180– 192.
- Hoffmann, W. (2000). Post-Establishment Seedling Success in the Brazilian Cerrado: A Comparison of Savanna and Forest Species. *Biotropica*, 32(1), pp. 62–69.
- Hoffmann, W., e Franco, A. (2003). Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. *Journal of Ecology*, 91(3), pp. 475–484.
- Hoffmann, W., Orthen , B., e Franco, A. (2004). Constraints to seedling success of savanna and forest trees across the savanna-forest boundary. *Oecologia*, 140(2), pp. 252–260.
- Holl, K. D., e Lulow, M. E. (1997). Effects of Species, Habitat, and Distance from Edge on Post-dispersal Seed Predation in a Tropical Rainforest. *Biotropica*, 29(4), pp. 459-468.
- Hong , T., e Ellis, R. (1996). A protocol to determine seed storage behaviour. Em: J. Engels, e J. Toll, eds. *IPGRI Technical Bulletin*, 1.
- Howe, H., e Richter, W. (1982). Effects of Seed Size on Seedling Size in *Virola surinamensis*; a Within and Between Tree Analysis. *Oecologia*, 53(3), pp. 347-351.
- Howe, H., Schupp, E., e Westley, L. (1985). Early Consequences of Seed Dispersal for a Neotropical Tree (*Virola surinamensis*). *Ecology*, 66, (3), pp. 781-791.
- Ibarra-Manríquez, G., Martínez Ramos, M., e Oyama, K. (2001). Seedling Functional Types In A Lowland Rain Forest In Mexico. *American Journal of Botany*, 88(10), 1801–1812.
- Jackson, G. (1974). Cryptogeal germination and other seedling adaption to the burning of vegetation in Savanna regions. The origin of the pyrophytic habit. *New Phytologist*, 73(4), pp. 771-780.
- Jacobs, D., Salifu, K., e Seifert, J. (2005). Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings. *New Forests*, 30(2), pp. 235–251.
- Jurado, E., e Westoby, M. (1992). Seedling Growth in Relation to Seed Size Among Species of Arid Australia. *Journal of Ecology*, 80( 3), pp. 407-416.
- Kappen, L., e Valladares, F. (2007). Opportunistic Growth and Desiccation Tolerance: The Ecological Success of Poikilohydrous Autotrophs. Em F. Pugnaire, e F. Valladares (Eds.), *Functional Plant Ecology*. New York: Taylos and Francis. pp. 8-48.

- Kitajima, K., e Fenner, M. (2000). Seedling regeneration ecology. Em: M. Fenner (Ed.), *The Ecology of Regeneration in Plant Communities* Wallingford, UK: CAB International, (2a ed), pp. 331–360.
- Kitajima, K. (1992). Relationship between Photosynthesis and Thickness of Cotyledons for Tropical Tree Species. *Functional Ecology*, 6(5), pp. 582-589.
- Kneitel, J., e Chase, J. (2004). Trade-offs in community ecology: linking spatial scales and species coexistence. *Ecology Letters*, 7(1), pp. 69–80.
- Lahoreau, G., Barot, S., Gignoux, J., Hoffmann, W., Setterfield, S., e Williams, P. (2006). Positive effect of seed size on seedling survival in fire-prone savannas. *Journal of Tropical Ecology*, 22, pp. 719–722.
- Larson, J., Sheley, R., Hardegree, S., Doescher, P., e James, J. (2014). Seed and seedling traits affecting critical life stage transitions and recruitment outcomes in dryland grasses. *Journal of Applied Ecology*, 52(1), pp. 199–209.
- Larson, J., e Funk, J. L. (2016). Regeneration: an overlooked aspect of trait-based plant community assembly models. *Journal of Ecology*, 104, pp. 1284–1298.
- Lavorel, S., McIntyre, S., Landsberg, J., e Forbes, T. (1997). Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends in Ecology e Evolution*, 12(12), pp. 474–478.
- Leishman, M., e Westoby, M. (1994). The Role of Large Seed Size in Shaded Conditions: Experimental Evidence. *Functional Ecology*, 8(2), pp. 205-214.
- Leishman, M., Wright, I., Moles, A., e West, T. (2000). The evolutionary ecology of seed size. Em M. Fenner, *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities..* Wallingford, UK. CABI Publishing, p. 410.
- Levin, S. A., Muller-Landau, H. C., Nathan, R., e Chave, J. (2003). The Ecology and Evolution of Seed Dispersal: A Theoretical Perspective. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, pp. 575-604.
- Lima, M. de Jr., Hong, T.D., Arruda, Y.M.B.C., Mendes, A.M.S. e Ellis, R.H. (2014). Classification of seed storage behaviour of 67 Amazonian tree species. *Seed Sci. & Technol.*, 42, pp.363-392.
- Lobo Alves, G. (2012). Ensaio para a Validação de Metodologias para Germinação de Diásporos de Espécies Arbóreas do Cerrado. *Dissertação de mestrado em Biologia Vegetal*. Universidade Federal de Uberlândia.
- Lönnberg, K., e Eriksson, O. (2012). Seed Size and Recruitment Patterns in a Gradient from Grassland to Forest. *Écoscience*, 19 (2), pp. 140-147.

- Lüttge, U. (2008). Savannas. I. Physiognomy, Terminology and Ecotones: Why Do Savannas Exist? Em U. Lüttge, *Physiological Ecology of Tropical Plants*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 293-312.
- Matthes, L.A.F.; Leitão Filho, H.F. e Martins, F.R. (1988). Bosque dos Jequitibás (Campinas - SP): composição florística e estrutura fitossociológica do estrato arbóreo. In: Anais do V Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo. Botucatu, 1985. pp. 55-76.
- Mattsson, A. (1997). Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests*, 13(1), pp. 227–252.
- Mayrinck, R.C., Afonso, T.A.V., Davide, A.C. (2016). Classificação fisiológica de sementes florestais quanto à tolerância à dessecação e ao comportamento no armazenamento. *CERNE*, 22(1), pp. 85-92.
- Metcalfé, D. J., e Grubb, P. J. (1997). The responses to shade of seedlings of very small-seeded tree and shrub species from tropical rain forest in Singapore. *Functional Ecology*, 11(2), pp. 215–221.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2013). *Regras para análise de sementes*.
- Moles, A., e Westoby, M. (2004). Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. *Journal of Ecology*, 92(3), pp. 372–383.
- Moles, A., e Leishman, M. (2008). The seedling as part of a plant's life history strategy. Em M. Leck, T. Parker, e R. Simpson, *Seedling Ecology and Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 217-238.
- Molofsky, J., e Augspurger, C. (1992). The Effect of Leaf Litter on Early Seedling Establishment in a Tropical Forest. *Ecology*, 73(1), pp. 68–77.
- Montoro Ribeiro, G. (2008). Morfologia de Plântulas de Espécies Lenhosas do Cerrado. *Dissertação de Mestrado em Botânica*, Universidade de Brasília.
- Mooney, H., Mack, R., McNeely, J., Neville, L., Schei, P., e Waage, J. (2005). *Invasive Aliens Species: A New Synthesis*. Washington: Island Press.
- Moore, P. (2001). Ecology: The guts of seed dispersal. *Nature*, 414, pp. 406-407 .
- Mota Hofmann, E. (2012). Diásporos e Plântulas de Espécies Lenhosas de Mata de Galeria: Biometria, Morfologia e Aspectos da Germinação e do Desenvolvimento Inicial. *Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais*, Universidade de Brasília.
- Mühlethaler, U., e Kamm, U. (2009). Innovative direct seeding method in the forest. *Agrarforschung Schweiz*, pp. 384-389.

- Murdoch, A., e Ellis, R. (1992). Longevity, viability, and dormancy. Em M. Fenner (Ed.), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford: CAB International, (pp. 193-229).
- Nepstad, D. C., Uhl, C., Pereira, C. A., e Cardoso da Silva, J. (1996). A Comparative Study of Tree Establishment in Abandoned Pasture and Mature Forest of Eastern Amazonia. *Oikos*, 76(1), pp. 25-39.
- Norden, N., Daws, M., Camille, A., Gonzalez, M., Garwood, N., e Chave, J. (2009). *Functional Ecology*, 23, pp. 203–210.
- Okubo, A., e Levin, S. (1989). A Theoretical Framework for Data Analysis of Wind Dispersal of Seeds and Pollen. *Ecology*, 70(2), pp. 329-338.
- Osunkoya, O. O. (1994). Postdispersal survivorship of north Queensland rainforest seeds and fruits: Effects of forest, habitat and species. *Austral Ecology*, 19(1), pp. 52–64.
- Palhares, D., Franco, A., e Penteadó Zaidan, L. (2010). Respostas fotossintéticas de plantas de cerrado nas estações seca e chuvosa. *Revista Brasileira de Biociências*, 8(2), pp. 213-220.
- Palma, A., e Laurance, S. (2015). A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go? *Applied Vegetation Science*, 18, pp. 561–568.
- Pammenter, N., e Berjak, P. (2000). Evolutionary and ecological aspects of recalcitrant seed biology. *Seed Science Research*, 10(3), pp. 301-306.
- Paz, H., e Martínez-Ramos, M. (2003). Seed Mass and Seedling Performance within Eight Species of Psychotria (Rubiaceae). *Ecology*, 84(2), pp. 439–450.
- Pereira R., S., Laura, V., e L. T. Souza, A. (2013). Establishment of Fabaceae Tree Species in a Tropical Pasture: Influence of Seed Size and Weeding Methods. *Restoration Ecology*, 21(1), pp. 67–74.
- Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Cornelissen, J. (2013). New handbook for standardised measurement of plant. *Australian Journal of Botany*, 61(3), pp. 167–234.
- Pierce, S., Negreiros, D., Cerabolini, B. E. L., Kattge, J., Díaz, S., Kleyer, M., Shipley, B., Wright, S. J., Soudzilovskaia, N. A., Onipchenko, V. G., van Bodegom, P. M., Frenette-Dussault, C., Weiher, E., Pinho, B. X., Cornelissen, J. H. C., Grime, J. P., Thompson, K., Hunt, R., Wilson, P. J., Buffa, G., Nyakunga, O. C., Reich, P. B., Caccianiga, M., Mangili, F., Ceriani, R. M., Luzzaro, A., Brusa, G., Siefert, A., Barbosa, N. P. U., Chapin, F. S., Cornwell, W. K., Fang, J., Fernandes, G. W.,

- Garnier, E., Le Stradic, S., Peñuelas, J., Melo, F. P. L., Slaviero, A., Tabarelli, M. and Tampucci, D. (2016). A global method for calculating plant CSR ecological strategies applied across biomes world-wide. *Functional Ecology*, 31: 444–457.
- Pritchard, H.W., Daws, M.I., Fletcher, B.J., Gamene, C.S., Msanga, H.P. & Omondi, W. (2004). Ecological correlates of seed desiccation tolerance in tropical African dryland trees. *American Journal of Botany*, 91, 863–870.
- Pujol, B., Mühlen, G., Garwood, N., Horoszowski, Y., Douzery, E., e McKey, D. (2005). Evolution under domestication: contrasting functional morphology of seedlings in domesticated cassava and its closest wild relatives. *New Phytologist*, 166(1), pp. 305–318.
- Rees, M. (1994). Delayed Germination of Seeds: A Look at the Effects of Adult Longevity, the Timing of Reproduction, and Population Age/Stage Structure. *The American Naturalist*, 144(1), pp. 43-64.
- Reich, P. B., Walters, M. B., e Ellsworth, D. S. (1992). Leaf Life-Span in Relation to Leaf, Plant, and Stand Characteristics among Diverse Ecosystems. *Ecological Monographs*, 62(3), pp. 365-392.
- Ressel, K., Guilherme, F. A., Schiavini, I., e Oliveira, P. E. (2004). Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Botânica*, 27(2), pp. 311-323.
- Ribeiro, J., e Walter , B. (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Em: S. Sano, S. Pedrosa de Almeida, e J. Ribeiro (ed), *Cerrado: ecologia e flora*. Planaltina, Brasil: Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica. (ol. 1, pp. 151-212.
- Ribeiro, L., Barbosa, E., van Langevelde, F., e Borghetti, F. (2015). The importance of seedmass for the tolerance to heat shocks of savanna and forest tree species. *Journal of Vegetation Science* , 26(6), pp. 1102–1111.
- Rizzini, C. (1965). Estudos experimentais sobre o xilopódio e outros órgãos tuberosos de plantas do cerrado. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 37, pp. 87-113.
- Rodríguez, M., Orozco-Segovia, A., Sánchez-Coronado, M. E., e Vázquez-Yanes, C. (2000). Seed germination of six mature neotropical rain forest species in response to dehydration. H. Publishing, Ed. *Tree Physiology*, 20 , pp. 693–699.
- Rose, S., e Poorter , L. (2003). The importance of seed mass for early regeneration in tropical forest: a review. Em H. ter Steege, *Long-term changes in tropical tree diversity: Studies from the Guiana Shield, Africa, Borneo and Melanesia*. Wageningen: Tropenbos, pp. 19 - 35.

- Salazar, A., Goldstein, G., Franco, A. C., e Miralles-Wilhelm, F. (2011). Timing of seed dispersal and dormancy, rather than persistent soil seed-banks, control seedling recruitment of woody plants in Neotropical savannas. *Seed Science Research*, 21(02), pp. 103–116.
- Salazar, A., Goldstein, G., Franco, A., e Miralles-Wilhelm, F. (2012 ). Seed limitation of woody plants in Neotropical savannas. *Plant Ecology*, 213(2), pp. 273–287.
- Scholz, F., Bucci, S., Goldstein, G., e Franco, A. (2002). Hydraulic redistribution of soil water by Neotropical savanna trees. *Tree Physiology*, 22(9), pp. 603-12.
- Seiwa, K., e Kikuzawa, K. (1996). Importance of seed size for the establishment of seedlings of five deciduous broad-leaved tree species. *Vegetatio*, 123(1), pp. 51–64.
- Silva Júnior, M. C da. (2012). *100 Árvores do Cerrado sentido restrito*. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado.
- Silva, R. (2015). Semeadura Direta de Árvores do Cerrado: Testando Técnicas Agroecológicas para o Aperfeiçoamento do Método. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal*. Universidade de Brasília.
- Simon, M., e Hughes, C. (2011). Evolution of the Cerrado. *Oxford Plant Systematics, OPS* 17, pp. 6-7.
- Simon, M., Grether, R., de Queiroz, L., Skemae, C., Pennington, T., e Hughes, C. (2009). Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *PNAS*, 106(48), pp. 20359–20364.
- Stock, W., Pate , J., e Delfs, J. (1990). Influence of Seed Size and Quality on Seedling Development Under Low Nutrient Conditions in Five Australian and South African Members of the Proteaceae. *Journal of Ecology*, 78(4), pp. 1005-1020.
- Thompson, K., Band, S., e Hodgson , J. (1993). Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology*, 7(2), pp. 236-241.
- Tiffney, B. (2004). Vertebrate dispersal of seed plants through time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, pp. 1–29.
- Tomlinson, K., Poorter, L., Bongers, F., Borghetti, F., Jacobs, L., e van Langevelde, F. (2014). Relative growth rate variation of evergreen and deciduous savanna tree species is driven by different traits. *Annals of Botany*, 114(2), pp. 315–324.
- Tomlinson, K., Sterck, F., Bongers, F., da Silva, D., Barbosa, E., Ward, D., van Langevelde, F. (2012). Biomass partitioning and root morphology of savanna. *Journal of Ecology*, 100(5), pp. 1113–1121.

- Tomlinson, K., van Langevelde, F., Ward, D., Bongers, F., Alves da Silva, D., Prins, H., Sterck, F. (2013). Deciduous and evergreen trees differ in juvenile biomass allometries because of differences in allocation to root storage. *Annals of Botany*, 112(3), pp. 575–587.
- Vazquez-Yanes, C., e Orozco Segovia, A. (1984). Ecophysiology of Seed Germination in the Tropical Humid Forests of the World: A Review. Em: E. Medina, H. Mooney, e C. Vázquez-Yánes, *Physiological ecology of plants of the wet tropics* . Springer Netherlands, Vol. 12, pp. 37-50.
- Vazquez-Yanes, C., Orozco-Segovia, A., Rincon, E., Sanchez-Coronado, M., Huante, P., Toledo, J., e Barradas, V. (1990). Light Beneath the Litter in a Tropical Forest: Effect on Seed Germination. *Ecology*, 71(5), pp. 1952–1958.
- Vazquez-Yanes, C., e Orozco Segovia, A. (1993). Patterns of Seed Longevity and Germination in the Tropical Rains Forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 23, pp. 69-87.
- Venable, D.L. ( 2007). Bet hedging in a guild of annual deserts. *Ecology* 88(5), pp. 1086-1090.
- Vieira, D. L., e Scariot, A. (2006). Principles of Natural Regeneration of Tropical Dry Forests for Restoration. *Restoration Ecology*, 14(1), pp. 11–20.
- Vieira, D. L., de Lima, V. V., Sevilha, A. C., e Scariot, A. (2008). Consequences of dry-season seed dispersal on seedling establishment of dry forest trees: Should we store seeds until the rains? *Forest Ecology and Management*, 256 (3), pp. 471–481.
- Villalobos-Vega , R., Goldstein, G., Haridasan , M., Franco, A., Miralles-Wilhelm, F., Scholz, F., e Bucci, S. (2011). Leaf litter manipulations alter soil physicochemical properties and tree growth in a Neotropical savanna. *Plant Soil*, 346, pp. 385–397.
- Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., e Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116, pp. 882-892.
- Westoby, M., Leishman, M., e Lord, J. (1996). Comparative Ecology of Seed Size and Dispersal. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 351(1345), pp. 1309-1318.
- Whitmore, T. (1989). Canopy Gaps and the Two Major Groups of Forest Trees. *Ecology*, 70(3), pp. 536–538.
- Willson, M. (1992). The Ecology of Seed Dispersal. Em M. Fenner, *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. Wellingford: CAB International, p. 373.

- Wright, I., e Westoby, M. (1999). Differences in seedling growth behaviour among species: trait correlations across species, and trait shifts along nutrient compared to rainfall gradients. *Journal of Ecology*, 87(1), pp. 85–97.
- Wright, I. J., e Westoby, M. (2001). Understanding seedling growth relationships through specific leaf area and leaf nitrogen concentration: generalisations across growth forms and growth irradiance. *Oecologia*, 127(1), pp. 21–29.
- Yang, Y., Zhu, Q., Peng, C., Wang, H. e Chen, H. (2015). From plant functional types to plant functional traits: A new paradigm in modelling global vegetation dynamics. *Progress in Physical Geography*. 39(4), pp. 514–535.
- Zaidan, L., e Carreira, R. (2008). Seed germination in Cerrado species. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20(3), pp. 167-181.
- Zanne, A., Chapman, C., e Kitajima, K. (2005). Evolutionary and ecological correlates of early seedling morphology in East African trees and shrubs. *American Journal of Botany*, 92(6 ), pp. 972-978.

## MATERIAL ILUSTRATIVO



Figura 1. Germinação de sementes de espécies arbóreas do cerrado. a) *M. pubescens*; b) *A. macrocarpon*; c) *D. alata*; d) *A. fraxinifolium*; e) *L. pacari*; f) *K. speciosa*; g) *P. reticulata*; h) *C. antisiphilitica*; i) *L. paniculata*; j) *A. tomentosum*; k) *A. dasycarpum*; l) *Q. grandiflora*; m) *Z. montana*; n) *A. edulis*; ñ) *H. ochraceus*.

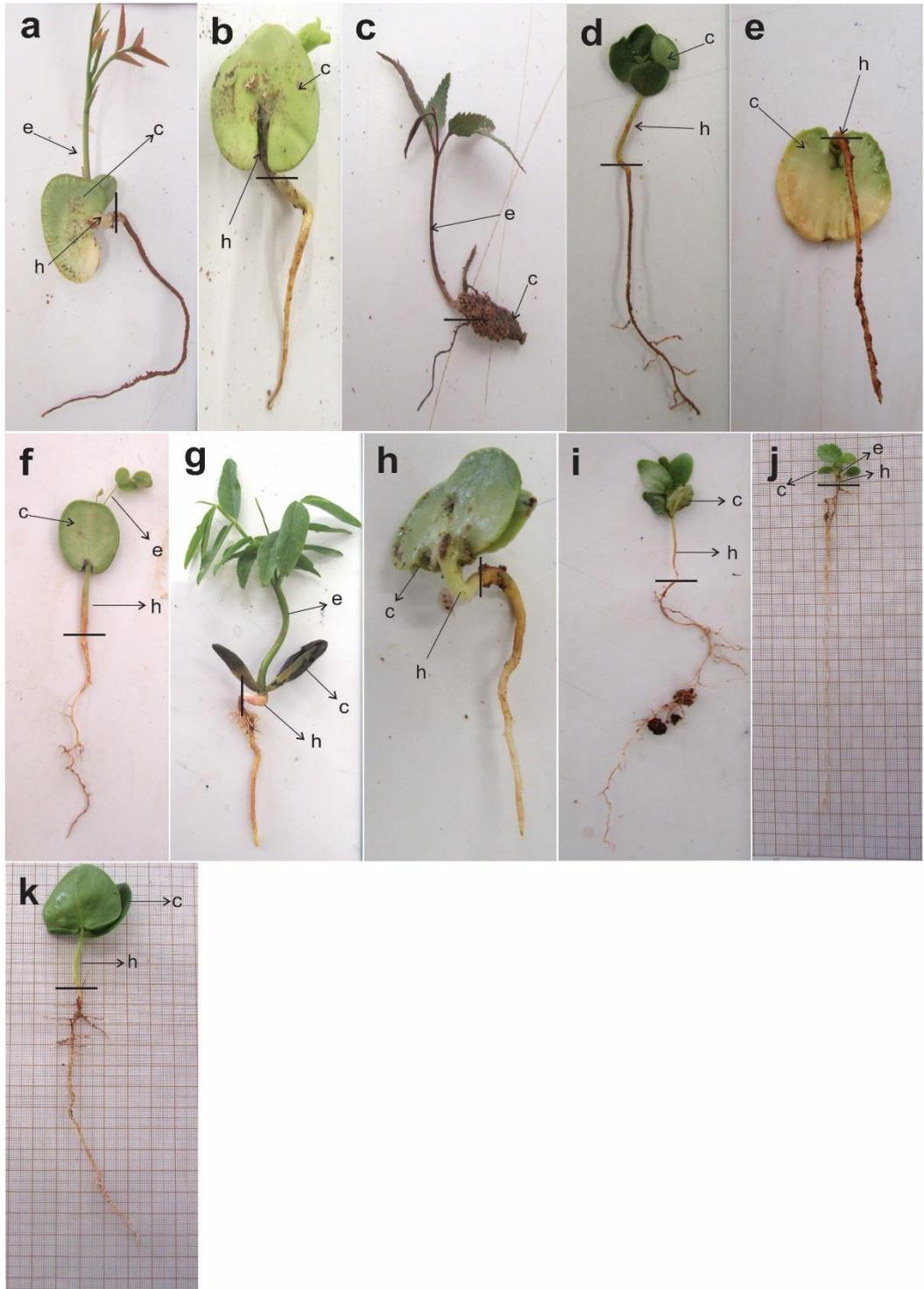


Figura 2. Classificação morfofuncional de 11 espécies arbóreas do cerrado. a) *M. pubescens*; b) *A. macrocarpon*; c) *A. fraxinifolium*; d) *C. antisipphyllitica*; e) *T. aurea*; f) *P. reticulata*; g) *D. alata*; h) *K. speciosa*; i) *L. pacari*; j) *L. paniculata*; k) *A. tomentosum*. Letras dentro de cada imagem correspondem a partes da plântula, sendo e= epicótilo, h= hipocótilo, c= cotilédone.

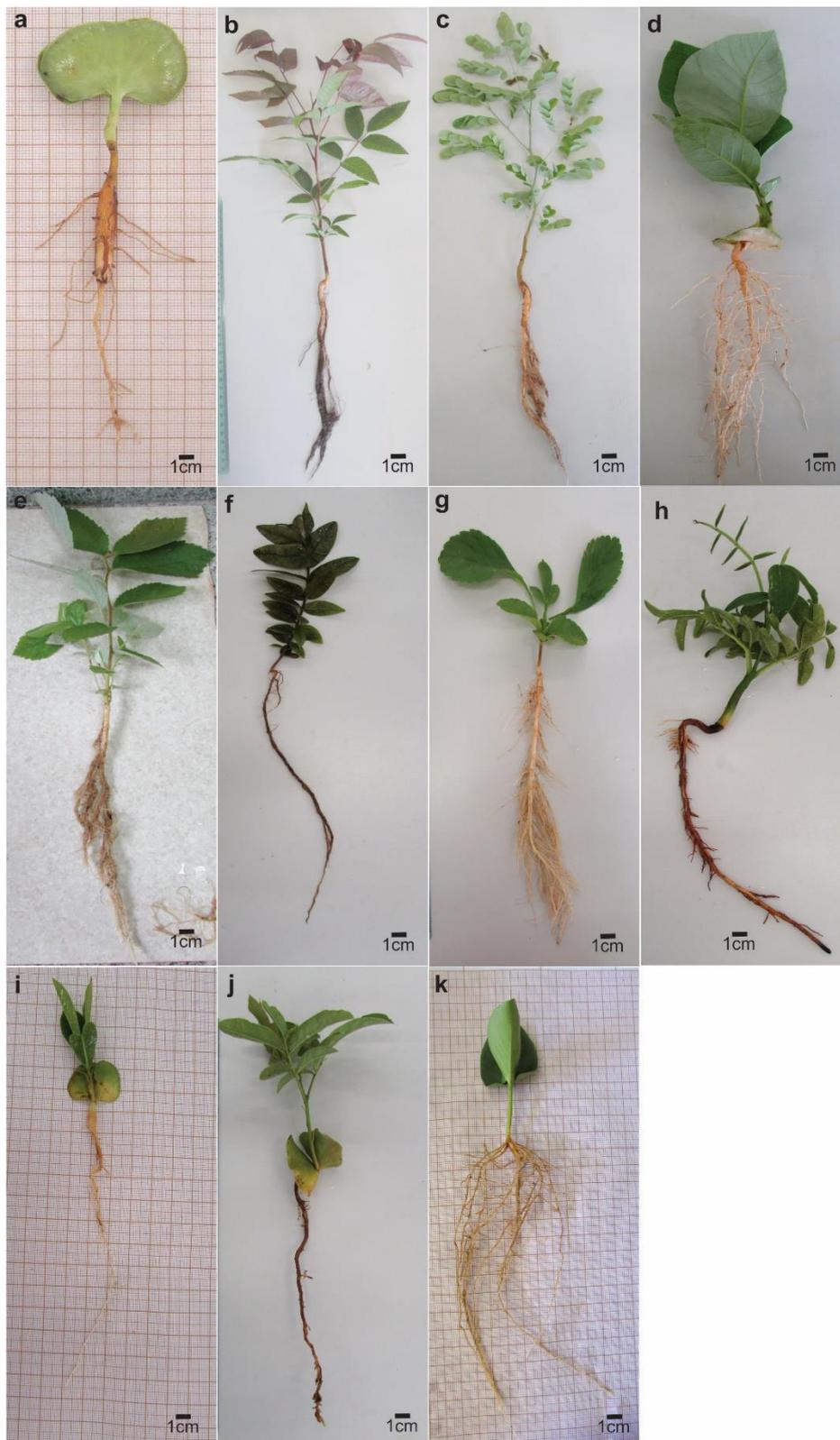


Figura 3. Crescimento de plântulas de árvores de cerrado aos 90 dias de idade. a) *K. speciosa*; b) *A. fraxinifolium*; c) *P. reticulata*; d) *A. macrocarpon*, e) *L. paniculata*; f) *L. pacari*; g) *C. antisiphilitica*; h) *D. alata*; i) *T. aurea*; j) *M. pubescens*; k) *A. tomentosum*.