

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

**SEMEADURA DIRETA DE ÁRVORES DO CERRADO:
TESTANDO TÉCNICAS AGROECOLÓGICAS PARA O
APERFEIÇOAMENTO DO MÉTODO**

RAISSA RIBEIRO PEREIRA SILVA

ORIENTADOR: DANIEL LUIS MASCIA VIEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM – 245/2015
BRASÍLIA/DF: FEVEREIRO / 2015**

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

“SEMEADURA DIRETA DE ÁRVORES DO CERRADO: TESTANDO
TÉCNICAS AGROECOLÓGICAS PARA O APERFEIÇOAMENTO DO
MÉTODO”

RAÍSSA RIBEIRO PEREIRA SILVA

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:

Profº Dr. DANIEL LUIS MASCIA VIEIRA (Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária – EMBRAPA);
(Orientador)

Profº Dr. FABIAN BORGHETTI (Departamento de Botânica-BOT, UnB);
(Examinador Interno/Externo)

Profª Dra. GISELDA DURIGAN (Instituto Florestal do Estado de São Paulo,
IF/SP);
(Examinador Externo)

Profº Dr. JOSÉ FELIPE RIBEIRO (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
– EMBRAPA);
(Examinador Suplente)

Brasília-DF, 09 de fevereiro de 2015.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília.
Acervo 1020841.

Silva, Raissa Ribeiro Pereira.
S586s Semeadura direta de árvores do cerrado: testando técnicas agroecológicas para o aperfeiçoamento do método / Raissa Ribeiro Pereira Silva. - - 2015.
x, 77 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 2015.

Orientação: Daniel Luis Mascia Vieira.
Inclui bibliografia.

1 . Plantio direto. 2 . Árvores. 3 . Cerrados. 4 . Ecologia agrícola. I . Vieira, Daniel Luis Mascia. II . Título.

CDU 631 . 53 . 04

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, R. R. P. (2015). Semeadura direta de árvores do cerrado: testando técnicas agroecológicas para o aperfeiçoamento do método. Dissertação de Mestrado. Publicação PPGEFL. DM - 245/ 2015, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, DF, 77 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Raíssa Ribeiro Pereira Silva

TÍTULO: Semeadura direta de árvores do cerrado: testando técnicas agroecológicas para o aperfeiçoamento do método.

GRAU: Mestre

ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília (UnB) 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.

“Plantar um jardim é uma liturgia
para exorcizar a morte.
Eu me alegro olhando
para as árvores pequenas
que estarão grandes
depois que eu ficar encantado.”

Rubem Alves

À minha mãe,
minha arvorezinha do cerrado.

AGRADECIMENTOS

Para cada ciclo que se inicia em minha vida, muitos são os círculos que permanecem e fazem valer a pena essa busca incessante por inícios e fins de ciclos.

Ao fim deste ciclo, agradeço imensamente aos que, ao meu lado, caminharam no Olhos d'água, pedalarão no eixão, correram no Parque da Cidade, nadaram no lago Paranoá, trilharam nas cachoeiras, viajaram pro “campo” e sonharam um mundo melhor!

À minha mãe, que não poupa esforços para eu realizar meus sonhos. Meu pai, que na sua ingenuidade se orgulha das minhas escolhas. Aos meus irmãos, Pablo e Moreno, que mesmo tão distantes, se fazem tão perto. Minha “mãedrinha”, Lolita, por todo cuidado e carinho sempre. Toda minha família, meu porto seguro.

Aos amigos que foram surgindo entre os vazios das entrequadradas e encheram meus dias de alegria. Aos amigos que já vinham daqueles outros círculos e encheram meus dias de saudade.

Aos coadjuvantes do meu dia-a-dia, que fazem tudo fluir sem que eu perceba (secretári@s, os motoristas, cozinheir@s, “Gisele”, CNPq, EMBRAPA, Capes, UnB, os palhaços, as crianças).

Ao CERRADO, esse menino baixinho, de perna torta e casca dura, que tanto me encanta!

Em especial, agradeço o diretor que orientou cada detalhe para que eu pudesse atuar nessa peça. Dani, muito obrigada por me inspirar com o sorriso mais lindo do mundo!

APRESENTAÇÃO

Essa dissertação de mestrado faz parte de uma pesquisa de restauração ecológica via semeadura direta, replicada em diversas unidades experimentais com diferentes desenhos, visando testar métodos que aprimorem a técnica de semeadura direta. A dissertação está dividida em dois capítulos, ambos com o objetivo de avaliar a emergência, o estabelecimento e o crescimento de espécies de árvores nativas do cerrado. O primeiro capítulo testa os efeitos de profundidade de plantio (superfície e enterrada), e a espessura de palhada (sem cobertura do solo e camadas de palhada de 5 e 10 cm) para 16 espécies do cerrado. O segundo capítulo testa os efeitos de plantas companheiras (plantas de adubação verde, plantas agrícolas e sem plantas companheiras) e adubação (química, orgânica e sem adubação) para 12 espécies do cerrado.

RESUMO

SEMEADURA DIRETA DE ÁRVORES DO CERRADO: TESTANDO TÉCNICAS AGROECOLÓGICAS PARA O APERFEIÇOAMENTO DO MÉTODO

Autor: Raíssa Ribeiro Pereira Silva

Orientador: Daniel Luis Mascia Vieira

Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais

Brasília, janeiro de 2015

A semeadura direta é sugerida como uma alternativa eficaz e barata para a restauração ecológica, mas para que ela seja amplamente utilizada para a restauração de ecossistemas tropicais é necessário (i) conhecer as espécies e as características funcionais adequadas à técnica e (ii) aprimorar técnicas que aumentem a germinação e a sobrevivência de plântulas. Esta dissertação avaliou emergência, estabelecimento e crescimento de espécies de árvores nativas do cerrado submetidas à semeadura direta. No primeiro capítulo foram testados os tratamentos de profundidade de plantio (superfície e enterrada) e utilização de “mulch” (sem cobertura, 5 cm e 10 cm de palhada), no estabelecimento de plântulas, nas variáveis microambientais e na emergência da gramínea invasora braquiária. No segundo capítulo foram testados tratamentos de plantas companheiras (sem plantas, plantas agrícolas e adubação verde) e de adubação (sem adubo, cama de frango e adubo químico). No primeiro capítulo semeamos 30 sementes \times 6 tratamentos \times 3 blocos = 540 sementes de cada espécie. No segundo, semeamos 30 sementes \times 9 tratamentos \times 4 blocos = 1.080 sementes de cada espécie. O enterramento das sementes prejudicou as espécies com sementes achatadas. A cobertura de palhada aumentou a umidade do solo e diminuiu a emergência de braquiária, promovendo de 28 a 62% mais assimilação fotossintética. O sombreamento excessivo (95%) com adubação verde diminuiu a sobrevivência e o crescimento de algumas espécies, o que não ocorreu com as companheiras agrícolas (60% de sombreamento). A adubação não favoreceu o crescimento das plântulas. O crescimento aéreo das plântulas foi baixo em todos os tratamentos. O consórcio com plantas agrícolas que sombreie 60% pode ser utilizado nas fases iniciais da restauração. A semeadura direta é uma técnica efetiva para diversos tipos de sementes de árvores de cerrado (*Aspidosperma macrocarpon*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Dipteryx alata*, *Enterolobium gummiferum*, *Eugenia dysenterica* e *Magonia pubescens*, neste trabalho), desde que haja bom preparo do solo e controle de espécies invasoras.

Palavras-chave: Competição, restauração ecológica, sistemas agroflorestais, agroecologia.

ABSTRACT

DIRECT SEEDING OF SAVANNAS TREES: TESTING AGROECOLOGICAL TECHNIQUES TO IMPROVE THE METHOD

Direct seeding is suggested as an effective and inexpensive method to ecological restoration, but for it to be widely used for the restoration of tropical ecosystems it is necessary to (i) know the species and functional characteristics appropriate for the method and (ii) improve techniques that increase the germination and seedling survival. This dissertation evaluated emergency, establishment and growth of savanna trees species submitted to direct seeding. In the first chapter it was tested the effects of sowing depth (surface and buried) and mulch (without mulch, 5 cm and 10 cm straw mulch) on seedling establishment and microenvironmental variables and seedling emergence of *Urochloa decumbens*, an invasive grass. In the second chapter, the treatments plant cover (without plant, agricultural plants and green manure) and fertilization (without fertilizer, poultry litter and chemical fertilizer) were tested on tree seedling establishment and growth. In the first chapter we sowed 30 seeds \times 6 treatments \times 3 blocks = 540 seeds of each species. On the second, we sowed 30 seeds \times 9 treatments \times 4 blocks = 1,080 seeds of each species. Burial seeds reduced seedling emergence of flattened seed species. The straw coverage increased soil moisture and decreased *U. decumbens* emergency, promoting 28-62% more photosynthetic assimilation among tree seedling species. Excessive shading (95%) under green manure decreased the survival and growth of some species, which did not occur under agricultural plants (60% shading). Fertilization did not favor seedling growth. Above-ground seedling growth was low in all treatments. The consortium with agricultural plants that shade 60% can be used in the early stages of restoration. Direct seeding is an effective technique for various savanna tree species (*Aspidosperma macrocarpon*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Dipteryx alata*, *Enterolobium gummiferum*, *Eugenia dysenterica* and *Magonia pubescens* in this work), if there is good soil preparation and control of invasive species.

Key-words: Competition, ecological restoration, agroforestry, agroecology.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CAPÍTULO I.....	7
Efeitos de profundidade de plantio e da espessura de palhada na emergência e estabelecimento de plântulas	7
Introdução.....	8
Material e métodos	11
Área de estudo.....	11
Espécies estudadas.....	12
Desenho experimental.....	13
Implantação e manutenção do experimento.....	13
Coleta de dados.....	15
Análise de dados.....	17
Resultados.....	18
Umidade do solo, transmitância de luz, emergência de braquiária	18
Emergência.....	19
Crescimento até 16 meses	21
Sobrevivência e estabelecimento.....	24
Discussão	26
Implicações para a prática	29
Reconhecimento	30
Referências bibliográficas	30
Material Suplementar	34
CAPÍTULO II.....	39
Efeitos de plantas companheiras e adubação no estabelecimento e crescimento de plântulas	39
Introdução.....	40
Material e métodos	43
Área de estudo.....	43
Espécies estudadas.....	44
Desenho experimental.....	45
Implantação e manutenção do experimento.....	47
Avaliação e análise dos dados	48
Resultados.....	49
Emergência.....	49

<i>Sobrevivência e Estabelecimento</i>	51
<i>Crescimento até dois anos (altura, diâmetro e número de folhas)</i>	53
<i>Biomassa e crescimento radicular aos 135 dias</i>	56
Discussão	59
Implicações para prática	62
Reconhecimento	65
Referências bibliográficas	65
Material suplementar	71
IMPLICAÇÕES PARA SEMEADURA DIRETA DE ÁRVORES DO CERRADO	78

INTRODUÇÃO GERAL

As savanas neotropicais ocorrem em regiões da América Central e do Sul e compreendem formações florestais, savânicas e campestres, que não estão totalmente mapeadas devido ao tamanho das manchas, às transições ecotonais e aos limites entre florestas e savanas (Furley, 1999). O Cerrado é a maior (204 milhões de hectares, IBGE 2004), a mais rica, e possivelmente, a mais ameaçada savana neotropical. Com grande variação de fisionomias e composição vegetal, o cerrado está entre os biomas com maiores índices de biodiversidade e endemismos (Klink e Machado, 2005). As diferentes fisionomias são classificadas em cerradão (floresta densa, com árvores de 8-15 m de altura); cerrado *stricto sensu* (árvores mais dispersas, com 5-8 m de altura); campo cerrado (poucas árvores, com 3-5 m de altura); campo sujo (campo com arbustos esparsos, com 2-3m de altura); e, campo limpo (campo com pouco ou nenhum arbusto) (Eiten, 1972). Apesar da alta biodiversidade, pouca atenção tem sido dada para a conservação do cerrado, estimando-se que apenas 20% de sua área esteja intacta e apenas 1,2% conservada em áreas protegidas (Mittermeier *et al.*, 2000). Com o incentivo governamental para expansão da fronteira agrícola para a região centro-oeste, o cerrado foi intensamente convertido em pastagens (26%), culturas agrícolas (10%) e em cerrado perturbado (3%) (Sano, 2008). A facilidade de mecanização devido às boas condições topográficas e dos solos, a falta de fiscalização do desmatamento e a pressão em diminuir o desmatamento na Amazônia, indicam que o cerrado vai continuar sendo o bioma brasileiro com maior desmatamento (Lapola *et al.*, 2014).

Diante do intenso desmatamento dos ecossistemas terrestres, a restauração ecológica vem sendo exaltada para resgatar parte da biodiversidade e dos serviços ambientais perdidos com a degradação (Chazdon, 2008). A restauração ecológica é definida como o processo de apoio à recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou

destruído, com o objetivo de criar um ecossistema autossustentável que seja resistente à perturbação, sem mais assistência (SER, 2004). No Brasil, novas políticas têm incentivado a restauração ecológica. Certamente a mais importante delas foi implementada em 2014, o cadastro ambiental rural (CAR), um cadastro obrigatório para todas as propriedades rural, em que são delimitadas as APPs e as RLs, identificadas as áreas com necessidade de restauração, resultando no Plano de Regularização Ambiental (MMA, 2012). Projetos governamentais e não governamentais investem quantidade considerável de recursos para atividades de restauração ambiental, como por exemplo: Produtor de águas, Ykatu Xingu, Plano Nacional de Florestas (ANA, 2012; YIKATUXINGU, 2009; MMA, 2012).

Para que as políticas e a legislação ambientais sejam cumpridas, é desejável que as técnicas e os processos envolvidos na restauração ecológica sejam eficazes, baratos e envolvam o proprietário rural. A escolha da técnica de restauração ecológica deve se adequar a realidade econômica, social e cultural de cada projeto. Por exemplo, para agricultores familiares, sistemas agroflorestais (SAF), mão de obra abundante e baixo custo são recomendados. Para grandes empresas do agronegócio, plantio em larga escala utilizando mecanização é recomendado. Até recentemente, os estudos e a prática da restauração florestal no Brasil baseavam-se em conhecimentos silviculturais, envolvendo o plantio de mudas de espécies arbóreas, considerando classes sucessionais, com uso de insumos como adubação e controle das outras formas de vida com defensivos. Os órgãos de fiscalização seguem o padrão ditado por essas técnicas, inibindo a criatividade que poderia consolidar novas técnicas e restringindo o proprietário que deseja restaurar (Durigan *et al.*, 2010). Atualmente, há métodos sendo desenvolvidos e melhorados, baseados em princípios ecológicos como a sucessão ecológica, a ecologia da regeneração e relações de facilitação e competição (Reis *et al.*, 2003; Bechara, 2006; Rodrigues *et al.*, 2009; Durigan *et al.*, 2010).

A semeadura direta está se expandindo como alternativa viável para restauração ecológica. A semeadura direta de árvores tem registros desde 1870 na Austrália (Irving, 2004; Carr *et al.*, 2009), e hoje é amplamente usada no mundo todo (Doust *et al.*, 2006; Balandier *et al.*, 2009; Bonilla-Moheno e Holl, 2009; Wang *et al.*, 2011). A semeadura direta de árvores tem diversas vantagens, como: diminuição dos custos em até 40%, com redução de mão de obra e viveiro (Bullard *et al.*, 1992; Engel e Parrota, 2001; Cole *et al.*, 2011); a distribuição adensada de sementes, gerando densidades desejáveis de plântulas, próximo ao encontrado em clareiras naturais (Muehlethaler e Kamm, 2009); crescimento em local definitivo, não havendo choque de transplante (Willoughby *et al.*, 2004); e possível mecanização das operações. As desvantagens são a competição com gramíneas e outras plantas daninhas, a morte de sementes e plântulas por dessecação devido à exposição a altas temperaturas em áreas abertas, e a predação de sementes (Engel e Parrota, 2001; Doust *et al.* 2006, 2008; Sankaran *et al.* 2008; Riginos 2009).

Reconhecendo o potencial da técnica de semeadura direta de árvores para restauração ecológica, surge a demanda de pesquisas que visem aprimorar os resultados alcançados com a técnica. Para aumentar as porcentagens de germinação, é essencial conhecer as características morfofisiológicas das sementes e o método mais adequado de semeadura, como a profundidade de plantio e a densidade de semeadura. Aprimorar práticas agroecológicas, como a utilização do *mulch* e o consórcio com plantas companheiras, para superar os gargalos de predação e dessecação de sementes e plântulas, e combater as plantas espontâneas para evitar a competição, poderá contribuir para o maior desenvolvimento desta técnica, e conseqüentemente para suprir a demanda pela restauração ecológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://produtordeagua.ana.gov.br/>> Acesso em: 7 jan 2015.

BALANDIER, P.; FROCHOT, H.; SOURISSEAU, A. Improvement of direct tree seeding with cover crops in afforestation: Microclimate and resource availability induced by vegetation composition. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 8, p. 1716-1724, 2009.

BECHARA, F.C. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras: Floresta estacional semidecidual, Cerrado e Restinga. Tese (Doutorado) - Recursos Florestais, ESALQ-USP. 2006.

BULLARD, S., HODGES, J.D., JOHNSON, R.L., STRAKA, T.J. Economics of Direct Seeding and Planting for Establishing Oak Stands on Old-Field Sites in the South. **Southern Journal of Applied Forestry**, v. 16, p.34-40, 1992.

BONILLA-MOHENO, M.; HOLL, K. D. Direct Seeding to Restore Tropical Mature-Forest Species in Areas of Slash-and-Burn Agriculture. **Restoration Ecology**, v. 18, n. Suppl. 2, p. 438-445, 2010.

CARR, D; BONNEY, N.; HUXTABLE, D.; BARTLE, J. Improving direct seeding for woopy crops in temperate Australia: a review. **Rural Industries Research and Development Corporation**, 2009.

CHAZDON, R. L. Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, v. 320, n. 5882, p. 1458-1460, 2008.

COLE, R. J. *et al.* Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1590-1597, 2011.

DOUST, S. J.; ERSKINE, P. D.; LAMB, D. Direct seeding to restore rainforest species: Microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 234, n. 1-3, p. 333-343, 2006.

DURIGAN, G., Engel, V.L., TOREZAN, J.M.D., MELO, A.C.G. de, Marques, M.C.M., MARTINS, S.V., REIS, A., SCARANO, F.R. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas? **Revista Árvore**, v.34, p. 471-485, 2010.

EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v.38, p.201–341, 1972.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central Sao Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 152, n. 1-3, p. 169-181, 2001.

FURLEY, P. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, v. 8, n. 3-4, p. 223-241, 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/biomas.pdf> Acesso em: 6 jan 2015.

IRVING, F. A history of direct seeding. **Victorian Landcare and Catchment Management**, n. 31, p. 6-7, 2004.

KLINK, C. A.; MACHADO, R.B. Conservation of the Brazilian cerrado. **Conservation biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

LAPOLA, D. M. *et al.* Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 1, p. 27-35, 2014.

MITTERMEIER, R. A. ; MYERS, N.; MITTERMEIER, C. G. Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. **Mexico City:CEMEX**, 2000.

MMA. Ministério do Meio Ambiente – Desenvolvimento Rural. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/desenvolvimento-rural/cadastro-ambiental-rural>> Acesso em: 6 jan 2015.

MMA. Ministério do Meio Ambiente – Florestas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/florestas/programa-nacional-de-florestas>> Acesso em: 7 jan 2015.

MUEHLETHALER, U.; KAMM, U. Innovative direct seeding method in the forest. **Agrarforschung**, v. 16, n. 10, p. 384-389, 2009.

REIS, A., BECHARA, F.C., DE ESPÍNDOLA, M.B., VIEIRA, N.K., DE SOUZA, L.L. Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. **Natureza e Conservação**, v.1, p.85-92, 2003.

RIGINOS, C. Grass competition suppresses savanna tree growth across multiple demographic stages. **Ecology**, v. 90, n. 2, p. 335-340, 2009.

RODRIGUES, R. R. *et al.* On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1242-1251, 2009

SANKARAN, M.; RATNAM, J.; HANAN, N. Woody cover in African savannas: the role of resources, fire and herbivory. **Global Ecology and Biogeography**, v. 17, n. 2, p. 236-245, 2008

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SER, Society for Ecological Restoration International. Society of Ecological Restoration International Science and Policy Working Group. 2004. Disponível em: <<http://www.ser.org/>> Acesso em: 6 jan 2015

WANG, J., REN, H., YANG, L., LI, D. Factors influencing establishment by direct seeding of indigenous tree species in typical plantations and shrubland in South China. **New Forests**, v. 42, n. 1, p. 19-33, 2011.

WILLOUGHBY, I.; JINKS, R. L. The effect of duration of vegetation management on broadleaved woodland creation by direct seeding. **Forestry**, v. 82, n. 3, p. 343-359, Jul 2009.

YIKATUXINGU. Y IKATU XINGU. Disponível em: <<http://www.yikatuxingu.org.br/a-campanha/apresentacao/>> Acesso em: 7 jan 2015.

CAPÍTULO I

Efeitos de profundidade de plantio e da espessura de palhada na emergência e estabelecimento de plântulas

Resumo

Para que a semeadura direta seja amplamente aplicada para restauração ecológica de florestas e savanas tropicais é necessário conhecer um maior número de espécies e de características funcionais que têm sucesso com a semeadura direta e aprimorar técnicas que superem gargalos de germinação e sobrevivência de plântulas. Avaliamos emergência, estabelecimento e crescimento de 16 espécies de árvores nativas do cerrado, variando em tamanho e forma das sementes, testando os tratamentos de profundidade de plantio (superfície e enterrada) e utilização de “mulch” (sem cobertura, cobertura de 5 cm e cobertura de 10 cm de palhada de braquiária). Testamos as hipóteses de que: (i) o enterramento das sementes favorece a emergência de sementes volumosas; (ii) a cobertura de palhada minimiza extremos microambientais; (iii) impede a emergência da gramínea invasora braquiária; (iv) favorecendo o desenvolvimento das plântulas de espécies nativas. Trinta sementes de cada espécie foram semeadas por tratamento em cada bloco (30 sementes \times 6 tratamentos \times 3 blocos = 540 sementes de cada espécie). O enterramento das sementes não afetou a emergência de espécies com sementes volumosas, mas prejudicou as espécies com sementes achatadas. A cobertura de palhada aumentou a umidade do solo e diminuiu a emergência de braquiária, resultando em maior crescimento ligeiramente superior das plântulas de árvores até um ano de idade, e promovendo de 28 a 62% mais assimilação fotossintética para as três espécies cuja fotossíntese foi testada. A semeadura direta é uma técnica efetiva para o plantio de diversos tipos de sementes de árvores de

cerrado, desde que haja bom preparo do solo e mecanismos de controle de espécies invasoras.

Palavras-chave: Agroecologia, fotossíntese, mulch, restauração ecológica.

Introdução

A semeadura direta de árvores tem registros desde 1870 na Austrália (Irving, 2004; Carr *et al.*, 2009), porém há apenas 20 anos ela tem sido avaliada cientificamente, em apenas algumas dezenas de artigos científicos, e apontada como uma alternativa ao plantio de mudas para a restauração ecológica de ecossistemas florestais e savânicos. Já se sabe que a semeadura direta de espécies arbóreas tem menor custo e mais fácil operacionalização do que o plantio de mudas (Engel e Parrota, 2001; Camargo *et al.*, 2002; Doust *et al.*, 2008; Cole *et al.*, 2011; Campos-Filho *et al.*, 2013) e, pelo menos teoricamente, tem também vantagens ecológicas, como o estabelecimento das árvores em microsítios apropriados, uma vez que as sementes são espalhadas em grandes quantidades, e a densidade inicial de sementes e plântulas é mais próxima à encontrada em áreas em início de sucessão secundária (Balandier *et al.*, 2009; Sovu *et al.*, 2010; Schneemann e McElhinny, 2012; Campos-Filho *et al.*, 2013), simulando as relações de competição e facilitação, reduzindo assim a “digital” do método na restauração do ecossistema. Porém, a semeadura direta é bastante eficiente para o estabelecimento de apenas algumas espécies (Camargo *et al.*, 2002; Doust *et al.*, 2008; Campos-Filho *et al.*, 2013). Assim, pesquisas atuais buscam conhecer as espécies e as características funcionais que têm sucesso na restauração e buscam aprimorar técnicas que superem gargalos de germinação e sobrevivência de plântulas, para que um espectro maior de espécies seja contemplado com esta técnica e ela não seja um filtro de diversidade para a restauração.

A princípio, características das sementes e das plântulas devem ser consideradas na

escolha do método de semeadura. Sementes grandes possuem maior quantidade de reserva, promovendo maior tolerância de sementes e plântulas a condições desfavoráveis, como baixa disponibilidade de luz, água, herbivoria e nutrientes, e resultando em plântulas maiores e mais vigorosas (Camargo *et al.*, 2002; Baraloto e Forget, 2007; Garcia-Orth e Martínez-Ramos, 2008). Por outro lado, sementes pequenas possuem pouca reserva e são dependentes de luz para a fotossíntese mais precocemente (Van Ulft, 2004). A forma da semente também influencia resultados de germinação; sementes arredondadas penetram mais facilmente no solo, persistindo por mais tempo no banco de sementes antes de germinar, enquanto sementes achatadas mesmo permanecendo sobre a superfície do solo e germinam mais rapidamente devido ao tegumento de revestimento mais fino, que facilita o contato do embrião com o solo e a embebição da semente (Moles *et al.*, 2000; Tunjai e Elliot, 2012). As características morfológicas da semente estão relacionadas às características morfológicas da plântula; sementes maiores tendem a ter cotilédones hipógeo-armazenadores, enquanto sementes menores tendem a ter plântulas com cotilédones epígeo-foliáceos (Garwood, 1996; Ressel *et al.*, 2004; Baraloto e Forget, 2007), conseqüentemente, plântulas de cotilédone epígeo-foliáceo podem ter maior dificuldade em romper o solo ou a camada de serapilheira durante sua emergência, comparadas a plântulas de cotilédone hipógeo.

Dentre os obstáculos enfrentados por sementes e plântulas em áreas degradadas, a exposição a alta temperatura e baixa umidade, a predação e a presença de espécies exóticas invasoras estão entre os mais relevantes (Woods e Elliot, 2004; Vieira e Scariot, 2006; Doust *et al.*, 2008; Sovu *et al.*, 2010). No cerrado *stricto sensu*, o estabelecimento e o crescimento de plântulas de espécies arbóreas são dificultados pela presença frequente do fogo, a baixa disponibilidade de nutrientes no solo e a forte sazonalidade, com até cinco meses de seca (Furley, 1999; Hoffmann, 2000). Com o controle do fogo a sobrevivência

aumenta (Moreira, 2000), porém as plântulas ainda enfrentam alta irradiância e déficit hídrico (Salazar *et al.*, 2012a). Além desses fatores, a restauração de áreas de cerrado convertidas em pastagens e campos agrícolas é dificultada pela elevada densidade de gramíneas exóticas invasoras (Martins *et al.*, 2009). No Cerrado, a competição entre gramíneas e plântulas de árvores é acentuada com o déficit hídrico durante a estação seca, sugerindo que essa competição se dê principalmente abaixo do solo por recursos como água e nutrientes (Pereira *et al.*, 2013). Na semeadura direta, as plântulas permanecem no estrato herbáceo por mais tempo e seu estabelecimento é prejudicado pela competição com essas gramíneas (Riginos, 2009).

Enterrar as sementes pode resolver os gargalos de predação, pois esconde as sementes dos predadores, e de dessecação de sementes, pois reduz a perda de água das sementes menos expostas a altas temperaturas (Garcia-Orth e Martínez-Ramos, 2007; Sovu *et al.*, 2010; Guarino e Scariot, 2014). A dessecação das sementes e plântulas também pode ser evitada cobrindo o solo com palha de capim (“mulch”) (Doust *et al.*, 2006). A utilização do “mulch”, além de melhorar as condições física e química do solo, como aumento da umidade do solo, da infiltração de água e redução da erosão (Haywood, 1999), age como barreira à germinação de espécies de gramíneas invasoras, que têm sementes pequenas, com pouca reserva e geralmente são fotoblásticas positivas (Martins, 2011).

O objetivo deste estudo foi avaliar a emergência, o estabelecimento e o crescimento de 16 espécies de árvores nativas do cerrado, testando os tratamentos de profundidade de plantio (superfície e enterrada) e utilização de “mulch” (sem cobertura, cobertura de 5 cm e cobertura de 10 cm de palhada). As hipóteses testadas foram (i) enterrar as sementes favorece a germinação de sementes volumosas; (ii) reduzem extremos de temperatura e umidade; (iii) as sementes achatadas são prejudicadas pela barreira física quando enterradas; (iv) a cobertura de palhada minimiza extremos microclimáticos; (v) a cobertura

de palhada cria melhores condições à germinação para as sementes volumosas; (vi) a cobertura de palhada inibe o estabelecimento de plantas espontâneas; (vii) as melhores condições nos ambientes com a palhada favorecem o desenvolvimento das plântulas de espécies nativas; (viii) a ausência de palhada permite grande ocupação do solo pelo estabelecimento da braquiária; (ix) a presença de braquiária reduz o crescimento de plântulas de árvores nativas do cerrado; (x) a presença de braquiária reduz a fotossíntese de plântulas de árvores nativas do cerrado; (xi) a presença de braquiária reduz a sobrevivência de plântulas de árvores nativas do cerrado.

Material e métodos

Área de estudo

O experimento foi realizado na Fazenda Água Limpa, unidade experimental da Universidade de Brasília, no Distrito Federal, Brasil (15°56'S e 47°56'W). A altitude é de 1.080 m, a precipitação média anual é de 1.336 mm (DP = 111.3 mm), da qual 87% ocorre de outubro a março. A temperatura média anual é de 20°C, com média máxima de 22°C em outubro e média mínima de 17°C no mês de julho (FAL, 2012). O solo predominante é do tipo latossolo vermelho-escuro, com alto teor de alumínio e baixos teores de cálcio e magnésio (Libano e Felfili, 2006). A Fazenda possui área total de 4.340 ha, com remanescentes de cerrado *stricto sensu* próximos à área experimental, com 1.147 árvores/ha, área basal de 9,2 m²/ha, árvores de 3 e 5 metros de altura, sendo que algumas chegam a 12 metros (Felfili e Silva-Júnior, 1988). As espécies com maior índice de valor de importância são *Qualea parviflora* Mart., *Polyouratea hexasperma* (A. St.-Hil.) Tiegh., *Qualea grandiflora* Mart., *Acinodendron pohlianum* (Cogn.) Kuntze, *Caryocar brasiliense* A.St.-Hil., *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima, *Schefflera macrocarpa*

(Cham. & Schltl.) Frodin, *Vochysia thyrsoidea* Pohl, *Dalbergia miscolobium* Benth., *Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc. (Almeida, 2013).

Espécies estudadas

Foram selecionadas 18 espécies que ocorrem em fisionomias savânicas do Cerrado com disponibilidade suficiente de matrizes frutificando no período da coleta (julho a novembro de 2011). *D. mollis* e *S. macrocarpa* não emergiram no período avaliado e foram excluídas das análises. As espécies foram classificadas quanto à característica morfofuncional de suas plântulas e a forma da semente (Tabela 1).

Tabela 1: Espécies de árvores do bioma Cerrado estudadas em experimento de semeadura direta no Brasil Central, Brasília, Distrito Federal. Característica morfofuncional das plântulas: (CHA) cripto-hipógeo-armazenador; (FEA) fanero-epígeo-armazenador, (FEF) fanero-epígeo-foliáceo, (FHF) fanero-hipógeo-foliáceo; (FHA) fanero-hipógeo-armazenador; (FSHA) fanero-semihipógeo-armazenador. Forma da semente: (achatada) sementes com uma superfície plana; (volumosa) sementes arredondadas ou ovaladas. Massa seca das sementes em gramas e desvio padrão (DP).

Espécie	Nome popular	Tipo de plântula	Forma da semente	Massa seca \pm DP (g) ^b
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Caju	CHA ^b	Volumosa	1,66 \pm 0,33
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan.	Angico	FSHA ^a	Achatada	0,06 \pm 0,06
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Peroba	FHA ^d	Achatada	0,07 \pm 0,06
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Mamacadela	CHA ^a	Volumosa	1,23 \pm 0,25
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaíba	FEA ^a	Volumosa	0,35 \pm 0,05
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Jacarandá do cerrado	FEA ^c	Achatada	0,07 \pm >0,01
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Faveiro	FEF ^a	Volumosa	0,21 \pm 0,02
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Baru	FSHA ^a	Volumosa	0,92 \pm 0,15
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Tamboril	FEA ^a	Volumosa	0,41 \pm 0,04
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	Paineira do cerrado	FSHA ^a	Volumosa	0,02 \pm 0,02
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	Cagaita	CHA ^b	Volumosa	0,07 \pm 0,07
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Jatobá	FEA ^c	Volumosa	3,31 \pm 0,46
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	Pau-santo	FEF ^a	Achatada	0,07 \pm 0,04
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Tingui	FHA ^c	Achatada	1,76 \pm 0,09
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pau-terra	FEF ^a	Achatada	0,13 \pm 0,02
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltl.) Frodin	Mandiocão	-	Volumosa	-
<i>bSolanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	Lobeira	FEF ^b	Achatada	0,02 \pm 0,02
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore	Ipê amarelo do cerrado	FEF ^c	Achatada	0,13 \pm 0,01

a. Ressel *et al.*, 2004; b. Dulce Alves da Silva (informação pessoal); c. Montoro 2008; d. Lobo, 2012.

Desenho experimental

Foi delineado um desenho experimental de dois fatores em blocos ao acaso. Em cada bloco foi instalada a combinação dos fatores profundidade de semeadura (superfície e enterrada de três a cinco centímetros de profundidade) e altura da cobertura de palhada sobre o solo (sem cobertura, cobertura de 5 cm e cobertura de 10 cm), totalizando seis tratamentos. Trinta sementes de cada espécie foram semeadas por tratamento em cada bloco (30 sementes × 6 tratamentos × 3 blocos = 540 sementes de cada espécie).

Implantação e manutenção do experimento

O experimento foi implantado no início da estação chuvosa, em novembro de 2011. Os blocos foram alocados ao longo de uma vertente suave, distantes 5 m entre si. A área era coberta por capim gordura e braquiária e foi roçada e gradeada. Um encanteirador acoplado a um trator construiu 18 canteiros de 6 m x 1,2 m por bloco, distantes 70 cm entre si, para permitir que trabalhadores pudessem semear e realizar os censos do experimento. Os canteiros tiveram superfície plana, regular e sem torrões. Uma linha de plantio para cada espécie foi alocada nos canteiros, espaçada 20 cm das outras. Nas linhas as sementes foram plantadas a cada 20 cm, totalizando 90 sementes na superfície e 90 sementes enterradas em cada bloco. As covas para enterrar as sementes do tratamento com profundidade a 3-5 cm foram feitas com um bastão de madeira e depois da semeadura foram cobertas até nivelar o solo. Os canteiros foram divididos em 3 parcelas para a aplicação do experimento de cobertura de palhada. A palhada foi manualmente colocada sobre o solo. A palhada utilizada foi de capim braquiária roçado anteriormente em áreas vizinhas ao experimento. O tratamento sem cobertura ficou com o solo exposto. A altura das coberturas de cinco e 10 cm foi medida com uma régua. Em todos os tratamentos foi

semeada manualmente a espécie exótica *Urochloa decumbens* na densidade agrônômica usualmente recomendada (ca. 0,3 semente/cm² (Figura 1).

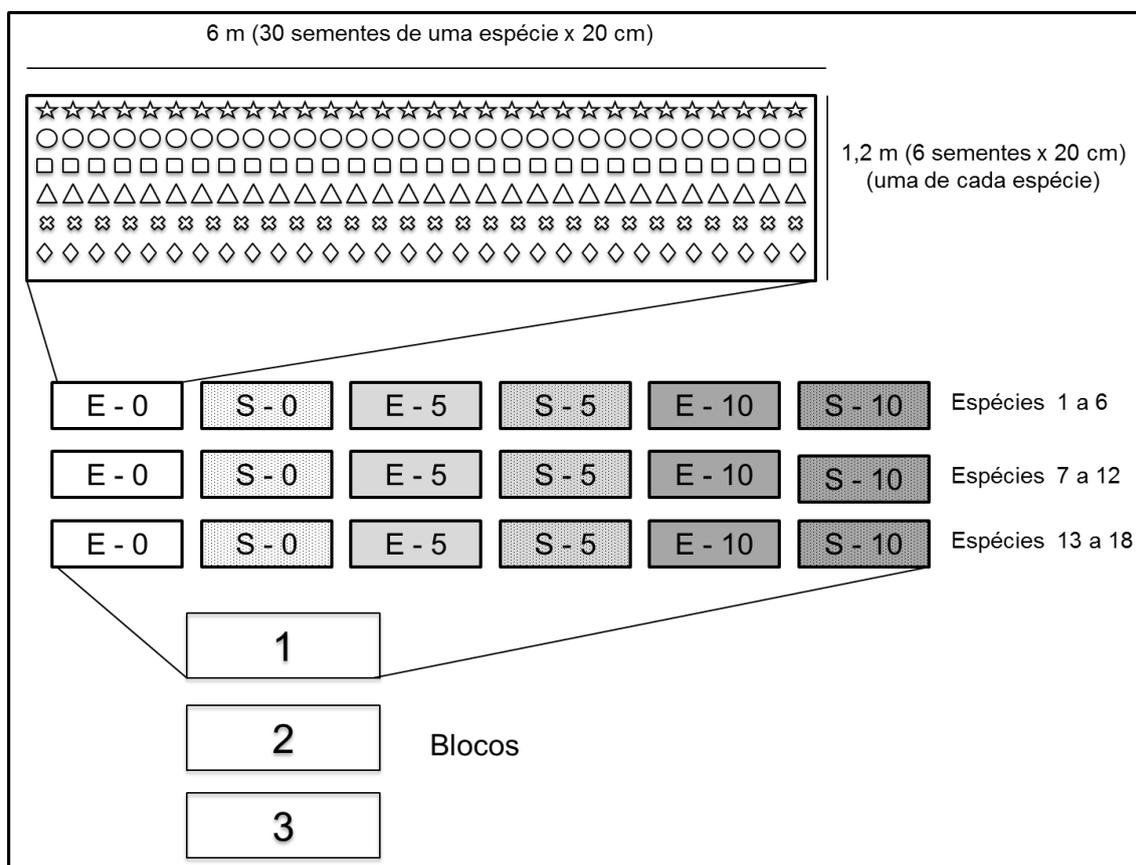


Figura 1: Desenho do experimento de semeadura direta de árvores de cerrado testando profundidade de semeadura e altura da cobertura de palhada no Brasil Central, Brasília, Distrito Federal. Os tratamentos de profundidade de plantio estão representados pela letra S, para sementes semeadas na superfície, e letra E para sementes enterradas. Os tratamentos de altura da cobertura de palhada estão representados com 0, quando não teve cobertura de palhada, 5 para uma altura de cobertura de cinco cm de palhada e 10 para uma altura de cobertura de 10 cm de palhada.

As sementes foram beneficiadas, porém não passaram por nenhum tratamento de quebra de dormência. Lotes foram germinados em laboratório para avaliar a germinabilidade das sementes (Tabela 2).

Tabela 2: Espécies nativas do bioma Cerrado utilizadas em experimento de semeadura direta no Brasil Central, Brasília, Distrito Federal, com suas respectivas médias de porcentagens de emergência em laboratório, emergência em campo e sobrevivência de plântulas 16 meses após implantação do experimento.

Espécie	Emergência em laboratório (%)	Emergência em campo (%)	Sobrevivência (%)
<i>Anacardium occidentale</i> L.	50	61,3	85,5
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.*	46	44,3	64,4
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin	-	-	-
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore	91	36,3	74,1
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	74	28,8	63,9
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	66	28,7	32,9
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	70	48,0	71,0
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan.	77	35,9	45,9
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	-	0,7	-
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	78	75,2	90,4
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	90	31,1	57,7
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	-	15,1	75,0
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.**	0	42,0	68,7
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	-	30,6	86,5
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	59	50,0	99,3
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	95	70,6	91,7
<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	26	59,3	43,8
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	74	27,6	75,2

* espécie com lote de sementes predadas com presença de lagartas;

** espécie com lote de sementes deterioradas por contaminação bacteriana.

Coleta de dados

Variáveis ambientais - Foram coletadas amostras de solo em todos os tratamentos, na superfície e a 50 cm de profundidade, nos meses de julho (nove amostras por tratamento para cada profundidade), outubro (18 amostras) e novembro (sete amostras) de 2011. As amostras foram pesadas antes e depois de terem sido secas por um dia em estufa à 100°C, obtendo a porcentagem de umidade do solo (método de gravimetria). Para estimar a porcentagem de transmitância para os diferentes tratamentos foram feitas três medidas em cada tratamento dentro de cada canteiro a 10 cm de altura (altura da maioria das plântulas das árvores plantadas) e uma medida a pleno sol e calculada como (Média de densidade de fluxo de fótons no tratamento no canteiro / densidade de fluxo de fótons a pleno sol)*100, totalizando 14 estimativas por tratamento. Essa medição foi realizada em julho de 2011,

com sete repetições para cada tratamento, utilizando um sensor de quantum (LI-190; LICOR[®]).

Para avaliar a emergência de braquiária nos tratamentos de cobertura do solo foi contado o número de touceiras de braquiária presentes em 18 parcelas de 25 × 25 cm por tratamento, alocadas aleatoriamente nos canteiros, oito meses após a implantação do experimento.

Emergência, Estabelecimento e Crescimento das Espécies arbóreas - Foram avaliadas a emergência e a sobrevivência das plântulas em censos mensais durante um ano. A emergência era contabilizada quando a plântula emergia acima da palhada, ou do solo para o tratamento sem cobertura de palhada. As plântulas foram identificadas com uma placa numerada, possibilitando acompanhar a sobrevivência das plântulas. Para avaliar o crescimento foram medidos altura, diâmetro e número de folhas de todas as plântulas que haviam se estabelecido aos 16 meses após a implantação do experimento (dois ciclos de chuva).

Eficiência fotossintética - as respostas fotossintéticas foram avaliadas para três espécies (*Hymenaea stigonocarpa*, *Anacardium occidentale* e *Aspidosperma macrocarpon*). Para cada espécie, foram amostrados dois indivíduos no tratamento sem cobertura e dois indivíduos no tratamento com 10 cm de palhada. Para essa análise utilizou-se uma câmara aberta e portátil (ADC BioScientific LCpro System) de análise de trocas gasosas por infravermelho (IRGA) (Tamayo *et al.*, 2003), contemplando uma área de 6,25 cm² da porção média de cada folha na câmara. Essa medida foi realizada aos 14 meses após implantação do experimento.

Análise de dados

Para verificar o efeito dos tratamentos profundidade de semeadura, cobertura de palhada e suas interações na emergência e estabelecimento (número de plântulas vivas aos 16 meses / número de sementes plantadas) das espécies arbóreas nativas foram feitas ANOVAs fatoriais para cada espécie, considerando os blocos como variável aleatória sem interação. Para sobrevivência (número de plântulas vivas aos 16 meses / número de plântulas que emergiram) e crescimento (altura, diâmetro e número de folhas aos 16 meses) foi analisado apenas o efeito do tratamento de cobertura de palhada, pois não há razão para investigar o efeito da profundidade de plantio após a emergência das plântulas, exceto para estabelecimento. Os dados de emergência, crescimento em parte aérea aos 16 meses, sobrevivência e estabelecimento não necessitaram transformação, pois não diferiram da distribuição normal e tiveram variâncias homogêneas. Para a umidade do solo, transmitância de luz e emergência de braquiária foram feitas ANOVAs com os tratamentos relativos com ou sem cobertura de palhada com variáveis independentes.

A resposta fotossintética foi descrita através de uma curva hiperbólica não retangular (Prado e Moraes, 1997), estimada como:

$$A_n = A_{max} * (1 - e^{-\phi(I-lcp)})$$

Onde, A_{max} é a taxa bruta de assimilação de CO_2 na saturação luminosa (taxa líquida de assimilação de CO_2 + respiração), ϕ é a inclinação inicial (eficiência fotossintética antes de a planta atingir seu aproveitamento ótimo de luz), I é o nível de irradiância, lcp é o ponto de compensação luminosa (quando a planta, na ausência de luz, não consome carbono, mas o emite devido à respiração). A comparação entre os tratamentos sem cobertura e cobertura de 10 cm de palhada foi feita observando-se o A_{max} correspondente em cada tratamento para cada espécie.

Resultados

Umidade do solo, transmitância de luz, emergência de braquiária

No mês de julho (meio da estação seca), a porcentagem de umidade na superfície do solo foi maior com 10 cm de palhada que com 5 cm de palhada e sem cobertura, e a 50 cm de profundidade, a cobertura de 10 cm foi maior apenas que o tratamento sem cobertura. Em outubro (início da estação chuvosa), a porcentagem de umidade do solo na superfície foi maior quanto maior a cobertura de palhada, e a 50 cm de profundidade a diferença não foi significativa. Em novembro (durante a estação chuvosa) não houve diferenças significativas na porcentagem de umidade do solo na superfície e a 50 cm de profundidade (Figura 2a, Tabela Suplementar 1).

A porcentagem de transmitância de luz foi inversamente proporcional à densidade de braquiária, alcançando 47% de sombreamento a 10 cm de altura no tratamento sem cobertura de palhada, com forte ocupação pela braquiária (Figura 2b). A utilização de palhada impediu a emergência de braquiária. No mês analisado (julho de 2012) a emergência de capim foi 12 vezes maior no tratamento sem cobertura comparado ao tratamento com cobertura de 10 cm de palhada (Figura 2c).

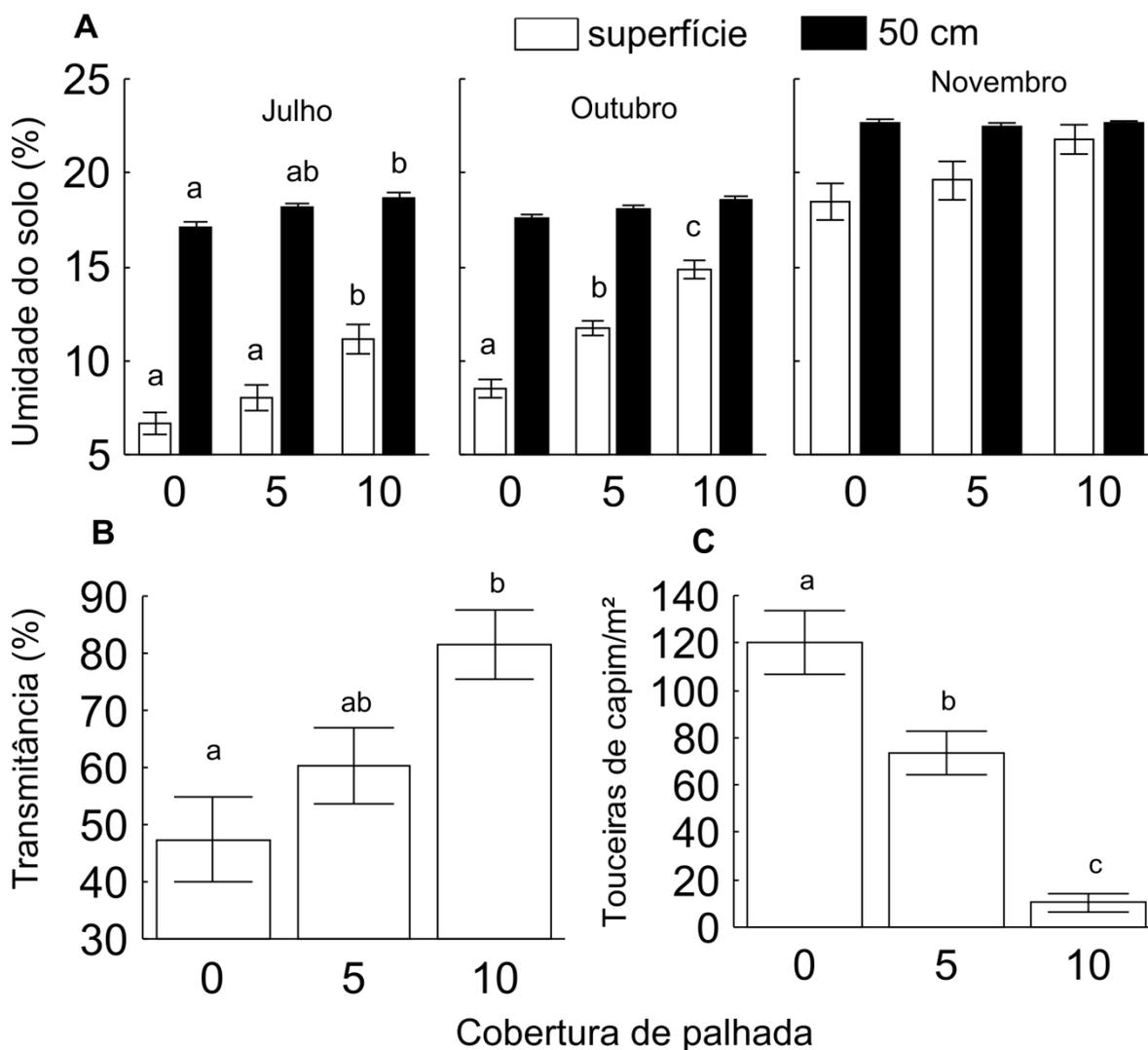


Figura 2: Variáveis medidas nos tratamentos sem cobertura, 5 cm de cobertura e 10 cm de cobertura de palhada. A. Porcentagem de umidade na superfície do solo e a 50 cm de profundidade, nos meses de julho, outubro e novembro. B. Porcentagem de transmitância de luz no mês de julho. C. Número de touceiras de capim (*B. decumbens*) por metro quadrado no mês de julho. Colunas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizada ANOVAs para cada variável (porcentagem de umidade na superfície e 50 cm em cada mês (julho, outubro, novembro), porcentagem de transmitância de luz em julho e número de touceiras de capim por metro quadrado no mês de julho), seguido pelo teste de Tukey. Letras acima das barras do erro padrão mostram esse resultado, letras diferentes representam tratamentos significativamente diferentes pelo teste de Tukey.

Emergência

Sete das oito espécies de sementes achatadas tiveram maior emergência quando plantadas na superfície que quando enterradas. A cobertura de 10 cm de palhada reduziu a emergência de oito espécies, cinco das quais com sementes achatadas. A barreira de 3 cm

de solo reduziu a valores muito baixos a emergência mesmo sem a cobertura de palhada; esta, por sua vez, reduziu gradualmente a emergência das sementes plantadas em superfície, resultando em interação entre os fatores para três espécies de sementes achatadas. As espécies de sementes volumosas não diferiram a emergência entre as plantadas enterradas e em superfície, exceto *E. dysenterica*, com semente volumosa e recalcitrante, teve maior emergência quando suas sementes foram enterradas e *E. pubescens*, que se beneficiou de uma pequena cobertura, sendo enterrada sem palhada e estando na superfície com a cobertura de 5 cm de palhada (Figura 3, Tabela Suplementar 2).

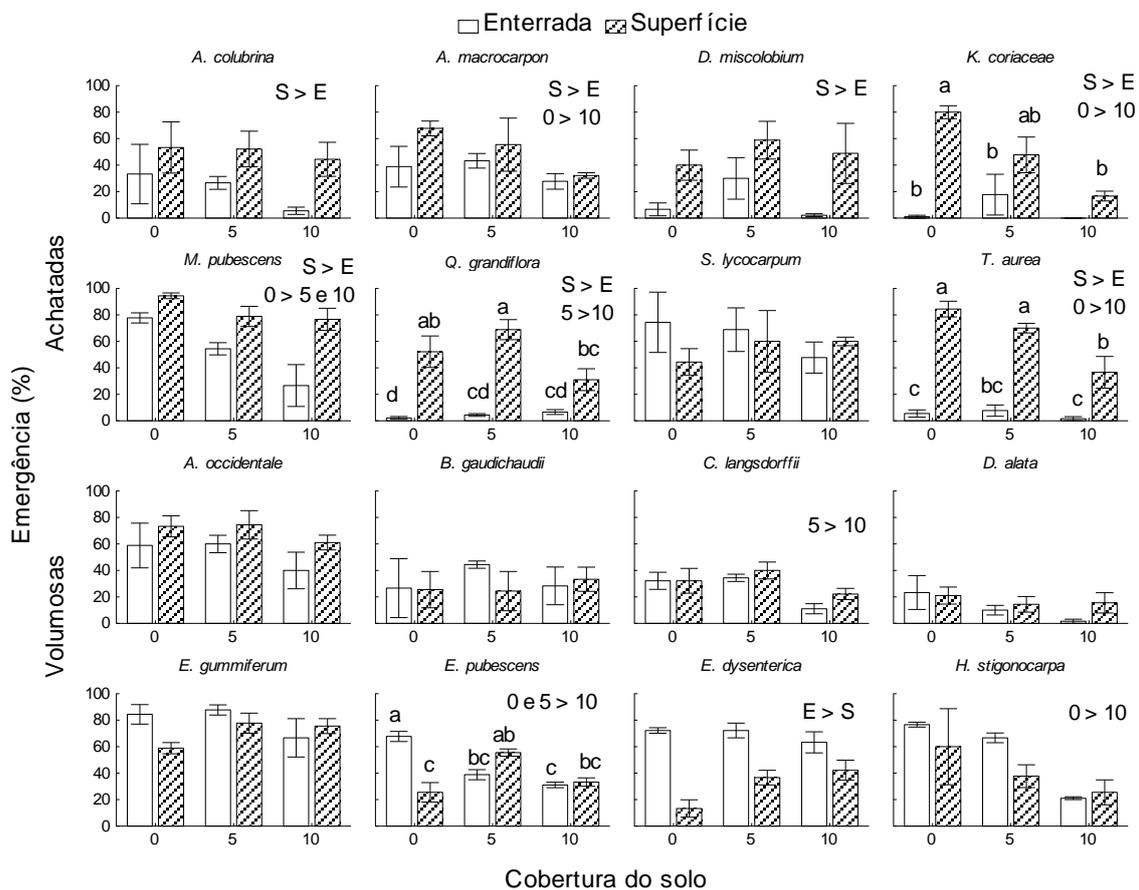


Figura 3: Porcentagem de emergência de 16 espécies. Foram testados os tratamentos de profundidade de plantio (superfície e enterrada) e cobertura do solo (sem cobertura, 5 cm de palhada e 10 cm de palhada). Colunas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizada ANOVA para cada espécie, seguido pelo teste de Tukey. Os tratamentos que diferiram estão representados no topo dos gráficos, com o símbolo > indicando os tratamentos melhores em relação aos piores e a interação está representada por letras, letras diferentes representam a diferença significativa entre os tratamentos.

Crescimento até 16 meses

Após 16 meses *A. occidentale* tinha em média 7 cm de altura, 3,4 mm de diâmetro e seis folhas; *A. colubrina* tinha 18 cm de altura, 1,7 mm de diâmetro e seis folhas; *A. macrocarpon* tinha 8 cm de altura, 3,4 mm de diâmetro e três folhas; *B. gaudichaudii* tinha 8 cm de altura, 1,6 mm de diâmetro e três folhas; *C. langsdorfii* tinha 13 cm de altura, 3,1 mm de diâmetro e seis folhas; *D. miscolobium* tinha 12 cm de altura, 1,7 mm de diâmetro e sete folhas; *D. alata* tinha 14 cm de altura, 4,2 mm de diâmetro e cinco folhas; *E. gummiferum* tinha 18 cm de altura, 2,7 mm de diâmetro e 15 folhas; *E. pubescens* tinha 4 cm de altura, 2,1 mm de diâmetro e três folhas; *E. dysenterica* tinha 7 cm de altura, 1,0 mm de diâmetro e quatro folhas; *H. stigonocarpa* tinha 19 cm de altura, 3,7 mm de diâmetro e três folhas; *K. coriaceae* tinha 2 cm de altura, 1,9 mm de diâmetro e duas folhas; *M. pubescens* tinha 10 cm de altura, 2,9 mm de diâmetro e três folhas; *Q. grandiflora* tinha 8 cm de altura, 1,5 mm de diâmetro e seis folhas; *S. lycocarpum* tinha 12 cm de altura, 2,6 mm de diâmetro e cinco folhas e *T. aurea* tinha 2 cm de altura, 2,8 mm de diâmetro e quatro folhas.

A cobertura com palhada proporcionou maior crescimento em altura para metade das espécies analisadas, em diâmetro para duas espécies e em número de folhas para seis. No tratamento sem cobertura, apenas uma espécie cresceu mais em altura e duas em diâmetro. Apesar de ser significativo o aumento no crescimento nos tratamentos com cobertura de palhada, as diferenças entre os tratamentos não ultrapassam 6,1 cm em altura (Figura 4, 5 e 6, Tabela Suplementar 3).

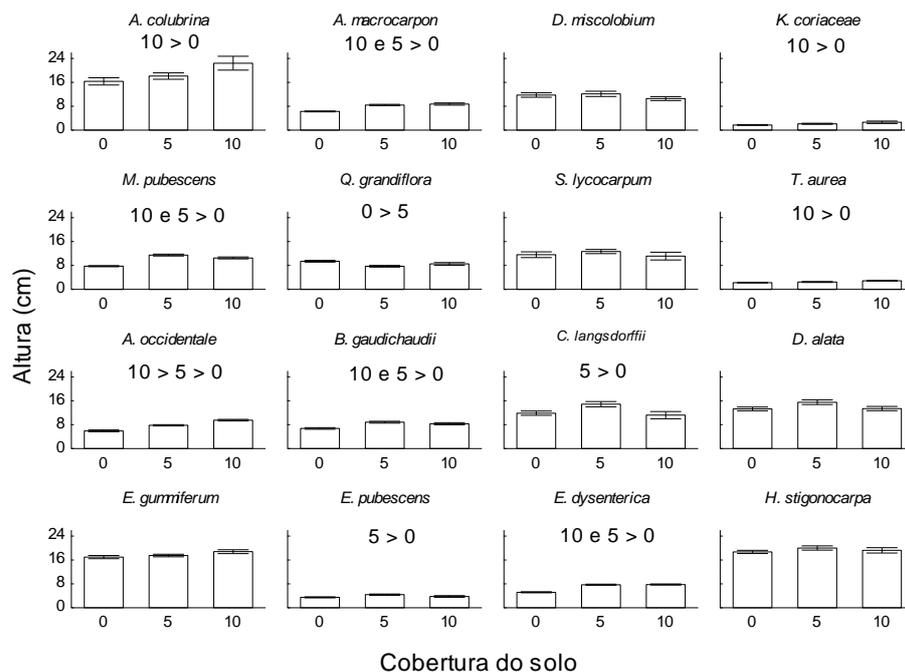


Figura 4: Crescimento em altura de 16 espécies 16 meses após a semeadura. Foi testado o tratamento de cobertura do solo (sem cobertura, 5 cm de palhada e 10 cm de palhada). Colunas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizada ANOVA para cada espécie, seguido pelo teste de Tukey. Os tratamentos que diferiram estão representados acima dos gráficos, com o símbolo > indicando os tratamentos melhores em relação aos piores.

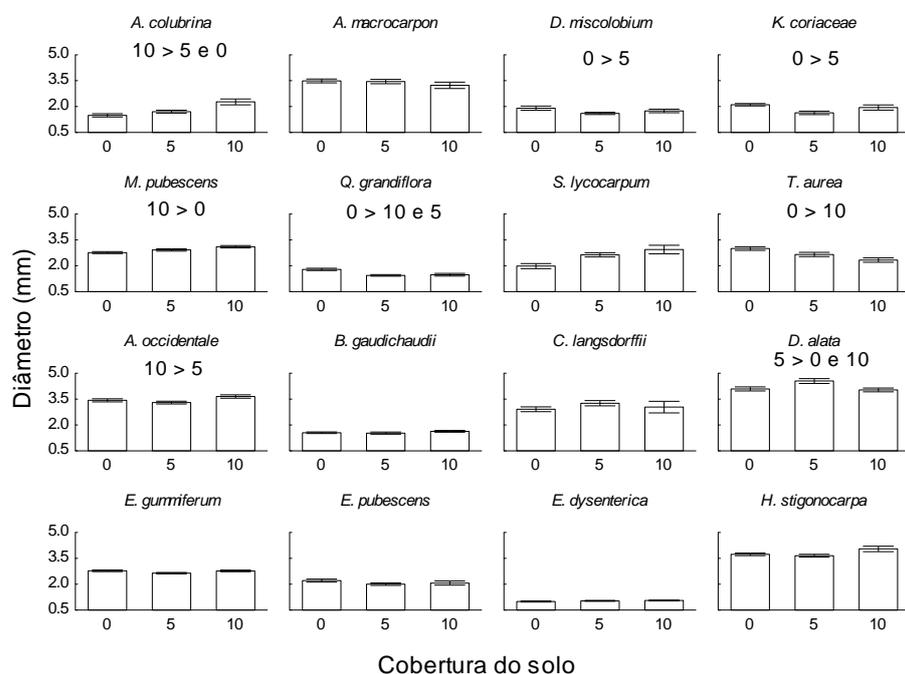


Figura 5: Crescimento em diâmetro de 16 espécies 16 meses após a semeadura. Foi testado o tratamento de cobertura do solo (sem cobertura, 5 cm de palhada e 10 cm de palhada). Colunas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizada ANOVA para cada espécie, seguido pelo teste de Tukey. Os tratamentos que diferiram estão representados acima dos gráficos, com o símbolo > indicando os tratamentos melhores em relação aos piores.

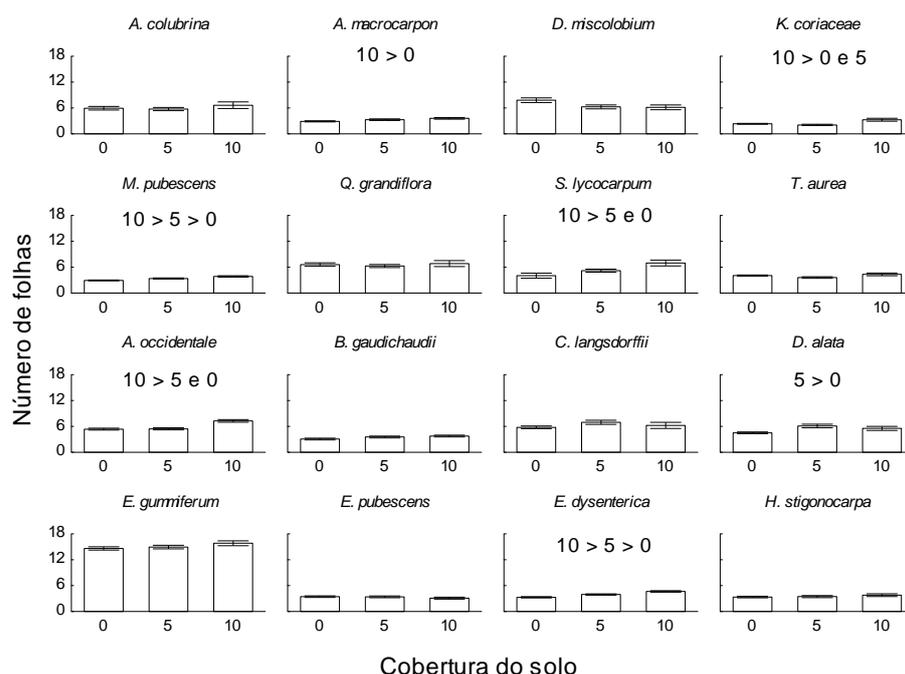


Figura 6: Número de folhas de 16 espécies 16 meses após a sementeira. Foi testado o tratamento de cobertura do solo (sem cobertura, 5 cm de palhada e 10 cm de palhada). Colunas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizada ANOVA para cada espécie, seguido pelo teste de Tukey. Os tratamentos que diferiram estão representados acima dos gráficos, com o símbolo > indicando os tratamentos melhores em relação aos piores.

Os valores de A_{max} para o tratamento com cobertura de 10 cm de palhada são 28, 62 e 34% maiores que A_{max} no tratamento sem cobertura do solo, respectivamente para *H. stigonocarpa*, *A. macrocarpon* e *A. occidentale* (Figura 7).

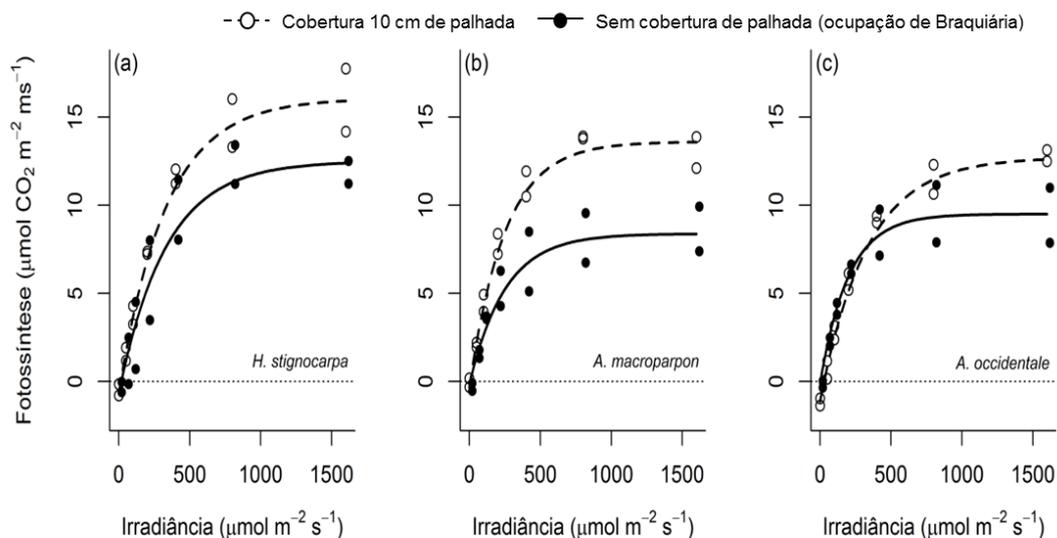


Figura 7: Fotossíntese (A_n) em função da irradiância para plântulas de *Hymenaea stigonocarpa* (a), *Aspidosperma macrocarpon* (b), *Anacardium occidentale* (c), nos tratamentos sem cobertura do solo com palhada (ocupação de braquiária) e com cobertura de 10 cm de palhada (sem braquiária).

Sobrevivência e estabelecimento

Para as 16 espécies analisadas, após 16 meses, havia 2.655 plântulas vivas, correspondendo a 27% das sementes plantadas (estabelecimento) e 73% das sementes que emergiram (sobrevivência). *E. dysenterica* teve a melhor sobrevivência (99%) e *C. langsdorfii* teve a pior (9%) (Figura 8, Tabela Suplementar 4). Uma vez que o tratamento teve efeito na emergência das sementes para determinada espécie, esse efeito refletiu nos resultados de estabelecimento (Figura 9, Tabela Suplementar 2).

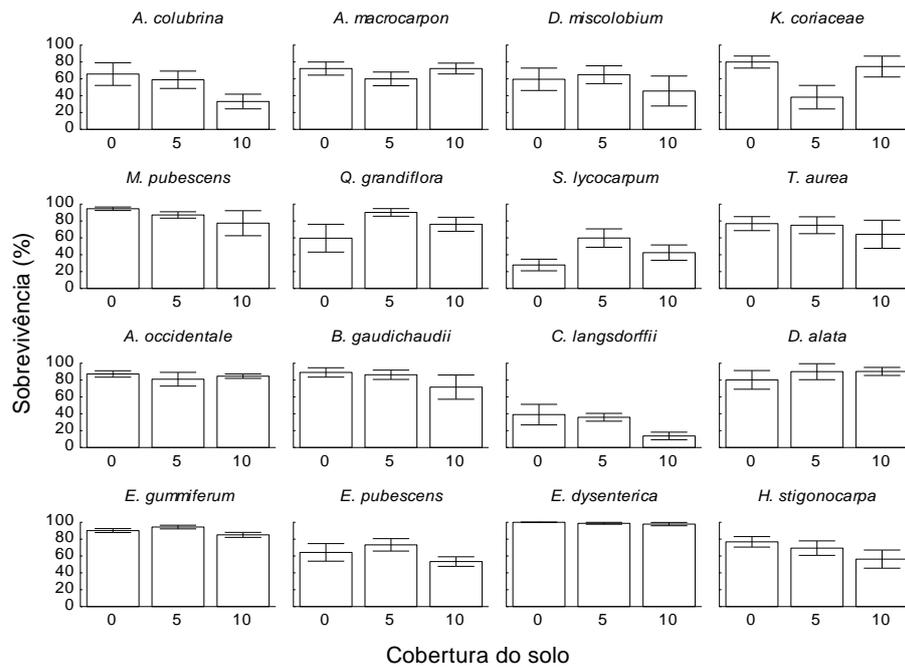


Figura 8: Sobrevivência de 16 espécies aos 16 meses após a semeadura. Foi testado o tratamento de cobertura do solo (sem cobertura, 5 cm de palhada e 10 cm de palhada). Colunas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizada ANOVA para cada espécie.

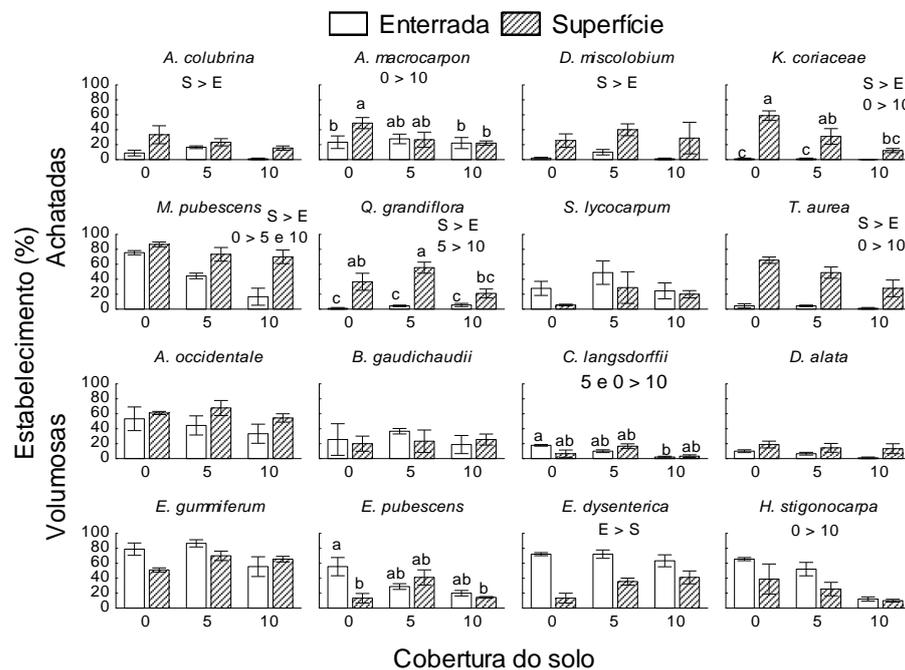


Figura 9: Sobrevivência de 16 espécies aos 16 meses após a semeadura. Foi testado o tratamento de cobertura do solo (sem cobertura, 5 cm de palhada e 10 cm de palhada). Colunas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizada ANOVA para cada espécie, seguido pelo teste de Tukey. Os tratamentos que diferiram estão representados acima dos gráficos, com o símbolo > indicando os tratamentos melhores em relação aos piores e a interação está representada por letras, letras diferentes representam a diferença significativa entre os tratamentos.

Discussão

A emergência de plântulas para 16 espécies de árvores de cerrado nos tratamentos estudados foi relativamente alta, média de 42%, alcançando mais de 80% nos melhores tratamentos para quatro espécies. Uma vez que as sementes emergiram, a sobrevivência foi de 73% em média. Como já descrito em estudos observacionais recentes em área de cerrado conservada, a sobrevivência de plântulas de cerrado é relativamente alta (Salazar *et al.*, 2012a). Então o que explicaria a baixa densidade de plântulas no cerrado seriam a baixa densidade da chuva de sementes, chamada de limitação de sementes, e o fogo (Salazar *et al.*, 2012b; Zida *et al.*, 2007). Portanto, um procedimento de restauração que adiciona sementes e previne o fogo terá uma grande chance de sucesso para a restauração de savanas neotropicais. Porém, a semeadura direta aumenta o sucesso do estabelecimento de plântulas quando o solo é preparado de forma a ter uma superfície regular, sem torrões e com alta penetrabilidade, como foi aplicado neste estudo. Observamos que alguns experimentos de semeadura direta encontrados na literatura (Doust *et al.*, 2006; Wallin *et al.*, 2009) e observados pelos autores, simulam a dispersão natural, ao invés de plantar as sementes, gerando uma porcentagem de emergência muito menor que a encontrada aqui.

Apesar do relativo sucesso da semeadura direta para o estabelecimento de diversas espécies e tipos de sementes de árvores de cerrado, o baixo crescimento nos primeiros anos é um gargalo importante (veja também o capítulo 2 desta Dissertação). Neste estudo, a média de altura das plântulas dentre as 2.579 medidas foi de 10,3 cm aos 16 meses. O baixo crescimento inicial demanda estratégias eficientes de controle de espécies indesejadas e maior tempo de controle, mas também sugere que estratégias de “espera” sejam utilizadas nos processos de restauração, como plantios consorciados com plantas agrícolas ou com espécies nativas herbáceas e arbustivas.

O grande desafio de reintroduzir espécies com diversos tipos de sementes e

plântulas é que o manejo deve contemplar simultaneamente todas elas, ou ser um manejo heterogêneo que ora contemple um grupo, ora outro. O fato de a semente emergir com facilidade perante as barreiras de solo e palhada, como as hipocotiledonares de sementes grandes, ou com dificuldade, como as epicotiledonares foliáceas, é uma característica importante a ser considerada em plantios de diversidade. Cobrir a semente é sempre desejado para impedir predação e dessecação, especialmente em ambientes em que estes fatores são relevantes (García-Orth e Martínez-Ramos, 2007). Porém, os resultados deste estudo demonstraram que não se deve enterrar as sementes achatadas; seria preferível cobrir com palha, uma vez que a redução da emergência é pequena. Sementes pequenas e achatadas germinam rapidamente após a semeadura e semeá-las na superfície do solo facilita sua emergência (Pearson *et al.*, 2002). As espécies com sementes volumosas tiveram porcentagens de emergência semelhantes para as duas profundidades de semeadura testadas, exceto *E. dysenterica*, cujas sementes são recalcitrantes, podendo ser dessecação na superfície do solo em áreas abertas (Andrade *et al.*, 2003; Vieira e Scariot, 2006). Para a maioria das espécies o bom preparo do solo, a ausência de predadores e precipitação regular e frequente, descartam a necessidade de enterrar sementes, simplificando a implantação e reduzindo os custos da semeadura (Guarino e Scariot, 2014).

A cobertura de palhada afeta propriedades do solo como umidade, temperatura e disponibilidade de nutrientes. No cerrado, durante o período de seca, muitas plântulas estagnam seu desenvolvimento quando perdem as folhas para diminuir a evapotranspiração e evitar a morte, e outras morrem dessecadas. A utilização de palhada diminui a evaporação superficial do solo, retendo água durante o período de seca, aumentando o crescimento e a sobrevivência das plântulas (Haywood, 1999). A palhada também diminui a amplitude de temperatura no solo (Gonzalez-Sousa *et al.*, 2001). Temperaturas mais amenas associadas à maior umidade do solo favorecem a atividade microbiana e mantém a decomposição mais

constante, resultando em adição de nutrientes ao solo (Athys *et al.*, 2006). A camada de palhada também impede a emergência de gramíneas invasoras, que são fortes competidoras para as plântulas e um dos maiores gargalos para o estabelecimento de plântulas de espécies nativas na restauração do cerrado (Martins, 2004; Martins, 2011). Utilizar palhada nos plantios de semeadura direta é uma prática de baixo custo quando a palha pode ser obtida na própria área a ser restaurada, especialmente nas entrelinhas de plantio. Neste estudo, a cobertura de cinco centímetros inibiu gramíneas invasoras sem prejudicar a emergência das espécies nativas. Porém, após um ano a camada de 5 cm de palhada já havia se extinguido e a de 10 cm estava com 1 cm e ainda não havia estabelecimento de braquiária. Portanto, uma nova camada de palhada pode ser acrescentada anualmente ou quando for necessário, evitando riscos de invasão por gramíneas e garantindo o desenvolvimento das plântulas. É importante notar que a disposição da palhada é simples para a semeadura em linhas ou covas, porém nos plantios em área total esse manejo torna-se complicado.

A ausência de cobertura de palhada permitiu a emergência da braquiária, formando uma cobertura de dossel, a 10 cm de altura, de 53% e uma redução na umidade do solo de 50% no mês de julho (meio da estação seca). O efeito da competição pela braquiária tem sido verificado em outros ecossistemas. Sun e Dickson (1996) constataram a partir de experimentos em vasos que a biomassa da espécie nativa da Austrália, *Alphitonia petrie*, foi 17 vezes maior na ausência de braquiária comparada ao tratamento com braquiária. Sete espécies nativas do cerrado tiveram estabelecimento cinco vezes maior e crescimento três vezes maior, quando a gramínea foi totalmente removida com herbicida (glifosato), comparado aos tratamentos com corte a 10 cm de altura da gramínea *Urochloa brizantha* e controle (presença da gramínea) (Pereira *et al.*, 2012). Durante dois anos, árvores novas, de até 1 m de altura, da espécie de savana *Acacia drepanolobium*, cresceram até três vezes

mais no tratamento com remoção de gramíneas com herbicida glifosato (Riginos, 2009). A presença da gramínea exótica *Urochloa brizantha* afetou o desenvolvimento inicial (sobrevivência, ganho de biomassa e crescimento em altura) de espécies nativas do cerrado (Rabelo, 2013). Estes estudos demonstram que a competição se dá no solo, por água e nutrientes, não por interferência de luz. Este fato se aplica a este estudo, pois as plântulas nativas não estiolaram na presença da braquiária e a irradiância de saturação da fotossíntese foi menor (28%) do que a transmitância no tratamento com alta cobertura de braquiária (53%; sem cobertura de palhada). O crescimento das plântulas aumentou significativamente com a cobertura da palhada para diversas espécies, pela melhoria microambiental direta e pela menor ocupação de uma gramínea agressiva, porém a amplitude da diferença foi pequena. Com uma duração de 16 meses de estudo, as espécies do cerrado alteram minimamente o crescimento em parte aérea. Além disso há dificuldade em avaliar o crescimento radicular das plântulas, dificultando o entendimento dos efeitos dos tratamentos no crescimento inicial. Porém, a medida de fotossíntese apresentou valores até 68% maiores de assimilação máxima na presença da palhada em relação ao tratamento sem palhada, infestado por braquiária, e nos dá uma previsão do crescimento futuro.

Implicações para a prática

- Semear as sementes achatadas e as volumosas sobre a superfície simplifica a técnica sem prejudicar os resultados de emergência, desde que haja o bom preparo do solo, a ausência de predadores e precipitação regular e frequente.
- A utilização de palhada sobre o solo ameniza extremos microclimáticos e inibe plantas espontâneas, melhorando a performance das plântulas nativas.
- Inibir o estabelecimento de gramíneas, como a braquiária, que compete com as plântulas nativas por um longo tempo, uma vez que as espécies do cerrado tem

crescimento lento e permanecem no estrato herbáceo por mais tempo, é uma prática importante para garantir a prosperidade da semeadura direta.

- Medidas de fotossíntese indicam como as plântulas estão respondendo a determinada condição e nos dão uma previsão do seu desenvolvimento futuro.

Reconhecimento

Washington Luis Oliveira realizou as análises de fotossíntese e colaborou na redação do texto. Daniel Oliveira, Gustavo Paiva, Dilmar Brandão e André Coutinho colaboraram na montagem e monitoramento do experimento. Dulce Alves da Silva prestou informações sobre as características das sementes estudadas.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, R. F. **O cerrado sensu stricto da Fazenda Água Limpa, Brasília, DF: mudanças florísticas em 27 anos de monitoramento.** Dissertação de Mestrado em Botânica – Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2013

ANDRADE, A. C. S.; CUNHA, R.; SOUZA, A. F. REIS, R. B.; ALMEIRA, K. J. Physiological and morphological aspects of seed viability of a neotropical savannah tree, *Eugenia dysenterica* DC. **Seed Science and Technology**, v. 31, n. 1, p. 125-137, 2003.

ATHY, E. R.; KEIFFER, C. H.; STEVENS, M. H. Effects of mulch on seedlings and soil on a closed landfill. **Restoration Ecology**, v. 14, n. 2, p. 233-241, 2006.

BALANDIER, P.; FROCHOT, H.; SOURISSEAU, A. Improvement of direct tree seeding with cover crops in afforestation: Microclimate and resource availability induced by vegetation composition. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 8, p. 1716-1724, 2009.

BARALOTO, C.; FORGET, P.M. Seed size, seedling morphology, and response to deep shade and damage in neotropical rain forest trees. **American Journal of Botany**, v. 94, n. 6, p. 901-911, 2007.

CAMARGO, J. L. C.; FERRAZ, I. D. K.; IMAKAWA, A. M. Rehabilitation of degraded areas of central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration Ecology**, v. 10, n. 4, p. 636-644, 2002.

CAMPOS-FILHO, E.M., DA COSTA, J.N.M.N., DE SOUSA, O.L., JUNQUEIRA, R.G.P. Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 32, p. 702-727, 2013.

CARR, D; BONNEY, N.; HUXTABLE, D.; BARTLE, J. Improving direct seeding for woopy crops in temperate Australia: a review. **Rural Industries Research and Development Corporation**, 2009.

COLE, R. J.; HOLL, K. D.; KEENE, C. L.; ZAHAWI, R. A. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1590-1597, 2011.

DOUST, S. J.; ERSKINE, P. D.; LAMB, D. Direct seeding to restore rainforest species: Microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 234, n. 1-3, p. 333-343, 2006.

DOUST, S. J.; ERSKINE, P. D.; LAMB, D. Restoring rainforest species by direct seeding: Tree seedling establishment and growth performance on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 5, p. 1178-1188, 2008.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central Sao Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 152, n. 1-3, p. 169-181, 2001.

FAL, 2012. Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília. Disponível em: <<http://www.fal.unb.br/>>. Acesso em: Jul 2014.

FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C. Distribuição dos diâmetros numa faixa de Cerrado na Fazenda Água Limpa (FAL) em Brasília-DF. **Acta Botanica Brasilica** v. 2, n. 1-2, p. 85-105, 1988.

FURLEY, P. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, v. 8, n. 3-4, p. 223-241, 1999.

GARCIA-ORTH, X.; MARTINEZ-RAMOS, M. Seed dynamics of early and late successional tree species in tropical abandoned pastures: Seed burial as a way of evading predation. **Restoration Ecology**, v. 16, n. 3, p. 435-443, 2008.

GARWOOD, Nancy C. Functional morphology of tropical tree seedlings. **MAN AND THE BIOSPHERE SERIES**, v. 17, p. 59-130, 1996.

GUARINO, E. D. S. G.; SCARIOT, A. Direct seeding of dry forest tree species in abandoned pastures: effects of grass canopy and seed burial on germination. **Ecological Research**, v. 29, n. 3, p. 473-482, 2014.

GONZALEZ-SOSA, E.; BRAUD, I.; THONY, J. L.; VAUCLIN, M.; CALVET, J.C. Heat and water exchanges of fallow land covered with a plant-residue mulch layer: a modelling

study using the three year MUREX data set. **Journal of Hydrology**, v. 244, n. 3, p. 119-136, 2001.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.

HAYWOOD, J. D. Durability of selected mulches, their ability to control weeds, and influence growth of loblolly pine seedlings. **New Forests**, v. 18, n. 3, p. 263-276, 1999.

HOFFMANN, W. A. Post-establishment seedling success in the Brazilian Cerrado: A comparison of savanna and forest species'. **Biotropica**, v. 32, n. 1, p. 62-69, 2000.

IRVING, F. A history of direct seeding. **Victorian Landcare and Catchment Management**, n. 31, p. 6-7, 2004.

LIBANO, A. M.; FELFILI, M. J. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um cerrado sensu stricto do Brasil Central em um período de 18 anos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 927-936, 2006.

LOBO, G. A. **Ensaios para a validação de metodologias para germinação de diásporos de espécies arbóreas do cerrado**. Dissertação de Mestrado em Biologia Vegetal - Universidade de Uberlândia, Uberlândia, MG. 2012.

MARTINS, A. F. **Controle de gramíneas exóticas invasoras em área de restauração ecológica com plantio total, Floresta Estacional Semidecidual, Itu-SP**. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba, SP. 2011.

MARTINS, C. R.; LEITE, L. L.; HARIDASAN, M. Capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 739-747, 2004.

MARTINS, C. R.; HAY, J. D. V.; CARMONA, R. Potencial invasor de duas cultivares de *Melinis minutiflora* no cerrado brasileiro-características de sementes e estabelecimento de plântulas. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 713-722, 2009.

MOLES, A. T.; HODSON, D. W.; WEBB, C. J. Seed size and shape and persistence in the soil in the New Zealand flora. **Oikos**, v. 89, n. 3, p. 541-545, 2000.

MONTORO, G. R. Morfologia de plântulas de espécies lenhosas do cerrado. 2008.

MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 27, n. 4, p. 1021-1029, 2000.

PEARSON, T. R. H.; BURSLEM, D. F. R. P.; MULLINS, C. E.; DALLING, J. W. Germination ecology of neotropical pioneers: Interacting effects of environmental conditions and seed size. **Ecology**, v. 83, n. 10, p. 2798-2807, 2002.

- PEREIRA, S. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. T. Establishment of Fabaceae Tree Species in a Tropical Pasture: Influence of Seed Size and Weeding Methods. **Restoration Ecology**, v. 21, n. 1, p. 67-74, 2013.
- PRADO, C.; DEMORAES, J. Photosynthetic capacity and specific leaf mass in twenty woody species of Cerrado vegetation under field conditions. **Photosynthetica**, v. 33, n. 1, p. 103-112, 1997.
- RABELO, G. A. **Impacto de gramínea nativa e exótica no crescimento inicial de arbóreas do cerrado**. Dissertação de Mestrado em Botânica – Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2013.
- RESSEL, K.; GUILHERME, A. G. F.; SCHIAVINI, I.; OLIVEIRA, P.E. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 2, p. 311-323, 2004.
- RIGINOS, C. Grass competition suppresses savanna tree growth across multiple demographic stages. **Ecology**, v. 90, n. 2, p. 335-340, 2009.
- SALAZAR, A., GOLDSTEIN, G., FRANCO, A.C., MIRALLES-WILHELM, F. Differential seedling establishment of woody plants along a tree density gradient in Neotropical savannas. **Journal of Ecology**, v. 100, n. 6, p. 1411-1421, 2012a.
- SALAZAR, A., GOLDSTEIN, G., FRANCO, A.C., MIRALLES-WILHELM, F. Seed limitation of woody plants in Neotropical savannas. **Plant Ecology**, v. 213, n. 2, p. 273-287, 2012b.
- SCHNEEMANN, B.; MCELHINNY, C. Shrubby today but not tomorrow? Structure, composition and regeneration dynamics of direct seeded revegetation. **Ecological Management e Restoration**, v. 13, n. 3, p. 282-289, 2012.
- SOVU; SAVADOGO, P.; TIGABU, M.; ODÉN, P. C. Restoration of Former Grazing Lands in the Highlands of Laos Using Direct Seeding of Four Native Tree Species. **Mountain Research and Development**, v. 30, n. 3, p. 232-243, 2010.
- SUN, D.; DICKSON, G. R. The competition effect of *Brachiaria decumbens* on the early growth of direct-seeded trees of *Alphitonia petriei* in tropical north Australia. **Biotropica**, p. 272-276, 1996.
- TAMAYO, P. R.; WEISS, O.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A. M. Gas Exchange Techniques in Photosynthesis and Respiration Infrared Gas Analyser. In: **Handbook of Plant Ecophysiology Techniques**. Springer Netherlands, 2001. p. 113-139.
- TUNJAI, P.; ELLIOTT, S. Effects of seed traits on the success of direct seeding for restoring southern Thailand's lowland evergreen forest ecosystem. **New Forests**, v. 43, n. 3, p. 319-333, 2012.
- VAN ULFT, L. H. The effect of seed mass and gap size on seed fate of tropical rain forest tree species in Guyana. **Plant Biology**, v. 6, n. 2, p. 214-221, 2004.

VIEIRA, D. L. M.; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. **Restoration Ecology**, v. 14, n. 1, p. 11-20, 2006.

WALLIN, L.; SVENSSON, B. M.; LONN, M. Artificial Dispersal as a Restoration Tool in Meadows: Sowing or Planting? **Restoration Ecology**, v. 17, n. 2, p. 270-279, 2009.

WOODS, K.; ELLIOTT, S. Direct seeding for forest restoration on abandoned agricultural land in northern Thailand. **Journal of Tropical Forest Science**, p. 248-259, 2004.

ZIDA, D.; SAWADOGO, L.; TIGABU, M.; TIVEAU, D.; ODEN, P. C. Dynamics of sapling population in savanna woodlands of Burkina Faso subjected to grazing, early fire and selective tree cutting for a decade. **Forest Ecology and Management**, v. 243, n. 1, p. 102-115, 2007.

Material Suplementar

Tabela Suplementar 1: Resultados das ANOVAs para a porcentagem de umidade do solo na superfície e a 50 cm de profundidade para os meses de julho, outubro e novembro, testando o efeito do tratamento de cobertura do solo (sem cobertura, 5 cm de palhada e 10 cm de palhada). Valores de p significativo aparecem em negrito.

	d.f.	F	p
Julho			
Superfície do solo	2	13,27	< 0,001
50 cm de profundidade	2	6,01	0,008
Outubro			
Superfície do solo	2	40,79	< 0,001
50 cm de profundidade	2	2,99	0,060
Novembro			
Superfície do solo	2	2,32	0,130
50 cm de profundidade	2	0,26	0,774

Tabela Suplementar 2: Resultados das ANOVAs para porcentagem de emergência e estabelecimento das 16 espécies testadas sob os efeitos dos tratamentos de profundidade de plantio (superfície e enterrada) e cobertura do solo (sem cobertura, 5 cm de palhada e 10 cm de palhada). Valores de *p* significativo aparecem em negrito.

	d.f.	Emergência		Estabelecimento	
		F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
<i>A. occidentale</i>					
Bloco	2	3,20	0,084	3,33	0,078
Palhada	2	1,76	0,221	1,15	0,355
Profundidade	1	4,23	0,067	4,77	0,054
Palhada x Profundidade	2	0,08	0,928	0,37	0,699
<i>A. colubrina</i>					
Bloco	2	10,87	0,003	1,13	0,360
Palhada	2	2,13	0,170	2,86	0,104
Profundidade	1	13,55	0,004	9,88	0,010
Palhada x Profundidade	2	0,54	0,600	1,13	0,360
<i>A. macrocarpon</i>					
Bloco	2	7,22	0,011	12,56	0,002
Palhada	2	4,67	0,037	4,72	0,036
Profundidade	1	5,17	0,046	4,75	0,054
Palhada x Profundidade	2	1,17	0,351	5,43	0,025
<i>B. gaudichaudii</i>					
Bloco	2	3,72	0,067	3,93	0,055
Palhada	2	0,26	0,780	0,31	0,743
Profundidade	1	0,14	0,721	0,20	0,663
Palhada x Profundidade	2	0,71	0,516	0,41	0,673
<i>C. langsdorffii</i>					
Bloco	2	1,36	0,301	0,28	0,763
Palhada	2	6,30	0,017	7,57	0,010
Profundidade	1	1,27	0,286	0,21	0,658
Palhada x Profundidade	2	0,42	0,666	4,65	0,037
<i>D. miscolobium</i>					
Bloco	2	2,81	0,108	2,07	0,177
Palhada	2	1,70	0,232	0,78	0,483
Profundidade	1	12,48	0,005	11,48	0,007
Palhada x Profundidade	2	0,27	0,769	0,06	0,942
<i>D. alata</i>					
Bloco	2	0,17	0,843	0,46	0,641
Palhada	2	1,33	0,311	1,20	0,340
Profundidade	1	0,63	0,447	6,41	0,030
Palhada x Profundidade	2	0,46	0,648	0,12	0,885
<i>E. gummiferum</i>					
Bloco	2	1,99	0,188	1,47	0,275
Palhada	2	1,41	0,288	3,04	0,093
Profundidade	1	1,93	0,195	3,51	0,090
Palhada x Profundidade	2	2,43	0,138	3,35	0,077
<i>E. pubescens</i>					
Bloco	2	0,50	0,620	0,11	0,899
Palhada	2	6,79	0,014	2,96	0,098
Profundidade	1	4,26	0,066	3,05	0,111
Palhada x Profundidade	2	22,09	< 0,001	5,57	0,024
<i>E. dysenterica</i>					
Bloco	2	0,16	0,853	0,15	0,864
Palhada	2	1,61	0,248	1,40	0,291
Profundidade	1	44,95	< 0,001	45,05	< 0,001
Palhada x Profundidade	2	3,67	0,064	3,32	0,078
<i>H. stigonocarpa</i>					
Bloco	2	1,05	0,387	0,28	0,760
Palhada	2	5,64	0,023	7,14	0,012
Profundidade	1	1,53	0,245	4,18	0,068
Palhada x Profundidade	2	0,77	0,488	0,81	0,473
<i>K. coriaceae</i>					
Bloco	2	1,30	0,319	0,42	0,666
Palhada	2	5,55	0,027	8,84	0,006
Profundidade	1	27,66	0,001	51,20	< 0,001
Palhada x Profundidade	2	5,68	0,025	8,10	0,008
<i>M. pubescens</i>					
Bloco	2	2,93	0,104	0,98	0,409
Palhada	2	12,98	0,002	11,80	0,002
Profundidade	1	31,26	< 0,001	23,76	0,001
Palhada x Profundidade	2	2,77	0,116	3,68	0,064

	d.f.	Emergência		Estabelecimento	
		F	p	F	p
<i>Q. grandiflora</i>					
Bloco	2	4,97	0,032	3,58	0,067
Palhada	2	5,22	0,028	4,93	0,032
Profundidade	1	106,00	< 0,001	59,61	< 0,001
Palhada x Profundidade	2	6,76	0,014	5,44	0,025
<i>S. lycocarpum</i>					
Bloco	2	5,86	0,021	0,42	0,667
Palhada	2	0,35	0,716	1,42	0,288
Profundidade	1	0,73	0,412	1,92	0,196
Palhada x Profundidade	2	1,38	0,296	0,25	0,785
<i>T. aurea</i>					
Bloco	2	1,81	0,219	0,66	0,536
Palhada	2	7,61	0,012	5,19	0,028
Profundidade	1	120,92	< 0,001	70,73	< 0,001
Palhada x Profundidade	2	5,81	0,024	3,60	0,066

Tabela Suplementar 3: Resultados das ANOVAs para crescimento em altura, diâmetro e número de folhas das 16 espécies. Foi testado o efeito do tratamento de cobertura do solo (sem cobertura, 5 cm de palhada e 10 cm de palhada), 16 meses após implantação do experimento. Valores de *p* significativo aparecem em negrito.

	Altura (cm)			Diâmetro (mm)		Nº de folhas	
	d.f.	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
<i>A. occidentale</i>	n = 278						
Bloco	2	6,47	0,002	1,36	0,259	2,15	0,118
Palhada	2	35,59	< 0,001	3,38	0,035	16,21	< 0,001
<i>A. colubrina</i>	n = 79						
Bloco	2	0,63	0,537	0,91	0,407	0,37	0,691
Palhada	2	3,45	0,037	8,96	< 0,001	0,60	0,551
<i>A. macrocarpon</i>	n = 146						
Bloco	2	3,93	0,022	0,41	0,664	1,61	0,204
Palhada	2	31,56	0,000	0,13	0,882	4,13	0,018
<i>B. gaudichaudii</i>	n = 129						
Bloco	2	5,89	0,004	2,88	0,060	0,49	0,612
Palhada	2	12,96	< 0,001	0,56	0,573	2,02	0,136
<i>C. langsdorffii</i>	n = 46						
Bloco	2	0,51	0,604	2,32	0,110	1,06	0,353
Palhada	2	3,80	0,030	1,62	0,209	2,29	0,112
<i>D. miscolobium</i>	n = 90						
Bloco	2	8,21	0,001	9,11	< 0,001	3,58	0,032
Palhada	2	0,76	0,468	6,15	0,003	4,25	0,017
<i>D. alata</i>	n = 52						
Bloco	2	4,54	0,015	1,00	0,376	6,26	0,004
Palhada	2	3,03	0,057	4,37	0,018	4,08	0,023
<i>E. gummiferum</i>	n = 361						
Bloco	2	74,15	< 0,001	4,05	0,018	6,85	0,001
Palhada	2	2,24	0,108	2,82	0,061	1,39	0,251
<i>E. pubescens</i>	n = 148						
Bloco	2	3,63	0,029	9,07	< 0,001	0,92	0,402
Palhada	2	5,41	0,005	2,45	0,090	0,36	0,701
<i>E. dysenterica</i>	n = 263						
Bloco	2	0,56	0,571	52,18	< 0,001	5,31	0,006
Palhada	2	51,57	< 0,001	2,04	0,132	15,65	< 0,001
<i>H. stigonocarpa</i>	n = 157						
Bloco	2	1,70	0,186	2,98	0,053	1,79	0,170
Palhada	2	1,73	0,180	2,85	0,061	0,54	0,581
<i>K. coriacea</i>	n = 89						
Bloco	2	1,16	0,318	2,56	0,083	9,02	< 0,001
Palhada	2	5,39	0,006	5,75	0,004	9,05	< 0,001
<i>M. pubescens</i>	n = 300						
Bloco	2	7,64	0,001	4,26	0,015	1,86	0,157
Palhada	2	61,21	< 0,001	7,97	< 0,001	10,58	< 0,001
<i>Q. grandiflora</i>	n = 106						
Bloco	2	1,10	0,335	3,61	0,030	2,42	0,094
Palhada	2	5,38	0,006	9,58	< 0,001	0,28	0,753
<i>S. lycocarpum</i>	n = 129						
Bloco	2	3,92	0,022	5,87	0,004	3,38	0,037
Palhada	2	1,16	0,318	2,95	0,056	4,76	0,010
<i>T. aurea</i>	n = 130						
Bloco	2	11,20	< 0,001	9,23	< 0,001	2,32	0,102
Palhada	2	8,94	< 0,001	10,03	< 0,001	2,75	0,068

Tabela Suplementar 4: Resultados das ANOVAs para sobrevivência das 16 espécies. Foi testado o efeito do tratamento de cobertura do solo (sem cobertura, 5 cm de palhada e 10 cm de palhada), 16 meses após implantação do experimento. Valores de *p* significativo aparecem em negrito.

	d.f.	Sobrevivência	
		F	<i>p</i>
<i>A. occidentale</i>			
Bloco	2	1,13	0,353
Palhada	2	0,31	0,742
<i>A. colubrina</i>			
Bloco	2	5,99	0,016
Palhada	2	2,57	0,118

	d.f.	Sobrevivência F	p
<i>A. macrocarpon</i>			
Bloco	2	5,19	0,022
Palhada	2	1,26	0,316
<i>B. gaudichaudii</i>			
Bloco	2	1,23	0,332
Palhada	2	0,55	0,592
<i>C. langsdorffii</i>			
Bloco	2	0,29	0,754
Palhada	2	2,43	0,127
<i>D. miscolobium</i>			
Bloco	2	1,57	0,252
Palhada	2	0,47	0,636
<i>D. alata</i>			
Bloco	2	0,44	0,655
Palhada	2	0,21	0,811
<i>E. gummiferum</i>			
Bloco	2	0,65	0,538
Palhada	2	2,93	0,089
<i>E. pubescens</i>			
Bloco	2	0,43	0,658
Palhada	2	1,27	0,314
<i>E. dysenterica</i>			
Bloco	2	0,53	0,599
Palhada	2	0,53	0,599
<i>H. stigonocarpa</i>			
Bloco	2	3,40	0,068
Palhada	2	2,04	0,172
<i>K. coriaceae</i>			
Bloco	2	0,00	0,996
Palhada	2	2,63	0,140
<i>M. pubescens</i>			
Bloco	2	1,03	0,385
Palhada	2	0,84	0,456
<i>Q. grandiflora</i>			
Bloco	2	0,34	0,718
Palhada	2	1,71	0,222
<i>S. lycocarpum</i>			
Bloco	2	1,31	0,303
Palhada	2	2,88	0,092
<i>T. aurea</i>			
Bloco	2	1,31	0,303
Palhada	2	2,88	0,092

CAPÍTULO II

Efeitos de plantas companheiras e adubação no estabelecimento e crescimento de plântulas

Resumo

A semeadura direta de espécies arbóreas pode ser uma técnica potencial para a restauração. Nas savanas, o estabelecimento de plântulas de espécies arbóreas é favorecido quando há sombreamento de até 60%, diminuição da biomassa de gramíneas, redução do déficit hídrico e aumento da disponibilidade de nutrientes no solo. Este estudo teve como objetivo avaliar emergência, estabelecimento e crescimento até dois anos de 12 espécies de árvores do cerrado semeadas em um campo agrícola no Brasil central. Testamos diferentes tratamentos com plantas companheiras (sem plantas, plantas agrícolas e adubação verde) e diferentes tratamentos de adubação (sem adubo, cama de frango e adubo químico). As hipóteses testadas foram: a sombra gerada pelas plantas companheiras não afete emergência, aumente a sobrevivência e diminua crescimento das plântulas e a adubação favoreça o crescimento das plântulas. A porcentagem de germinação foi alta (52%) para *Anacardium occidentale*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Dipteryx alata*, *Eugenia dysenterica* e *Magonia pubescens*. O sombreamento excessivo (95%) com adubação verde diminuiu a sobrevivência de duas espécies e o crescimento em biomassa e diâmetro de cinco espécies. Em contraste, as agrícolas (60% de sombreamento) não afetaram a sobrevivência e a biomassa das plântulas em relação ao tratamento controle. Os tipos de adubação testados não favoreceram o crescimento das plântulas de espécies nativas. Este estudo mostra que a semeadura direta consorciada com plantas agrícolas resulta em alta emergência e sobrevivência das plântulas arbóreas, legitimando o uso de

semeadura direta. O financiamento, monitoramento e fiscalização das atividades de restauração devem ser expandidos para assegurar o sucesso no estabelecimento das árvores. O consórcio com plantas agrícolas utilizadas neste estudo não alteraram o estabelecimento e crescimento das plântulas de árvores, demonstrando que essa estratégia pode ser utilizada nas fases iniciais do processo de restauração.

Palavras-chave: Agrofloresta, facilitação, restauração.

Introdução

As formações savânicas do bioma Cerrado (cerrado *sensu lato*, Ribeiro e Walter, 1998) têm características de regeneração natural peculiares, que devem ser consideradas na elaboração de métodos de restauração. O potencial de recrutamento de plântulas é reduzido pelas limitações de sementes e de estabelecimento (Uriarte *et al.*, 2005; Scott e Morgan, 2012; Salazar *et al.*, 2012a; Clark, 2013). A limitação de sementes se dá pelo (i) baixo investimento em reprodução sexual em virtude de um alto investimento em reprodução assexuada e sobrevivência por meio de rebrota (Hoffmann, 1998); (ii) baixa densidade de árvores e conseqüentemente baixa densidade de chuva de sementes (Scott e Morgan, 2012); (iii) inexistência de um banco de sementes persistente no solo (Salazar *et al.*, 2011; Scott e Morgan, 2012; Machado *et al.*, 2013); e (iv) o fogo também reduz a disponibilidade de sementes (Hoffmann e Solbrig, 2003). Mesmo com a capacidade de rebrota, as espécies de árvores não crescem o suficiente para reproduzir após o incêndio (Hoffmann, 1998; Clarke *et al.*, 2008). O estabelecimento de plântulas é limitado pela competição com plantas espontâneas e pelas variações na precipitação e intensidade do fogo (Higgins *et al.*, 2000). Mesmo no ano sem fogo, a queimada anterior causa maior exposição das plântulas ao sol durante veranicos e durante a estação seca (Hoffmann, 1996). Na ausência do fogo, a sobrevivência de plântulas de árvores é alta (Moreira, 2000), chegando a 80% para 16

espécies arbóreas em um ano (Salazar *et al.*, 2012b). Quando sombreadas por copas de árvores (40-60% de sombreamento) a sobrevivência das plântulas nos primeiros oito meses é maior que com sombreamento intermediário (10-40%) e aberto (Salazar *et al.*, 2012b). Outra característica das espécies vegetais nativas do cerrado é que elas são adaptadas a solos com baixa fertilidade, mas elas podem responder positivamente à adição de nutrientes, por exemplo, alterando a alocação de biomassa, favorecendo o crescimento da parte aérea das plantas (Bucci *et al.*, 2006; Goldstein *et al.*, 2013). Portanto, o estabelecimento de plântulas de espécies arbóreas no Cerrado é favorecido quando há sombreamento de até 60%, diminuição da biomassa de gramíneas, redução do déficit hídrico e aumento da disponibilidade de nutrientes nas camadas superficiais do solo (Salazar *et al.*, 2012b).

Assim, a semeadura direta de espécies arbóreas pode ser uma técnica potencial para a restauração do cerrado, uma vez que são resolvidos os gargalos de limitação de sementes, exclusão inicial de fogo e utilizadas espécies de ciclos anuais e bi-anuais de rápido crescimento para amenizar extremos microclimáticos. Nos últimos anos a semeadura direta de árvores nativas tem sido aplicada como uma alternativa de restauração de baixo custo (Camargo *et al.*, 2002; Pompéia, 2005; Isernhagen, 2010; Wallin *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2011). Vantagens desta técnica são a diminuição dos custos em até 40%, com redução de mão de obra e viveiro (Bullard *et al.*, 1992; Engel e Parrota, 2001; Cole *et al.*, 2011); a distribuição adensada de sementes, gerando densidades desejáveis de plântulas, próximo ao encontrado em clareiras naturais (Muehlethaler e Kamm, 2009); e crescimento em local definitivo, não havendo choque de transplante (Willoughby *et al.*, 2004). Porém, existem alguns gargalos, como a prolongada competição com plantas espontâneas, uma vez que as plântulas permanecem no estrato herbáceo por mais tempo (Riginos, 2009), a predação das sementes, e a mortalidade das sementes e plântulas por dessecação devido a altas

temperaturas em áreas abertas (Engel e Parrota, 2001; Doust *et al.*, 2006; 2008; Sankaran *et al.*, 2008).

O plantio de espécies agrícolas ou de adubação verde de rápido crescimento como plantas companheiras tem sido testado para sombrear plântulas de árvores no seu estágio inicial de vida, melhorar as propriedades física e química do solo, amenizar os extremos microclimáticos e inibir outras espontâneas, favorecendo o estabelecimento das espécies arbóreas (Davide *et al.*, 2000; Balandier *et al.*, 2009). Utilizar espécies agrícolas na restauração possibilita reduzir custos através da colheita das plantas agrícolas (Calvo e Gómez, 2000; Vieira *et al.*, 2009). A aplicação da técnica de semeadura direta associada ao uso de espécies agrícolas e técnicas agroecológicas pode aproximar o proprietário rural das atividades de restauração, já que são atividades similares às suas práticas diárias com agricultura (Vieira *et al.*, 2009; Rodrigues *et al.*, 2007; Durigan *et al.*, 2013). Porém, é necessário entender as relações de competição e facilitação que espécies agrícolas companheiras exercem nas plântulas de espécies arbóreas.

Este estudo teve como objetivo avaliar a emergência, o estabelecimento e o crescimento até os dois anos de seis espécies de árvores do cerrado semeadas em área de agricultura mecanizada convertida em Reserva Legal. Os efeitos do consórcio com plantas companheiras (sem plantas, plantas agrícolas e adubação verde), da adubação (sem adubo, cama de frango e adubo químico) e suas interações foram testados. As hipóteses testadas foram que (i) a sombra gerada por plantas companheiras não afeta a emergência das árvores, pois são semeadas simultaneamente, não havendo tempo para exercer efeito, porém, (ii) a sombra faz aumentar a sobrevivência das plântulas no primeiro ano após a emergência; (iii) a presença das plantas companheiras diminui o crescimento das plântulas sobreviventes, por reduzir a disponibilidade de luz; (iv) A adubação favorece o crescimento das plântulas, pois mesmo com as espécies do Cerrado sendo adaptadas a

solos de baixa fertilidade, a adubação de plântulas de algumas espécies estudadas favoreceu seu crescimento (Souza *et al.*, 2001; Brauwiers *et al.*, 2002; Lacerda *et al.*, 2011; de Souza *et al.*, 2013); (v) a interação plantio de espécies companheiras com adubação pode favorecer o crescimento das plantas companheiras ao ponto de diminuir mais fortemente o crescimento das plântulas de cerrado.

Material e métodos

Área de estudo

O trabalho foi realizado na Fazenda Sucupira, uma unidade experimental da Embrapa, localizada 21 km a sudoeste da cidade de Brasília-DF (15°54'09''S e 48°01'53''O), com altitude de 1.200 m. A precipitação média anual é de 1.578 mm (DP =168 mm), com 84% da precipitação ocorrendo de outubro a março. A temperatura média anual é de 21°C, com média máxima de 22°C em setembro e média mínima de 18°C em julho (INMET, 2014). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro e a análise de solo realizada no experimento indica que o solo no local é mais fértil se comparado aos solos típicos do cerrado (Lopes e Guilherme, 1994; Tabela 1). A Fazenda possui área total de 1.763 ha e a área de estudo abrange cerca de nove hectares. Durante 32 anos houve cultivo industrial de grãos. A vegetação original era cerrado *sensu stricto*, de acordo com a área conservada adjacente ao experimento. Esta área de cerrado tem 1.822 árvores/ha (> 5 cm à 30 cm de altura), área basal de 8,7m²/ha, e as espécies mais importantes são: *Ouratea hexasperma*, *Kielmeyera coriacea*, *Eremanthus glomerulatus*, *Vochysia thyrsoidea*, *Erythroxylum suberosum*, *Vellozia squamata*, *Qualea parviflora*, *Rapanea guianensis*, *Sclerolobium paniculatum* e *Dalbergia miscolobium* (Walter e Sampaio, 1998).

Tabela 1: Análise química e física do solo na área onde foi implantado o experimento de semeadura direta de espécies nativas, em um campo agrícola anteriormente coberto por vegetação de cerrado na Fazenda Sucupira, EMBRAPA, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

Bloco	pH (H ₂ O)	P	H +Al	Al	Ca	Mg	K	CTC	V	m
	-	ppm			cmol/dm ³				%	
1	5,6	25,1	2,7	0,1	0,9	0,8	0,31	5	44	5
2	6,1	6,7	3,7	<0,1	3,2	0,6	0,16	8	52	0
3	5,8	24,1	3	0,1	0,9	0,3	0,17	4	32	7
4	6	15,1	2,5	<0,1	3	0,5	0,19	6	60	0

	Argila	Areia	Silte	C orgânico
	g/kg			
1	275	625	100	17,9
2	325	475	200	16,9
3	325	475	200	18,1
4	300	500	200	19,8

Espécies estudadas

Foram selecionadas 12 espécies de fisionomias savânicas do Cerrado que são economicamente importantes e que são abundantes no cerrado (Tabela 2). Porém, três espécies (*E. pubescens*, *T. argentea* e *T. áurea*) tiveram emergência menor que 10%, em média, uma espécie (*C. brasiliense*) tem sementes dormentes e não emergiu durante o primeiro ano após implantação do experimento, e duas espécies (*A. aculeata* e *A. crassiflora*) não emergiram nesse estudo. Essas foram excluídas das análises, pois não foi possível observar os efeitos dos tratamentos de plantas companheiras e adubação. Portanto, seis espécies foram avaliadas neste estudo (Tabela 2).

Tabela 2: Espécies de árvores do bioma Cerrado estudadas em experimento de semeadura direta. Massa das sementes, teor de água e porcentagem de emergência nos nove tratamentos (média (mín. – máx.)).

Espécies	Nome popular	Massa da semente (g) ^a	Características das sementes	
			Teor de água (%) ^a	Emergência em experimentos de campo (%) ^b
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Caju	4,50	14	52,4 (40,0 - 59,2)
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Araticum	0,68	33	-
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Peroba	0,84	6 a 10	48,3 (12,2 - 66,7)
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Macaúba	12,2	35	-

Espécies	Nome popular	Massa da semente (g) ^a	Características das sementes	
			Teor de água (%) ^a	Emergência em experimentos de campo (%) ^b
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso)	Ipê amarelo do cerrado	0,23	14	4,1 (0,8 - 7,5)
Benth. & Hook.f. ex S.Moore				
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Pequi	4,85	21	12,4 (7,5 - 20,0)
<i>Terminalia argentea</i> Mart.	Capitão	0,36	10	5,1 (1,7 - 11,7)
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.ex Hayne	Jatobá	3,90	10	62,7 (52,5 - 66,7)
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Baru	1,20	6	19,0 (13,3 - 24,2)
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	Paineira do cerrado	0,23	11	4,3 (0,8 - 7,5)
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	Cagaita	0,75	43	74,0 (67,5 - 82,5)
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Tingui	2,10	6	53,5 (40,0 - 65,8)

^a Salomão *et al.* (2003) para todas as espécies, exceto para *A. occidentale* (Vieira 2011; <http://sementesdoxingu.org.br/site/sementes/caju>) e *A. aculeata* (Neto 2010);

^b Resultados deste estudo.

Desenho experimental

O experimento foi realizado em quatro blocos, contendo a combinação dos fatores adubação (sem adubo, cama de frango e adubo químico) e consórcio com plantas companheiras (sem plantas, plantas agrícolas e adubação verde), resultando em nove tratamentos, cada um estabelecido em uma linha de 30 m (4 blocos x 9 linhas = 36 linhas). As linhas estavam 5 m distantes uma da outra e os blocos estavam 100 m distantes. Uma semente de cada espécie foi semeada por metro, totalizando 12 espécies (e sementes) por metro linear (Figura 1). Assim, 30 sementes de cada espécie foram semeadas por tratamento (linha) em cada bloco (30 sementes x 9 tratamentos x 4 blocos = 1.080 sementes de cada espécie); para *A. macrocarpon*, o bloco 4 não foi plantado por falta de sementes e para *M. pubescens*, o tratamento controle/controlado no bloco 1 não foi plantado por erro no estabelecimento do experimento.



Figura 1: Semeadura direta de árvores de cerrado em consórcio com plantas companheiras no Brasil Central, Brasília, Distrito Federal, EMBRAPA, Fazenda Sucupira. A. Sementes semeadas ao longo de uma linha de 30m, com uma semente de cada espécie por metro, totalizando 12 sementes/m. B. palha de capim (mulch) disposta nas linhas. Observe o sulco no meio do mulch, onde as sementes foram semeadas. C. O tratamento com adubo verde quatro meses após a semeadura. A mamona com espaçamento de 120 cm e feijão de porco com espaçamento de 30 cm D. Tratamento com plantas agrícolas quatro meses após a semeadura. Milho com espaçamento de 60 cm e mandioca com espaçamento de 120 cm.

Tratamento de adubação

Para o tratamento com adubo químico, foram distribuídos manualmente oito litros de adubo por linha, utilizando 3/4 de adubo NPK (4:14:8) e 1/4 de Fosfato Natural (DAP), em três linhas de cada bloco. Para adubação cama de frango, foram distribuídos 150 litros do adubo e 1 litro de Fosfato Natural (MAP) por linha, em três linhas de cada bloco. O cálculo da quantidade de adubo utilizado foi feito baseado nas recomendações de adubação para mudas cultivadas em viveiros e considerando que a linha de plantio foi de um cilindro de 25 cm de diâmetro x 30 m.

Tratamento de plantas companheiras

Para o tratamento com plantas agrícolas, foram plantadas três sementes de milho (*Zea mays* L.) por cova em espaçamento de 60 cm intercaladas por duas manivas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) a cada 120 cm. Para o tratamento com adubação verde, a mamona (*Ricinus communis* L.) foi semeada a cada 120 cm e o feijão de porco (*Canavalia ensiformes* L.) a cada 30 cm (Tabela 3; Figura 1). A porcentagem de luz sobre as plântulas

(10 cm de altura) foi estimada a partir da razão entre a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos nos tratamentos e em pleno sol, num dia sem nuvens entre 10:00 e 14:00 h, com Sensor de Quantum LI 2000 (Tabela 3). As medidas foram realizadas cinco meses após o plantio, quando a maioria das plantas companheiras atingir sua máxima biomassa. Em cada linha foram feitas cinco medições. A umidade do solo foi obtida por gravimetria através de coletas de duas amostras de solo para cada linha, no início da estação seca, oito meses após o plantio (Tabela 3).

Tabela 3: Características das plantas agrícolas e de adubação verde, utilizadas como plantas companheiras no experimento de semeadura direta de espécies nativas do cerrado, Fazenda Sucupira, EMBRAPA, Brasília – DF.

Características	Agricultoras		Adubação Verde	
	Milho	Mandioca	Mamona	Feijão de porco
Espaçamento (cm)	60	120	120	30
Ciclo de vida	115 a 135 dias	9 meses a 2 anos	2 a 5 anos	120 a 140 dias
Altura	180 cm	220 cm	250 cm	50 cm
Sombra / Umidade ^a	60% / 10%		95% / 20%	

^a baseado na média dos dados coletados neste trabalho.

Implantação e manutenção do experimento

O experimento foi implantado no início da estação chuvosa, em novembro de 2010. Para cada linha, o solo foi gradeado em uma faixa de um metro e depois foi sulcado no centro da faixa com sulcador de 40 cm de profundidade. Após a adubação, o solo foi devolvido aos sulcos, cobrindo o adubo e nivelando o terreno. Depois, as sementes e as manivas foram plantadas. Os frutos e sementes das espécies selecionadas foram coletados em áreas remanescentes de cerrado em um raio de até 50 km de distância da área de implantação do experimento. Foram selecionadas pelo menos cinco matrizes por espécie para coleta. Os frutos foram beneficiados para retirada das sementes. As sementes foram armazenadas por até quatro meses antes da semeadura em sacos de papel em temperatura ambiente, exceto *E. dysenterica* que teve as sementes armazenadas em vermiculita, pois possuem sementes recalcitrantes. Não foi realizado tratamento de quebra de dormência para espécies que

possuem sementes dormentes. Não foi feito teste de laboratório para avaliar a viabilidade das sementes. Palhada de capim (mulch) foi depositada em 50 cm de cada lado da linha de semeadura, para evitar a emergência de plantas espontâneas e manter a umidade do solo. Foi executada roçada mecânica nas entre linhas e capina manual nas linhas de plantio ao final de cada estação chuvosa.

Avaliação e análise dos dados

A emergência das plântulas e sobrevivência foram avaliadas 42, 84, 126, 217, 398 e 780 dias após o plantio. Uma vez que cada metro da linha de plantio tinha uma semente de cada espécie, foi possível acompanhar a emergência das plântulas e sua sobrevivência. Foi medida a biomassa da plântula e o comprimento radicular aos 135 dias (uma estação chuvosa) para cinco espécies com maior emergência (*A. occidentale*, *E. dysenterica*, *A. macrocarpon*, *H. stigonocarpa*, *M. pubescens*). Foi desenterrada uma plântula por tratamento em três blocos (total de 27 plântulas por espécie). As plântulas retiradas foram contabilizadas nas análises de estabelecimento e sobrevivência, multiplicando-se valores pela proporção acumulada de sobrevivência aos 126 dias. A altura do caule, o diâmetro e o número de folhas foram medidos aos 398 dias, para três plântulas de cada espécie em cada linha, e aos 780 dias todas as plântulas foram medidos.

Para verificar o efeito dos tratamentos adubação, plantas companheiras e sua interação, na emergência, sobrevivência, estabelecimento e crescimento das espécies nativas do cerrado foram feitas ANOVAs para cada espécie, considerando os blocos como variável aleatória sem interação. Os dados de altura, diâmetro e número de folhas foram transformados em $\log(x)$ para aproximar à distribuição normal. Os dados de emergência, sobrevivência e estabelecimento não necessitaram transformação. Sobrevivência, estabelecimento e crescimento foram analisados apenas para as seis espécies que apresentaram emergência suficiente para serem avaliadas. Utilizamos survival analyses

para comparar os nove tratamentos para cada espécie até um ano (398 dias), intervalo em que as plantas de cobertura estiveram presentes no experimento. Foram comparadas as curvas de sobrevivência, que descrevem a proporção de sobreviventes durante um período como uma fração do número de vivos no início do período. Foi utilizado o teste de Wilcoxon para comparar o número de fracasso observado com esperado em cada intervalo. Para termos uma coorte de plântulas com início no primeiro censo, nós puxamos a data de emergência das plântulas germinadas aos 126 e aos 84 dias para os 42 dias e descartamos as plântulas germinadas após os 126 dias. Plântulas germinadas após os 126 dias passaram a maior parte do período como semente e não como plântula e os efeitos dos tratamentos deveriam ser verificados nas plântulas. Utilizar as plântulas germinadas até os 126 dias permitiu que descartássemos apenas 9% de todas as plântulas germinadas até os 398 dias.

A porcentagem de sobrevivência instantânea considera a sobrevivência das plântulas em um intervalo uma vez que plântulas sobreviveram ou emergiram no intervalo anterior. O estabelecimento foi determinado pelo número de plantas vivas no último censo, dividido pelo número de sementes semeadas.

Resultados

Emergência

Três espécies tiveram dormência; *A. aculeata* e *A. crassiflora* não emergiram no período avaliado e *C. brasiliense* não emergiu no primeiro ano. Três espécies, *E. pubescens*, *T. argentea* e *T. aurea*, tiveram baixa porcentagem de emergência (média de 4, 4 e 5%, respectivamente, Tabela 2). Para as seis espécies avaliadas, das 6.180 sementes semeadas, 3.200 emergiram (52%). É de nota que alguma emergência seguida de mortalidade pode ter ocorrido nos intervalos entre censos, podendo causar subestimação da emergência e

superestimação da sobrevivência. Os tratamentos não influenciaram significativamente a emergência de sementes das espécies, exceto *A. macrocarpon*, que obteve menor emergência com cama de frango, principalmente nos plantios sem plantas companheiras (Sem plantas x Sem adubo 66.7 ± 5.1 erro padrão, Agrícolas x Sem adubo 50 ± 1.90 , Adubação Verde x Sem adubo 55.6 ± 12.8 , Sem plantas x Adubo químico 50 ± 6.9 , Agrícolas x Adubo químico 58.9 ± 6.8 , Adubação Verde x Adubo químico 62.2 ± 9.5 , Sem plantas x Cama de Frango 12.2 ± 4.8 , Agrícolas x Cama de Frango 44.4 ± 15.7 , Adubação Verde x Cama de Frango 34.4 ± 8.9 ; Tabela 4).

Tabela 4: Resultados da análise variância fatorial para emergência de cada espécie testada sob os efeitos dos tratamentos plantas companheiras (sem plantas, plantas agrícolas e adubação verde) e adubação (sem adubo, cama de frango e adubo químico). Valores de *p* significativo aparecem em negrito.

	d.f.	F	<i>p</i>
<i>A. macrocarpon</i>			
Bloco	2	9,58	0,002
Adubação	2	17,47	0,000
Companheiras	2	1,54	0,245
Adubação x Companheiras	4	3,88	0,022
<i>A. occidentale</i>			
Bloco	3	3,46	0,032
Adubação	2	0,81	0,455
Companheiras	2	1,62	0,218
Adubação x Companheiras	4	1,92	0,139
<i>D. alata</i>			
Bloco	3	0,69	0,564
Adubação	2	1,10	0,348
Companheiras	2	0,08	0,921
Adubação x Companheiras	4	0,39	0,812
<i>E. dysenterica</i>			
Bloco	3	0,11	0,952
Adubação	2	1,05	0,366
Companheiras	2	1,61	0,220
Adubação x Companheiras	4	0,28	0,886
<i>H. stigonocarpa</i>			
Bloco	3	3,07	0,047
Adubação	2	1,76	0,194
Companheiras	2	1,03	0,371
Adubação x Companheiras	4	0,50	0,733
<i>M. pubescens</i>			
Bloco	3	7,42	0,001
Adubação	2	1,15	0,334
Companheiras	2	2,04	0,153
Adubação x Companheiras	4	1,06	0,397

Sobrevivência e Estabelecimento

Para as seis espécies analisadas, após dois anos e dois meses (780 dias), havia 2.144 plântulas vivas, correspondendo a 34% das sementes plantadas (estabelecimento) e 67% das sementes que emergiram (sobrevivência). *M. pubescens* teve a maior sobrevivência (81%) e *A. macrocarpon* a menor (51%). Para a sobrevivência das plântulas até os 398 dias houve maior mortalidade de plântulas de *A. macrocarpon* com cama de frango e plântulas de *A. occidentale* com plantas de cobertura (adubação verde). *D. alata* teve maior mortalidade sob a interação de plantas de cobertura juntamente com cama de frango (Figura 2). O estabelecimento das plântulas para *A. macrocarpon* foi menor com cama de frango e para *M. pubescens* com plantas de cobertura. *A. occidentale* foi afetado por ambos (Figura 3, Tabela 5).

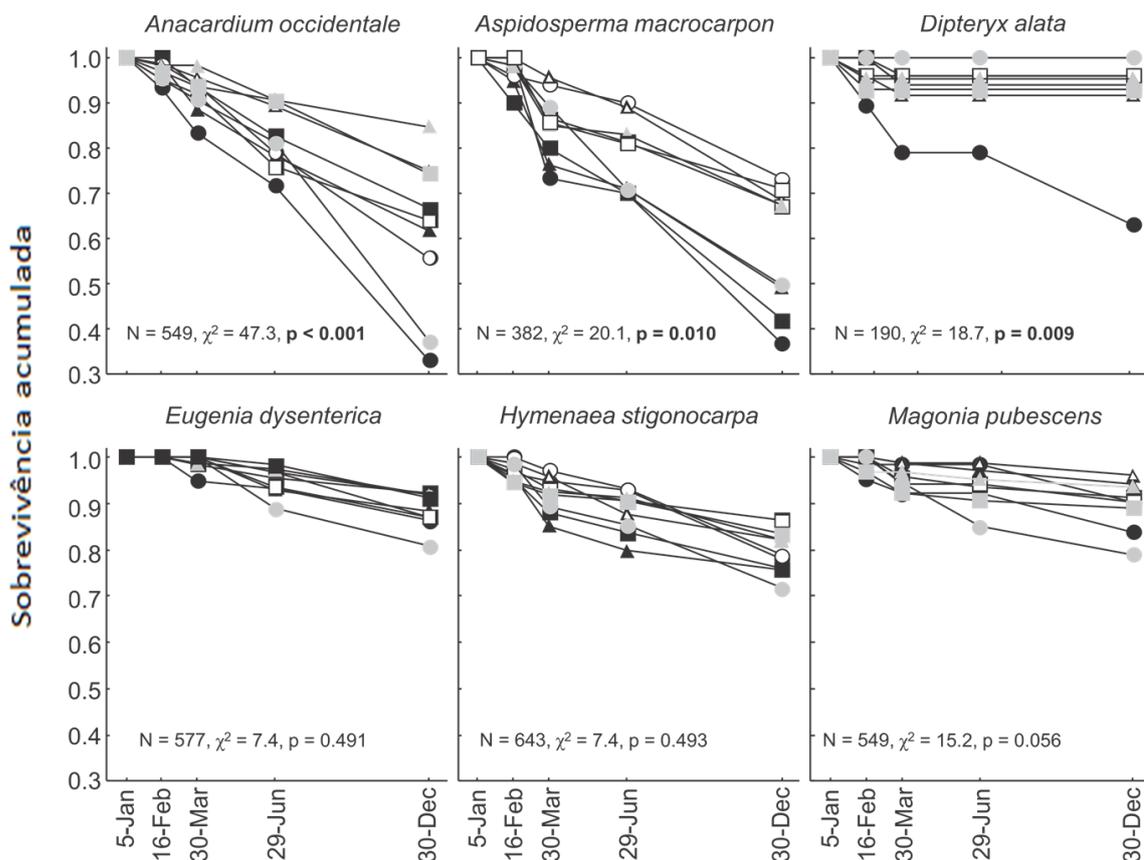


Figura 2: Sobrevivência acumulada até 398 dias (30 dez) após sementes serem semeadas em linhas com diferentes níveis de adubação (sem adubo (branco), NPK (cinza), ou cama de frango (preto)) e plantas companheiras (sem plantas companheiras (quadrados), agrícolas (triângulos), ou adubo verde (círculos)). Período começa no primeiro censo (42 dias). Diferenças entre as curvas de sobrevivência foram testados utilizando testes qui-

quadrado, e os resultados são mostrados em cada parcela. Veja métodos para obter detalhes sobre análise da sobrevivência.

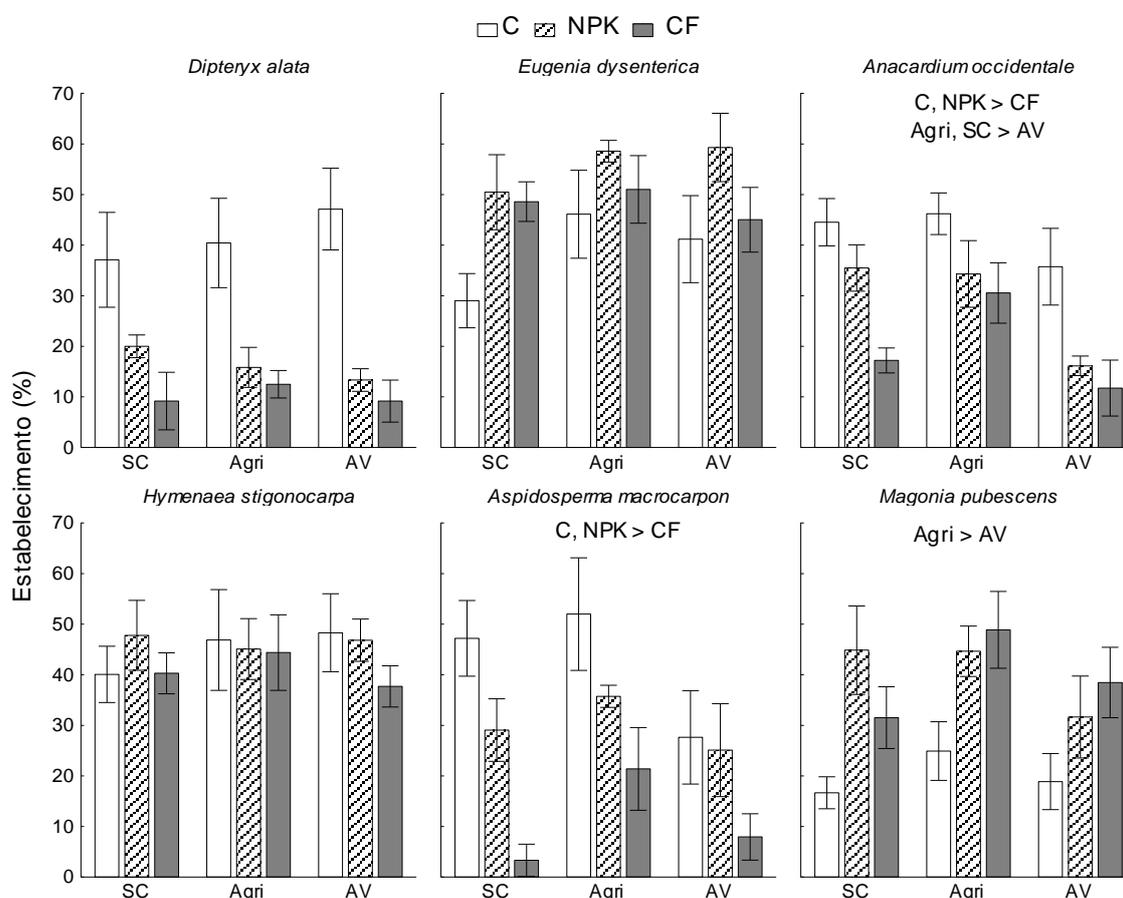


Figura 3: Porcentagem de estabelecimento de plântulas (plântulas vivas divididas pelo total de sementes semeadas) de seis espécies de árvores do cerrado, 780 dias após a semeadura. A adubação (sem adubo (C), cama de frango (CF) e adubo químico (NPK)) e plantas companheiras (sem plantas (SC), plantas agrícolas (Agri) e adubação verde (AV)) foram testados. Caixas mostram médias e barras mostram o erro padrão. Foi realizado a ANOVA, seguido pelo teste de Tukey, para cada espécie, e os tratamentos que diferiram significativamente estão descritos no topo dos gráficos. Quando a interação foi estatisticamente significativa, letras diferentes são mostradas acima das barras. Para espécie *D. alata* houve efeito marginal dos tratamentos de adubação ($p = 0,07$).

Tabela 5: Resultados das ANOVAs fatorial para estabelecimento de plântulas (plântulas vivas divididas por sementes plantadas) de seis espécies de árvores do cerrado, 780 dias após a semeadura. Foram testados os efeitos dos tratamentos plantas companheiras (sem plantas, plantas agrícolas e adubação verde) e adubação (sem adubo, cama de frango e adubo químico). Valores de p significativo aparecem em negrito.

	d.f.	F	p
<i>A. macrocarpon</i>			
Bloco	2	3,01	0,078
Adubação	2	10,94	0,001
Companheiras	2	1,41	0,272
Adubação x Companheiras	4	0,89	0,493

	d.f.	F	p
<i>A. occidentale</i>			
Bloco	3	6,03	0,003
Adubação	2	6,64	0,005
Companheiras	2	11,09	<0,001
Adubação x Companheiras	4	1,94	0,136
<i>D. alata</i>			
Bloco	3	0,33	0,805
Adubação	2	2,86	0,077
Companheiras	2	0,09	0,916
Adubação x Companheiras	4	0,42	0,793
<i>E. dysenterica</i>			
Bloco	3	2,62	0,074
Adubação	2	1,29	0,294
Companheiras	2	1,07	0,359
Adubação x Companheiras	4	0,49	0,742
<i>H. stigonocarpa</i>			
Bloco	3	3,41	0,034
Adubação	2	1,89	0,172
Companheiras	2	0,88	0,427
Adubação x Companheiras	4	0,46	0,764
<i>M. pubescens</i>			
Bloco	3	4,72	0,010
Adubação	2	1,79	0,189
Companheiras	2	3,79	0,038
Adubação x Companheiras	4	0,83	0,521

Crescimento até dois anos (altura, diâmetro e número de folhas)

As espécies tiveram baixo crescimento em altura, diâmetro e número de folhas. Após um ano *D. alata* teve em média 19 cm de altura, 5,9 mm de diâmetro e seis folhas; *A. occidentale* teve 11 cm de altura, 4,3 mm de diâmetro e 10 folhas; *A. macrocarpon* teve 9 cm de altura, 4,3 mm de diâmetro e seis folhas; *H. stigonocarpa* teve 18 cm de altura, 4,0 mm de diâmetro e sete folhas; *M. pubescens* teve 13 cm de altura, 3,6 mm de diâmetro e cinco folhas; *E. dysenterica*, 6 cm de altura, 1,2 mm de diâmetro e quatro folhas (os resultados de crescimento com um ano estão presentes na Figura Suplementar 1 e os resultados das ANOVAs estão na Tabela Suplementar 1) . Após dois anos e dois meses, *D. alata* teve 29 cm de altura, 6,6 mm de diâmetro e seis folhas; *A. occidentale* teve 18 cm de altura, 6,0 mm de diâmetro e 12 folhas; *A. macrocarpon* teve 11 cm de altura, 4,7 mm de diâmetro e quatro folhas; *H. stigonocarpa* teve 24 cm de altura, 4,3 mm de diâmetro e quatro folhas; *M. pubescens* teve 19 cm de altura, 4,1 mm de diâmetro e quatro folhas e *E.*

dysenterica teve 9 cm de altura, 1,3 mm de diâmetro e quatro folhas. As três variáveis de crescimento (diâmetro, altura e número de folhas) responderam de maneira similar, porém optamos por evidenciar os resultados de diâmetros. Diâmetro foi uma melhor variável, pois um crescimento maior em altura pode significar estiolamento em condição de baixa luminosidade, como parece ter ocorrido com *E. dysenterica* na presença de plantas de cobertura (Figura Suplementar 2 e Tabela Suplementar 2). O número de folhas não foi uma variável expressiva, pois a amplitude das diferenças entre tratamentos foi relativamente baixa, mesmo quando significativa (Figura Suplementar 2 e Tabela Suplementar 2).

O consórcio com plantas de cobertura (95% de sombreamento) atrasou o desenvolvimento em diâmetro das plântulas de cinco das seis espécies, em relação as plântulas sem plantas companheiras, até os dois anos de avaliação (Figura 4, Tabela 6). O crescimento das plântulas consorciadas com plantas agrícolas também foi mais baixo em relação às plântulas sem plantas companheiras para quatro das seis espécies, mas a amplitude das diferenças foi de apenas 7% a 13% (Figura 4, Tabela 6). No segundo ano, *E. dysenterica* houve interação dos tratamentos, plântulas adubadas e sem plantas companheiras cresceram mais (Figura 4, Tabela 6).

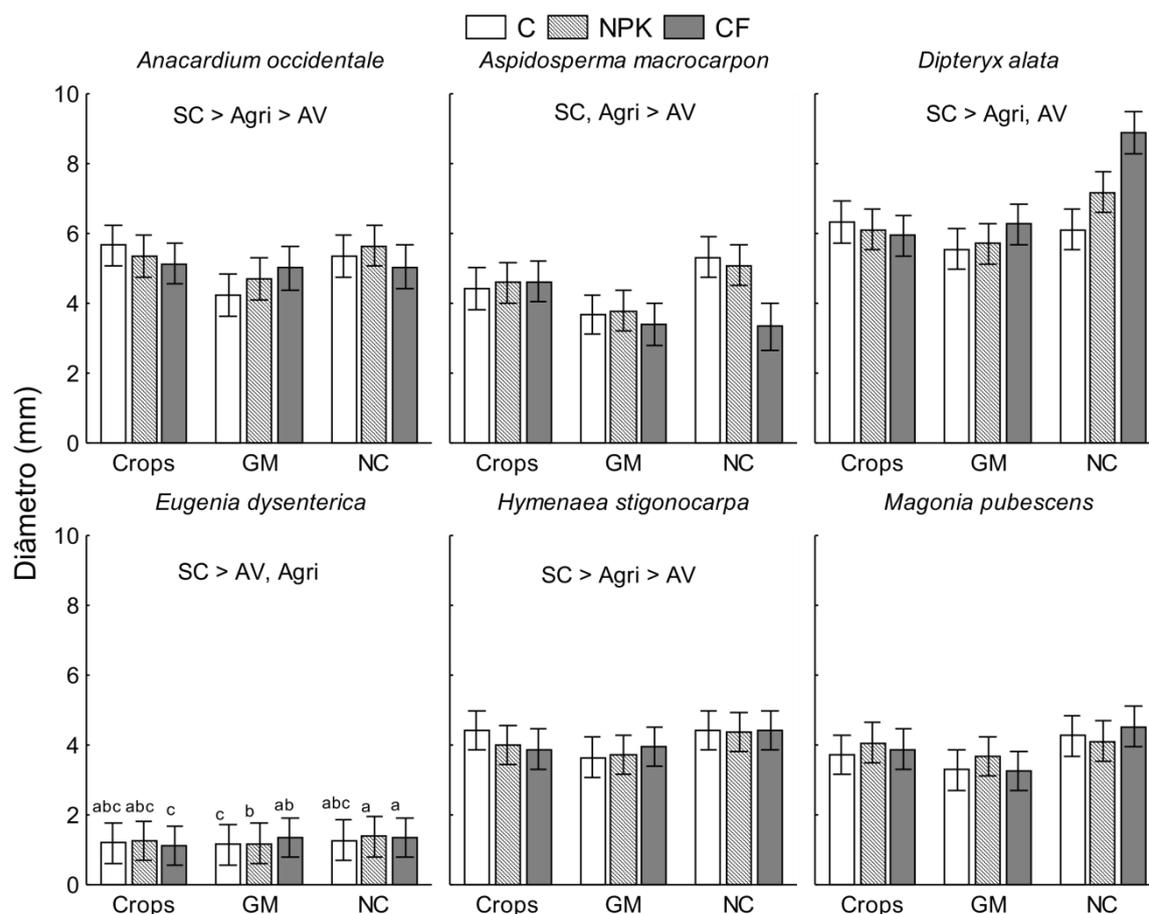


Figura 4: Diâmetros das plântulas de seis espécies arbóreas de cerrado, 780 dias após a sementeira. A adubação (sem adubo (C), cama de frango (CF) e adubo químico (NPK)) e plantas companheiras (sem plantas (SC), plantas agrícolas (Agri) e adubação verde (AV)) foram testados. Caixas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizado a ANOVA, seguido pelo teste de Tukey, para cada espécie, e os tratamentos que diferiram significativamente estão descritos no topo dos gráficos. Quando a interação foi estatisticamente significativa, letras diferentes são mostradas acima das barras.

Tabela 6: Resultados das ANOVAs fatorial para diâmetro de plântulas de seis espécies de árvores do cerrado, 780 dias após a sementeira. Foram testados os efeitos dos tratamentos plantas companheiras (sem plantas, plantas agrícolas e adubação verde) e adubação (sem adubo, cama de frango e adubo químico). Valores de *p* significativo aparecem em negrito.

	d.f.	Diâmetro (mm)	
		F	<i>p</i>
<i>A. macrocarpon</i>			
Bloco	3	3,97	0,020
Adubação	2	1,86	0,158
Companheiras	2	3,95	0,021
Adubação x Companheiras	4	1,48	0,209
<i>A. occidentale</i>			
Bloco	3	1,77	0,152
Adubação	2	0,11	0,900
Companheiras	2	1,55	0,215
Adubação x Companheiras	4	0,51	0,726

	d.f.	Diâmetro (mm)	
		F	p
<i>D. alata</i>			
Bloco	3	0,61	0,608
Adubação	2	3,55	0,031
Companheiras	2	8,24	<0,001
Adubação x Companheiras	4	2,11	0,082
<i>E. dysenterica</i>			
Bloco	3	3,25	0,022
Adubação	2	3,06	0,048
Companheiras	2	11,23	<0,001
Adubação x Companheiras	4	3,78	0,005
<i>H. stigonocarpa</i>			
Bloco	3	6,68	<0,001
Adubação	2	0,36	0,696
Companheiras	2	12,43	<0,001
Adubação x Companheiras	4	2,14	0,075
<i>M. pubescens</i>			
Bloco	3	8,29	<0,001
Adubação	2	1,03	0,357
Companheiras	2	16,60	<0,001
Adubação x Companheiras	4	0,71	0,583

Biomassa e crescimento radicular aos 135 dias

A biomassa total de plântulas foi em média de 3,5 g para *M. pubescens*, 3 g de *H. stigonocarpa*; 1,6 g de *A. macrocarpon*; 1,3 g de *A. occidentale* e 0,3 g para *E. dysenterica*. Todas as espécies, exceto *A. macrocarpon*, tiveram menor biomassa sob o tratamento com plantas de cobertura, em relação ao tratamento sem plantas companheiras (Figura 5, Tabela 7). Plântulas sob o tratamento com plantas agrícolas tiveram biomassa intermediária e não diferiram do tratamento sem plantas companheiras para qualquer espécie (Figura 5, Tabela 7).

Crescimento radicular e razão raiz / parte aérea em 135 dias foram em média 37,0 centímetros e 1,7 para *M. pubescens*; 32,5 centímetros e 1,1 por *H. stigonocarpa*; 23,5 centímetros e 0,6 para *A. occidentale*; 21,1 centímetros e 2,8 para *E. dysenterica*; 18,7 centímetros e 0,7 para *A. macrocarpon* (os resultados de crescimento radicular e razão raiz

/ parte aérea estão presentes nas Figuras Suplementares 3 e 4, e os resultados das ANOVAs estão na Tabela Suplementar 3 e 4, respectivamente). Para crescimento radicular, os tratamentos afetaram apenas *A. macrocarpon*, que teve menor crescimento sob plantas agrícolas em relação ao plantio sem plantas companheiras, ambos não diferiram estatisticamente do plantio com plantas de cobertura (Sem plantas companheiras $23,6 \pm 1,8$ erro padrão, Agrícolas $15,1 \pm 2,0$, Adubação Verde $17,1 \pm 2,6$; $F = 5,31$, $df = 2$ $p = 0,018$). Para a razão raiz / parte aérea, *H. stigonocarpa* teve uma razão inferior sob plantas de cobertura em relação ao plantio sem plantas companheiras, ambos não diferiram estatisticamente do plantio com plantas agrícolas (Sem plantas companheiras $1,55 \pm 0,21$ erro padrão, Agrícolas $1,14 \pm 0,13$, Adubação Verde $0,69 \pm 0,07$; $F = 6,61$, $df = 2$ $p = 0,008$). *M. pubescens* apresentaram menor razão raiz / parte aérea sob plantas de cobertura, em comparação com as agrícolas e sem plantas companheiras (Sem plantas de cobertura $1,88 \pm 0,40$ SE, Agrícolas $2,23 \pm 0,33$, Adubação Verde $0,94 \pm 2,2$; $F = 10,5$, $df = 2$ $p = 0,001$). *M. pubescens* tiveram também menor razão raiz / parte aérea no tratamento com cama de frango em relação ao tratamento sem adubação, ambos não diferiram estatisticamente do tratamento com adubo químico (Sem adubo $2,06 \pm 0,46$ erro padrão, Adubo químico $1,82 \pm 0,32$; Cama de frango $1,19 \pm 0,22$; $F = 5,24$, $gl = 2$, $p = 0,019$).

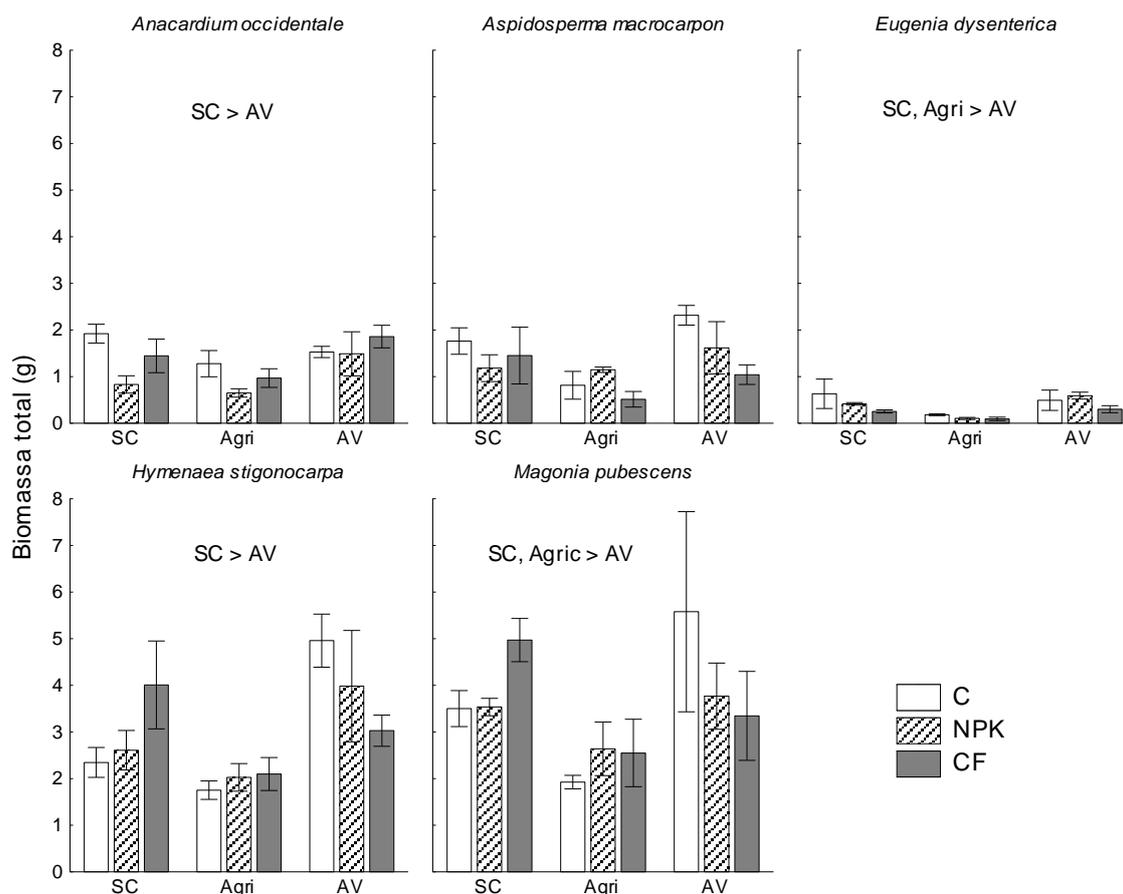


Figura 5: A biomassa total de plântulas de cinco espécies de árvores do cerrado desenterradas 135 dias após a semeadura. A adubação (sem adubo (C), cama de frango (CF) e adubo químico (NPK)) e plantas companheiras (sem plantas (SC), plantas agrícolas (Agri) e adubação verde (AV)) foram testados. Caixas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizado a ANOVA, seguido pelo teste de Tukey, para cada espécie, e os tratamentos que diferiram significativamente estão descritos no topo dos gráficos. Quando a interação foi estatisticamente significativa, letras diferentes são mostradas acima das barras.

Tabela 7: Resultados de ANOVA fatorial para biomassa total de plântulas de cinco espécies arbóreas de cerrado, 135 dias após a semeadura. Foram testados os efeitos dos tratamentos plantas companheiras (sem plantas, plantas agrícolas e adubação verde) e adubação (sem adubo, cama de frango e adubo químico). Valores de p significativo aparecem em negrito.

	d.f.	F	p
<i>A. macrocarpon</i>			
Bloco	2	0,89	0,431
Adubação	2	1,78	0,203
Companheiras	2	3,40	0,061
Adubação x Companheiras	4	1,09	0,398
<i>A. occidentale</i>			
Bloco	2	0,24	0,790
Adubação	2	3,28	0,064
Companheiras	2	3,98	0,039
Adubação x Companheiras	4	0,95	0,461

	d.f.	F	p
<i>E. dysenterica</i>			
Bloco	2	0,85	0,447
Adubação	2	1,86	0,187
Companheiras	2	5,09	0,019
Adubação x Companheiras	4	0,54	0,707
<i>H. stigonocarpa</i>			
Bloco	2	0,77	0,480
Adubação	2	0,06	0,939
Companheiras	2	7,46	0,005
Adubação x Companheiras	4	2,10	0,129
<i>M. pubescens</i>			
Bloco	2	0,22	0,801
Adubação	2	0,17	0,841
Companheiras	2	4,89	0,023
Adubação x Companheiras	4	1,49	0,253

Discussão

A porcentagem de emergência para seis espécies avaliadas foi relativamente alta (52%). Porém, para outras cinco espécies a emergência foi menor que 5%. Para *C. brasiliense*, a emergência iniciou apenas no segundo ano devido à dormência das sementes, não havendo exposição aos tratamentos como as demais. Infelizmente, neste estudo não foram realizados testes de viabilidade ou germinabilidade, portanto não é correto afirmar que as espécies que tiveram baixa emergência têm baixo potencial para a semeadura direta. Testar a viabilidade das sementes plantadas em campo é fundamental para distinguir os efeitos da semeadura direta em campo e da qualidade das sementes plantadas. Conhecer a germinabilidade ajuda a calcular a quantidade de sementes a serem semeadas ou a busca por melhores lotes (Salomão *et al.* 2003; Campos-Filho *et al.*, 2013). As espécies que neste estudo tiveram altas porcentagens de emergência e sobrevivência podem ser recomendadas para plantios com semeadura direta e para elas puderam ser avaliados os métodos de plantio. A discussão deste capítulo abordará as seis espécies com algum sucesso de conversão das sementes plantadas em plântulas.

Plantas companheiras não alteraram a emergência das sementes, confirmando a hipótese. A semeadura simultânea de plantas companheiras com as árvores não possibilitou que as plantas companheiras desenvolvessem cobertura a tempo de exercer efeito na

emergência das espécies nativas. Para que haja efeito de sombreamento e interação entre raízes, desde a etapa da germinação de sementes de espécies alvo, deve-se adiantar o plantio das espécies companheiras em alguns meses ou anos. Em ambientes onde há veranicos ou seca intensa, plantas companheiras podem ser fundamentais para uma melhor emergência das espécies alvo, reduzindo extremos microclimáticos e consequente dessecação das sementes e plântulas recém emergidas (Hoffmann, 1996; McLaren e McDonald, 2003; Ren *et al.*, 2008; Vieira *et al.*, 2009).

O efeito da adubação na emergência não era um resultado esperado, porém a cama de frango prejudicou a emergência de *A. macrocarpon*. Provavelmente a cama de frango aumentou a atividade microbiana (Lopes, 1994), aumentando a pressão de ataque de patógenos.

Plantas companheiras não aumentaram a sobrevivência inicial das plântulas, diferentemente do que era esperado. Uma possível razão é que até os 126 dias, período que representa a primeira estação chuvosa, houve pouco tempo para que as plântulas das árvores interagissem com as plantas companheiras, pois as plantas companheiras emergiram e apenas modificaram o microhabitat por cerca de dois meses, enquanto as plântulas de árvores emergiram e utilizaram suas reservas para sobrevivência inicial. Outra possível razão é que a palhada utilizada em todos os tratamentos reduziu temperaturas extremas e manteve água no solo (Truax e Gagnon, 1992; Dostalek *et al.*, 2007), reduzindo os efeitos negativos da exposição das plântulas a pleno sol no tratamento sem plantas companheiras. Entre os 126 e os 398 dias, período correspondente à primeira estação seca e segunda estação chuvosa, o excesso de sombreamento (95%) no plantio consorciado com plantas de cobertura prejudicou a sobrevivência de duas das seis espécies avaliadas (*A. occidentale* e *D. alata*). Para esse mesmo período, o plantio consorciado com plantas agrícolas (60% de sombreamento) não favoreceu nem prejudicou a sobrevivência das

plântulas das espécies nativas, comparado ao tratamento controle. Entre os 398 e 780 dias, entre o primeiro e segundo ano, as plantas companheiras cumpriram seu ciclo de vida e as plântulas foram expostas a pleno sol, por isso os tratamentos não foram diferentes por mais tempo. O estabelecimento (plântulas vivas aos 780 dias / sementes semeadas) de *A. occidentale* e *M. pubescens* foi menor sob o tratamento com plantas de cobertura do que no plantio com plantas agrícolas, e para *A. occidentale* sob plantas de cobertura também menor do que sem plantas companheiras. A maioria das plântulas apresentou maiores médias de estabelecimento no tratamento com plantas agrícolas, embora não significativamente diferente do tratamento sem plantas companheiras. As plantas companheiras têm seu efeito de facilitação evidente em ambientes de menor precipitação, como savanas abertas, floresta tropical seca, e desertos, onde o sombreamento reduz a temperatura e a evapotranspiração, melhorando a disponibilidade de água no local. No entanto, em ambientes menos estressantes podem passar de facilitadoras a competidoras (Belsky *et al.*, 1993; Holmgren *et al.*, 1997; Hoffmann, 2000; McLauren e McDonald, 2003; Gómez-Aparicio *et al.*, 2004; Padilla e Pugnaire, 2006). De fato, o sombreamento de 40 a 60% facilita a sobrevivência das plântulas do cerrado do Brasil Central (Salazar *et al.*, 2012b). A área de cerrado estudada tem precipitação relativamente alta, temperaturas amenas e fertilidade elevada, permitindo que as plantas cresçam bem na primeira estação chuvosa, o que reduz a necessidade de plantas facilitadoras (Padilla e Pugnaire, 2006).

A baixa disponibilidade de luz nos tratamentos com plantas de cobertura, resultante da grande biomassa por planta e espaçamento adensado, prejudicou o crescimento das plântulas nativas. Porém, o consórcio com plantas agrícolas não foi suficiente para reduzir significativamente a biomassa total e o crescimento em diâmetro, em relação às plântulas sem plantas companheiras. Portanto, para a área de cerrado estudada, uma cobertura de até 60% não afetou crescimento das plântulas. Experimentos em casa de vegetação com

espécies arbóreas do cerrado obtiveram resultados semelhantes a este, com maior acúmulo de biomassa a pleno sol ou com aproximadamente 50% de sombra e menor com mais de 90% de sombra (Felfili *et al.*, 1999; Barbosa *et al.*, 1999; Salgado *et al.*, 2001; Dutra *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2012).

Os tipos de adubação testados não favoreceram o crescimento das plântulas de espécies nativas, diferentemente do esperado. Um possível motivo é que a área tem solos mais férteis que os solos naturais do cerrado, pois foi anteriormente utilizada para agricultura, então a adição de nutrientes não teve impacto adicional. Alguns estudos constataram que espécies de cerrado são adaptadas aos solos de baixa fertilidade e não respondem à adubação ou até mesmo reduziram o crescimento em solos adubados (Silva e Correa, 2008; Martinotto *et al.*, 2012). Por outro lado, cama de frango e adubo químico favoreceram o crescimento de plantas espontâneas e companheiras, aumentando sua biomassa e, talvez, sua habilidade de competir por água e nutrientes, inibindo o desenvolvimento das plântulas de árvores, tanto em parte aérea como radicular. De fato, o aumento da disponibilidade de nutrientes na vegetação de cerrado, quando há presença de gramíneas exóticas de alta produtividade, faz com que essas competidoras excluam dicotiledôneas nativas do cerrado adaptadas à baixa disponibilidade de nutrientes (Riginos, 2009; Bustamante *et al.*, 2012; Cramer *et al.*, 2012). Portanto, a adubação, por favorecer o desenvolvimento das plantas invasoras ou mesmo agrícolas, exige manejo frequente de capinas, aumentando o custo da restauração.

Implicações para prática

Este estudo demonstrou que para algumas espécies, como *A. occidentale*, *H. stigonocarpa*, *M. pubescens*, *E. dysenterica*, a emergência e sobrevivência são altas, legitimando o uso da técnica de semeadura direta para restauração de áreas degradadas no

cerrado. Porém, a semeadura direta de árvores para a restauração de ecossistemas tropicais tem demonstrado que apenas um conjunto restrito de espécies alcança altas porcentagens de germinação e estabelecimento, enquanto a maioria tem insucesso na germinação ou na sobrevivência inicial (Engel e Parrota, 2001; Doust *et al.*, 2006; Cole *et al.*, 2011; Campos-Filho *et al.*, 2013). Para superar o gargalo da emergência e sobrevivência inicial, deve-se melhorar métodos de semeadura, tais como (i) acertar profundidade de plantio, (ii) superar dormência e manter viabilidade das sementes, (iii) diminuir o ataque de patógenos e herbívoros, (iv) evitar a dessecação das sementes, diminuindo a exposição a altas temperaturas em áreas abertas, e (v) inibir as plantas espontâneas. Tratamentos de quebra de dormência são alternativas para acelerar a germinação de algumas espécies, porém, esse procedimento sincroniza a germinação no início das chuvas e aumenta a probabilidade de mortalidade por efeitos estocásticos, como veranicos ou ataque de herbívoros. Utilizar palhada (mulch) ou plantas agrícolas pode evitar a dessecação das sementes e plântulas, melhorando condições do microclima, como diminuir a exposição ao sol, aumentar umidade do solo e até mesmo inibir outras espontâneas.

Talvez o maior gargalo da técnica de semeadura direta no cerrado esteja no crescimento lento das plantas; pois aos dois anos a planta com maior altura tinha apenas 0,78 m. A tentativa de estimular o crescimento com a adubação não beneficiou as espécies nativas, prejudicando a sobrevivência e estabelecimento de algumas espécies. O crescimento lento das espécies arbóreas dificulta o fechamento do dossel, facilitando o estabelecimento de espécies invasoras que competem de forma mais agressiva com as arbóreas nativas (D'Antonio e Vitousek, 1992). Isso exige o plantio de outras formas de vida de espécies nativas e em densidades mais elevadas para ocupar o solo antes das plantas exóticas colonizarem a área. Gramíneas exóticas produzem maior biomassa do que herbáceas nativas (Baruch *et al.*, 1985; D'Antonio e Vitousek, 1992), o que implica uma

necessidade de manejo a longo prazo, como capinas para eliminar as plantas invasoras e permitir que as espécies nativas ocupem o solo, além de prevenir incêndios durante o período em que as plantas estão pequenas. É certo que o tempo e os custos de manejo serão maiores no cerrado, comparado a florestas tropicais, portanto os financiamentos e os monitoramentos para fins de fiscalização para projetos de restauração devem ser expandidos para garantir o sucesso no estabelecimento das árvores de cerrado. Atualmente, a baixa taxa de crescimento de árvores de cerrado é utilizada como que argumento para projetos de restauração, florestal e agroflorestal incluíam árvores de florestas tropicais em detrimento de espécies de cerrado. Porém, deve-se considerar que espécies florestais exigem adubação e são mais susceptíveis a incêndios, tornando o sistema menos resistente a eventos de fogo.

O consórcio com plantas agrícolas utilizado neste estudo não alterou o crescimento e o estabelecimento das plântulas de espécies nativas, demonstrando que esta estratégia pode ser utilizada na fase inicial da restauração. Enquanto as árvores crescem as plantas agrícolas geram alimentos ou renda para o agricultor, além de envolver o agricultor nas atividades de manejo, pois ao capinar plantas indesejadas para as espécies agrícolas também beneficiará as plântulas de árvores, melhorando a sobrevivência e o crescimento das árvores (Somarriba *et al.*, 2001; Beltrame e Rodrigues, 2007; Vieira *et al.*, 2009). Há vias de pesquisa para diferentes espécies de plantas de cobertura, a composição, o espaçamento, o período de semeadura e o manejo adequado, observando não só o estabelecimento da árvore como variável resposta, mas também os impactos sociais, culturais e ambientais.

Reconhecimento

Pessoal da Fazenda Sucupira (EMBRAPA Transferência de Tecnologia) nos deu apoio logístico. Daniel Oliveira e Gustavo Paiva colaboraram na montagem e monitoramento do experimento. Dilmar Brandão, Rafael Niemeyer, Gustavo Rezende e Camila Motta ajudou com o trabalho de campo. O financiamento foi fornecido pelo CNPq (Edital Universal, Proc. 561847 / 2010-0).

Referências bibliográficas

BALANDIER, P.; FROCHOT, H.; SOURISSEAU, A. Improvement of direct tree seeding with cover crops in afforestation: Microclimate and resource availability induced by vegetation composition. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 8, p. 1716-1724, 2009.

BARUCH, Z.; LUDLOW, M. M.; DAVIS, R. PHOTOSYNTHETIC RESPONSES OF NATIVE AND INTRODUCED C-4 GRASSES FROM VENEZUELAN SAVANNAS. **Oecologia**, v. 67, n. 3, p. 388-393, 1985.

BARBOSA, A.R., YAMAMOTO, K., VALIO, I.F.M. Effect of light and temperature on germination and early growth of *Vochysia tucanorum* Mart., Vochysiaceae, in cerrado and forest soil under different radiation levels. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, p. 275-280, 1999.

BELSKY, A. J.; MWONGA, S. M.; AMUNDSON, R. C.; DUXBURY, J. M. ; ALI, A. R. Comparative effects of isolated trees on their under canopy environments in high-rainfall and low-rainfall savannas. **Journal of Applied Ecology**, v. 30, n. 1, p. 143-155, 1993.

BELTRAME, T.P., RODRIGUES, E. Feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração de florestas tropicais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, p. 19-28, 2007.

BRAUWERS, L. R. *et al.* Effect of substrates and phosphorous fertilization on the paratudo (*Tabebuia caraiba* (Mart.) Bur.) and Sucupira preta (*Bowdichia virgilioides* HBK) seedlings development. In: MING, L. C.; CRAKER, L. E., *et al* (Ed.). **Proceedings of the First Latin-American Symposium on the Production of Medicinal, Aromatic and Condiments Plants**, 2002. p.161-165.

BUCCI, S.J., SCHOLZ, F.G., GOLDSTEIN, G., MEINZER, F.C., FRANCO, A.C., CAMPANELLO, P.I., VILLALOBOS-VEGA, R., BUSTAMANTE, M., MIRALLES-WILHELM, F. Nutrient availability constrains the hydraulic architecture and water relations of savannah trees. **Plant Cell and Environment**, v. 29, n. 12, p. 2153-2167, 2006.

BULLARD, S., HODGES, J.D., JOHNSON, R.L., STRAKA, T.J. Economics of direct seeding and planting for establishing Oak stands on old-field sites in the south. **Southern Journal of Applied Forestry**, v.16, p. 34-40, 1992.

BUSTAMANTE, M. M. C. *et al.* Effects of nutrient additions on plant biomass and diversity of the herbaceous-subshrub layer of a Brazilian savanna (Cerrado). **Plant Ecology**, v. 213, n. 5, p. 795-808, 2012.

CALVO, G.; GÓMEZ, M. Economía de sistemas agroforestales: aplicaciones prácticas Del análisis económico financiero em sistemas agroforestales. **Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza**, 2000.

CAMARGO, J. L. C.; FERRAZ, I. D. K.; IMAKAWA, A. M. Rehabilitation of degraded areas of central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration Ecology**, v. 10, n. 4, p. 636-644, 2002.

CAMPOS-FILHO, E.M., DA COSTA, J.N.M.N., DE SOUSA, O.L., JUNQUEIRA, R.G.P. Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 32, p. 702-727, 2013.

CLARK, C. J.; POULSEN, J. R.; LEVEY, D. J. Roles of Seed and Establishment Limitation in Determining Patterns of Afrotropical Tree Recruitment. **Plos One**, v. 8, n. 5, 2013.

CLARKE, P. J.; DORJI, K. Are trade-offs in plant resprouting manifested in community seed banks? **Ecology**, v. 89, n. 7, p. 1850-1858, 2008.

COLE, R.J., HOLL, K.D., KEENE, C.L., ZAHAWI, R.A. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1590-1597, 2011.

CRAMER, M. D.; WAKELING, J. L.; BOND, W. J. Belowground competitive suppression of seedling growth by grass in an African savanna. **Plant Ecology**, v. 213, n. 10, p. 1655-1666, 2012.

DANTONIO, C. M.; VITOUSEK, P. M. BIOLOGICAL INVASIONS BY EXOTIC GRASSES, THE GRASS FIRE CYCLE, AND GLOBAL CHANGE. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 23, p. 63-87, 1992.

DAVIDE, A. C., FERREIRA, R. A., FARIA, J. M. R., BOTELHO, S. A. Restauração De Matas Ciliares. **Informe Agropecuário**, v. 21, p. 65-74, 2000.

DE SOUZA, N.H., MARCHETTI, M.E., CARNEVALI, T.D.O., RAMOS, D.D., QUINTAO SCALON, S.D.P., DA SILVA, E.F. Nutrition Study of Canafistula (I): Initial Growth and Seedlings Quality of *Peltophorum Dubium* in Response to Fertilization with Nitrogen and Phosphorus. **Revista Arvore**, v. 37, n. 4, p. 717-724, 2013.

DOSTALEK, J., WEBER, M., MATULA, S., FRANTIK, T. Forest stand restoration in the agricultural landscape: The effect of different methods of planting establishment. **Ecological Engineering**, v. 29, n. 1, p. 77-86, 2007.

- DOUST, S. J.; ERSKINE, P. D.; LAMB, D. Direct seeding to restore rainforest species: Microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 234, n. 1-3, p. 333-343, 2006.
- DOUST, S. J.; ERSKINE, P. D.; LAMB, D. Restoring rainforest species by direct seeding: Tree seedling establishment and growth performance on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 5, p. 1178-1188, 2008.
- DURIGAN, G.; GUERIN, N.; MARTORANO NEVES DA COSTA, J. N. Ecological restoration of Xingu Basin headwaters: motivations, engagement, challenges and perspectives. **Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences**, v. 368, n. 1619, 2013.
- DUTRA, T.R., GRAZZIOTTI, P.H., SANTANA, R.C., MASSAD, M.D. Early development of seedlings of copaiba under different shade levels and substrates. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012.
- ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central Sao Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 152, n. 1-3, p. 169-181, 2001.
- FELFILI, J. M., HILGBERT, L.F., FRANCO, A.C., SILVA, J.C.S., RESENDE, A.B., NOGUEIRA, M.V.P. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, p. 297-301, 1999.
- GOLDSTEIN, G.; BUCCI, S. J.; SCHOLZ, F. G. Why do trees adjust water relations and hydraulic architecture in response to nutrient availability? **Tree Physiology**, v. 33, n. 3, p. 238-240, 2013.
- GOMEZ-APARICIO, L. *et al.* Applying plant facilitation to forest restoration: A meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. **Ecological Applications**, v. 14, n. 4, p. 1128-1138, 2004.
- HIGGINS, S. I.; BOND, W. J.; TROLLOPE, W. S. W. Fire, resprouting and variability: a recipe for grass-tree coexistence in savanna. **Journal of Ecology**, v. 88, n. 2, p. 213-229, 2000.
- HOFFMANN, W. A. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. **Journal of Ecology**, v. 84, n. 3, p. 383-393, 1996.
- HOFFMANN, W. A. Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, n. 3, p. 422-433, 1998.
- HOFFMANN, W. A. Post-establishment seedling success in the Brazilian Cerrado: A comparison of savanna and forest species'. **Biotropica**, v. 32, n. 1, p. 62-69, 2000.

HOFFMANN, W. A.; SOLBRIG, O. T. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. **Forest Ecology and Management**, v. 180, n. 1-3, p. 273-286, 2003.

HOLMGREN, M.; SCHEFFER, M.; HUSTON, M. A. The interplay of facilitation and competition in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p. 1966-1975, 1997.

INMET, 2014. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: Jul 2014

ISERNHAGEN, I. **Uso de semeadura direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas, sudeste do Brasil**. Tese PhD (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2010.

LOPES, A. S. Manejo: aspectos químicos. Pereira, V.P., Ferreira, M.E., Cruz, M.C.P, Solos altamente suscetíveis à erosão. Jaboticabal, UNESP/SBCS, p.79-111, 1994.

LOPES, A. S., GUILHERME, L. R. G. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. Boletim Técnico 5, 62p., 1992.

MACHADO, V.M., SANTOS, J.B., PEREIRA, I.M., LARA, R.O., CABRAL, C.M., AMARAL, C.S. Evaluation of the Seed Bank in a Campestre Cerrado Area under Recovery. **Planta Daninha**, v. 31, p. 303-312, 2013.

MARTINOTTO, F., MARTINOTTO, C., COELHO, M.F.B., AZEVEO, R.A.B., ALBUQUERQUE, M.C.F. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas do Cerrado em consórcio com mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 22-29, 2012.

MCLAREN, K. P.; MCDONALD, M. A. The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. **Forest Ecology and Management**, v. 183, n. 1-3, p. 61-75, 2003.

MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 27, n. 4, p. 1021-1029, 2000.

MUEHLETHALER, U.; KAMM, U. Innovative direct seeding method in the forest. **Aggrarforschung**, v. 16, n. 10, p. 384-389, 2009.

NETO, A. R. **Superação da dormência em sementes de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Loodiges ex Mart.]**. Tese de mestrado. Agronomia (Produção Vegetal). Universidade Federal de Goiás. Campus Jataí. 2010.

OLIVEIRA, A.K.M., PEREZ, S.C.J.G. Initial growth of *Tabebuia Aurea* under three luminous intensities. **Ciência Florestal**, v. 22, p. 263-273, 2012.

PADILLA, F. M.; PUGNAIRE, F. I. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 4, n. 4, p. 196-202, 2006.

PEREIRA LACERDA, K. A. *et al.* EFFECT OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AND PHOSPHATE FERTILIZATION ON INITIAL GROWTH OF SIX ARBOREAL SPECIES OF CERRADO. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 377-386, 2011.

POMPÉIA, S. Recuperação da vegetação da Serra do Mar em áreas afetadas pela poluição atmosférica de Cubatão: uma análise histórica. In: Galvão, A.P.M.; Porfírio-Da-Silva, V. (Ed.). Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso. Colombo: EMBRAPA, CNPF p.119-143, 2005.

REN, H.; YANG, L.; LIU, N. Nurse plant theory and its application in ecological restoration in lower subtropics of China. **Progress in Natural Science**, v. 18, n. 2, p. 137-142, 2008.

RIBEIRO, J.F., WALTER, T.M.B. The major physiognomies in the Brazilian Cerrado region. **Cerrado: Ambiente e Flora**, p.89-166, 1998.

RIGINOS, C. Grass competition suppresses savanna tree growth across multiple demographic stages. **Ecology**, v. 90, n. 2, p. 335-340, 2009.

RODRIGUES, E.R.; CULLEN, L.J.; BELTRAME, T.P.; MOSCOGLIATO, A.V.; DA SILVA, I.C. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para a recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, n. 31, p. 941-948, 2007.

SALAZAR, A., GOLDSTEIN, G., FRANCO, A.C., MIRALLES-WILHELM, F. Timing of seed dispersal and dormancy, rather than persistent soil seed-banks, control seedling recruitment of woody plants in Neotropical savannas. **Seed Science Research**, v. 21, n. 2, p. 103-116, 2011.

SALAZAR, A., GOLDSTEIN, G., FRANCO, A.C., MIRALLES-WILHELM, F. Differential seedling establishment of woody plants along a tree density gradient in Neotropical savannas. **Journal of Ecology**, v. 100, n. 6, p. 1411-1421, 2012a.

SALAZAR, A., GOLDSTEIN, G., FRANCO, A.C., MIRALLES-WILHELM, F. Seed limitation of woody plants in Neotropical savannas. **Plant Ecology**, v. 213, n. 2, p. 273-287, 2012b.

SALGADO, M. A. D. S. *et al.* Crescimento e repartição de biomassa em plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. submetidas a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. 2001.

SALOMÃO, A. N., DAVIDE, A. C., FIRETTI, F., SOSA-SILVA, J. C., CALDAS, L. S., WETZEL, M. M. V. S., TORRES, R. A. A., GONZÁLES, S. Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do Cerrado. Rede de sementes do Cerrado, Brasília, DF, 2003.

SANKARAN, M.; RATNAM, J.; HANAN, N. Woody cover in African savannas: the role of resources, fire and herbivory. **Global Ecology and Biogeography**, v. 17, n. 2, p. 236-245, 2008.

SCOTT, A. J.; MORGAN, J. W. Early life-history stages drive community reassembly in Australian old-fields. **Journal of Vegetation Science**, v. 23, n. 4, p. 721-731, 2012.

SILVA, L. DE C.R., CORRÊA, R.S. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado. **Revista Árvore**, v. 32, p. 731-740, 2008.

SOMARRIBA, E., VALDIVIESO, R., VASQUEZ, W., GALLOWAY, G. Survival, growth, timber productivity and site index of *Cordia alliodora* in forestry and agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 51, n. 2, p. 111-118, 2001.

SOUZA, R.P., VÁLIO, I.F.M. Seed size, seed germination, and seedling survival of Brazilian tropical tree species differing in successional status. **Biotropica**, v.33, p.447-457, 2001.

TRUAX, B.; GAGNON, D. EFFECTS OF STRAW AND BLACK PLASTIC MULCHING ON THE INITIAL GROWTH AND NUTRITION OF BUTTERNUT, WHITE ASH AND BUR OAK. **Forest Ecology and Management**, v. 57, n. 1-4, p. 17-27, 1993.

URIARTE, M., CANHAM, C.D., THOMPSON, J., ZIMMERMAN, J.K., BROKAW, N. Seedling recruitment in a hurricane-driven tropical forest: light limitation, density-dependence and the spatial distribution of parent trees. **Journal of Ecology**, v. 93, n. 2, p. 291-304, 2005.

VIEIRA, D. L. M.; HOLL, K. D.; PENEIREIRO, F. M. Agro-Successional Restoration as a Strategy to Facilitate Tropical Forest Recovery. **Restoration Ecology**, v. 17, n. 4, p. 451-459, 2009.

VIEIRA, F.E.R. **Qualidade fisiológica de sementes de cajueiro, clone ccp-76, em função da forma de colheita e do tempo de armazenamento.** Tese de mestrado. Agronomia: Fitotecnia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2011.

WALLIN, L.; SVENSSON, B. M.; LONN, M. Artificial Dispersal as a Restoration Tool in Meadows: Sowing or Planting? **Restoration Ecology**, v. 17, n. 2, p. 270-279, 2009.

WALTER, B. M. T., SAMPAIO, A. B. A vegetação da Fazenda Sucupira. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1998.

WANG, J., REN, H., YANG, L., LI, D. Factors influencing establishment by direct seeding of indigenous tree species in typical plantations and shrubland in South China. **New Forests**, v. 42, n. 1, p. 19-33, 2011.

WILLOUGHBY, I.; JINKS, R. L. The effect of duration of vegetation management on broadleaved woodland creation by direct seeding. **Forestry**, v. 82, n. 3, p. 343-359, 2009.

Material suplementar

Tabela Suplementar 1: Resultados da ANOVA fatorial para crescimento em altura (cm), diâmetro (mm) e número de folhas das plântulas das espécies testadas sob os efeitos dos tratamentos adubação (química, orgânica e sem adubação) e plantas companheiras (adubação verde, plantas agrícolas e sem companheiras) um ano após implantação do experimento.

	d.f.	Altura (cm)		Diâmetro (mm)		Número de folhas	
		F	<i>p</i>	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
<i>A. macrocarpon</i>							
Bloco	2	0,44	0,646	3,76	0,029	2,01	0,143
Adubação	2	1,02	0,367	1,57	0,217	3,95	0,025
Companheiras	2	0,39	0,677	1,31	0,278	5,54	0,006
Interação	4	2,07	0,097	0,81	0,524	0,22	0,926
<i>A. occidentale</i>							
Bloco	3	2,46	0,068	2,36	0,077	8,52	<0,001
Adubação	2	2,56	0,083	0,39	0,675	1,57	0,214
Companheiras	2	0,27	0,764	2,97	0,057	3,62	0,031
Interação	4	0,46	0,765	1,57	0,189	1,07	0,378
<i>D. alata</i>							
Bloco	3	0,82	0,487	0,84	0,478	0,38	0,770
Adubação	2	1,38	0,258	0,07	0,932	0,94	0,397
Companheiras	2	0,07	0,933	2,04	0,137	0,70	0,499
Interação	4	0,67	0,614	1,19	0,320	1,08	0,371
<i>E. dysenterica</i>							
Bloco	3	0,76	0,521	2,08	0,108	2,77	0,046
Adubação	2	6,20	0,003	0,36	0,701	3,57	0,032
Companheiras	2	6,63	0,002	8,36	<0,001	3,31	0,041
Interação	4	0,81	0,520	0,53	0,714	1,91	0,115
<i>H. stigonocarpa</i>							
Bloco	3	1,12	0,343	2,67	0,052	1,77	0,157
Adubação	2	0,24	0,784	3,32	0,040	0,22	0,799
Companheiras	2	2,22	0,114	4,51	0,013	5,32	0,006
Interação	4	0,48	0,749	2,22	0,073	1,22	0,309
<i>M. pubescens</i>							
Bloco	3	1,63	0,187	0,67	0,573	0,84	0,476
Adubação	2	2,17	0,121	2,16	0,121	2,16	0,121
Companheiras	2	2,18	0,120	12,07	<0,001	12,07	<0,001
Interação	4	0,55	0,697	2,10	0,088	2,10	0,088

Tabela Suplementar 2: Resultados da ANOVA fatorial para crescimento em altura (cm) e número de folhas das plântulas das espécies testadas sob os efeitos dos tratamentos adubação (química, orgânica e sem adubação) e plantas companheiras (adubação verde, plantas agrícolas e sem companheiras), 780 dias após implantação do experimento.

	d.f.	Altura(cm)		Número de folhas	
		F	p	F	P
<i>A. macrocarpon</i>					
Bloco	3	2,26	0,108	0,10	0,906
Adubação	2	0,69	0,501	1,19	0,305
Companheiras	2	1,48	0,231	1,85	0,159
Interação	4	1,00	0,407	1,07	0,373
<i>A. occidentale</i>					
Bloco	3	0,85	0,466	1,00	0,393
Adubação	2	0,43	0,651	0,08	0,923
Companheiras	2	1,94	0,146	2,66	0,072
Interação	4	0,76	0,552	0,65	0,625
<i>D. alata</i>					
Bloco	3	0,96	0,414	0,64	0,588
Adubação	2	1,87	0,158	1,29	0,277
Companheiras	2	0,68	0,507	3,73	0,026
Interação	4	0,66	0,623	3,56	0,008
<i>E. dysenterica</i>					
Bloco	3	4,61	0,003	2,09	0,100
Adubação	2	6,26	0,002	2,33	0,098
Companheiras	2	8,33	0,000	0,29	0,747
Interação	4	0,53	0,712	1,03	0,392
<i>H. stigonocarpa</i>					
Bloc	3	0,21	0,888	6,78	0,000
Fertilizing	2	0,94	0,390	7,09	0,001
Nurses	2	9,60	0,000	8,08	0,000
Interaction	4	0,85	0,493	1,00	0,407
<i>M. pubescens</i>					
Bloco	3	2,16	0,092	9,89	0,000
Adubação	2	4,59	0,011	0,57	0,565
Companheiras	2	5,41	0,005	5,82	0,003
Interação	4	2,04	0,088	1,27	0,282

Tabela Suplementar 3: Resultados da ANOVA fatorial para crescimento radicular (cm) das plantas das espécies testadas sob os efeitos dos tratamentos adubação (química, orgânica e sem adubação) e plantas companheiras (adubação verde, plantas agrícolas e sem companheiras) 135 dias após implantação do experimento.

	d.f.	F	P
<i>A. macrocarpon</i>			
Bloco	2	0,86	0,441
Adubação	2	0,81	0,462
Companheiras	2	5,31	0,018
Interação	4	1,89	0,165

	d.f.	F	P
<i>A. occidentale</i>			
Bloco	2	2,06	0,159
Adubação	2	0,19	0,831
Companheiras	2	0,96	0,405
Interação	4	0,29	0,878
<i>E. dysenterica</i>			
Bloco	2	0,08	0,922
Adubação	2	2,82	0,089
Companheiras	2	0,15	0,860
Interação	4	0,37	0,829
<i>H. stigonocarpa</i>			
Bloco	2	2,27	0,136
Adubação	2	1,78	0,200
Companheiras	2	1,15	0,342
Interação	4	0,61	0,659
<i>M. pubescens</i>			
Bloco	2	2,18	0,147
Adubação	2	0,99	0,393
Companheiras	2	2,31	0,133
Interação	4	0,54	0,708

Tabela Suplementar 4: Resultados da ANOVA fatorial para relação raiz/parte aérea das plantas de cinco espécies testadas sob os efeitos dos tratamentos adubação (química, orgânica e sem adubação) e plantas companheiras (adubação verde, plantas agrícolas e sem companheiras) 135 dias após implantação do experimento.

	d.f.	F	p
<i>A. macrocarpon</i>			
Bloco	2	2,75	0,096
Adubação	2	1,35	0,289
Companheiras	2	0,31	0,740
Interação	4	1,82	0,178
<i>A. occidentale</i>			
Bloco	2	2,43	0,120
Adubação	2	0,09	0,913
Companheiras	2	0,50	0,616
Interação	4	0,39	0,816
<i>E. dysenterica</i>			
Bloco	2	1,03	0,390
Adubação	2	0,21	0,814
Companheiras	2	0,35	0,715
Interação	4	2,37	0,117
<i>H. stigonocarpa</i>			
Bloco	2	0,46	0,640
Adubação	2	0,21	0,814
Companheiras	2	6,61	0,008
Interação	4	0,34	0,849
<i>M. pubescens</i>			
Bloco	2	6,74	0,008
Adubação	2	5,24	0,019
Companheiras	2	10,50	0,001
Interação	4	2,11	0,130

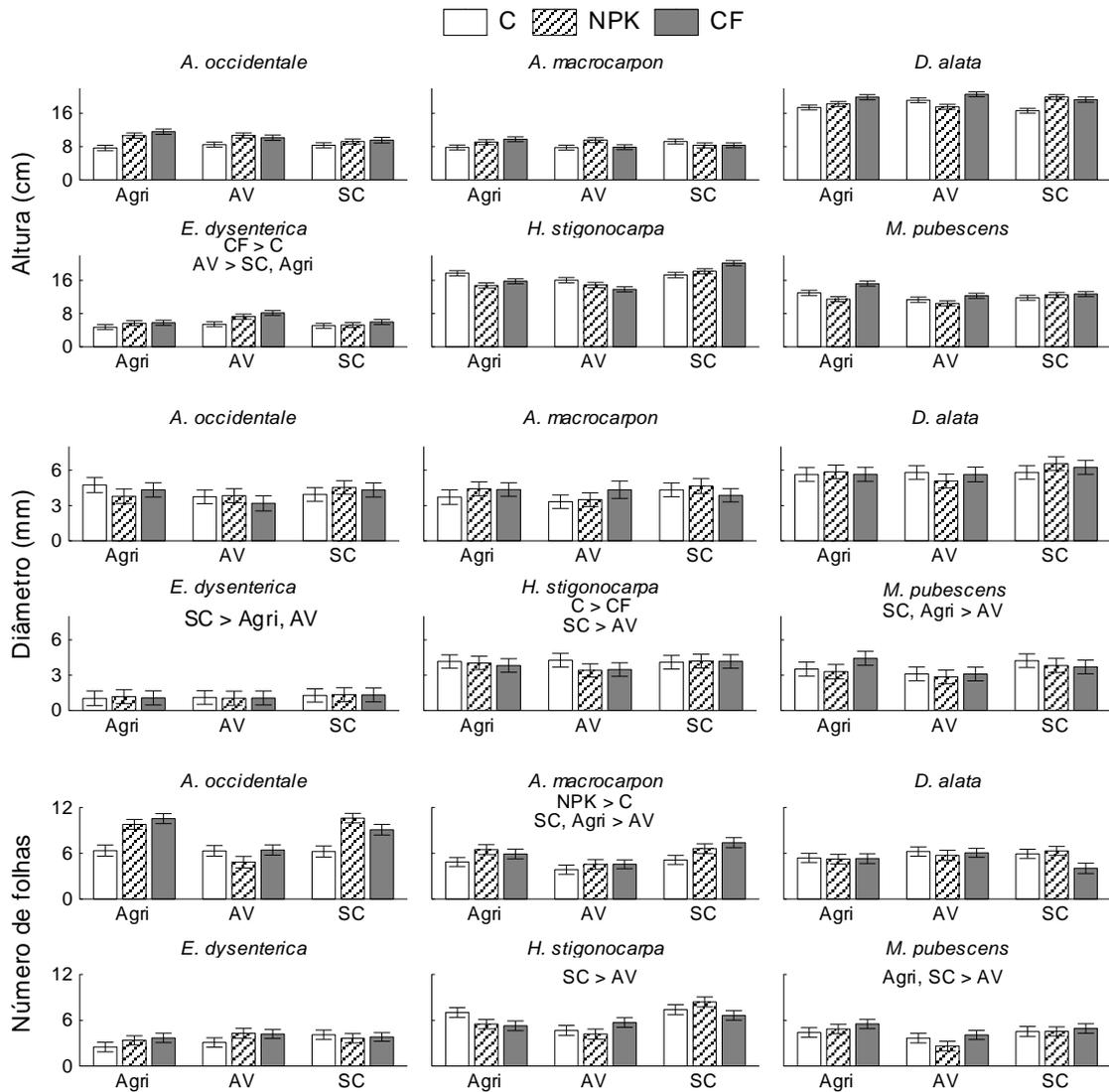


Figura Suplementar 1: Altura, diâmetro e número de folhas de plântulas das espécies nativas um ano após a implantação do experimento. A adubação (sem adubo (C), cama de frango (CF) e adubo químico (NPK)) e plantas companheiras (sem plantas (SC), plantas agrícolas (Agri) e adubação verde (AV)) foram testados. Caixas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizado a ANOVA, seguido pelo teste de Tukey, para cada espécie, e os tratamentos que diferiram significativamente estão descritos no topo dos gráficos.

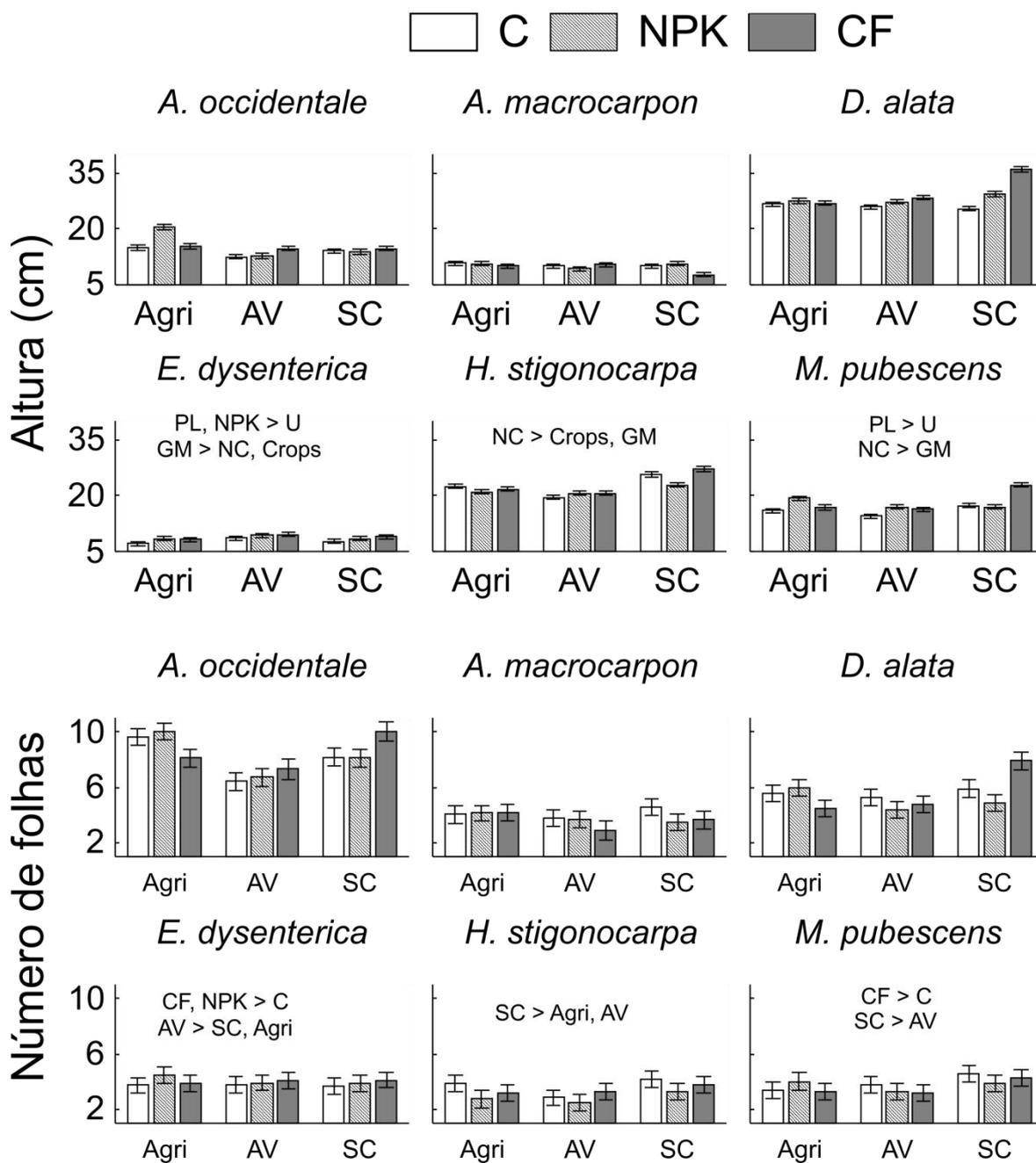


Figura Suplementar 2: Altura e número de folhas de plântulas das espécies nativas 780 dias após a implantação do experimento. A adubação (sem adubo (C), cama de frango (CF) e adubo químico (NPK)) e plantas companheiras (sem plantas (SC), plantas agrícolas (Agri) e adubação verde (AV)) foram testados. Caixas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizado a ANOVA, seguido pelo teste de Tukey, para cada espécie, e os tratamentos que diferiram significativamente estão descritos no topo dos gráficos.

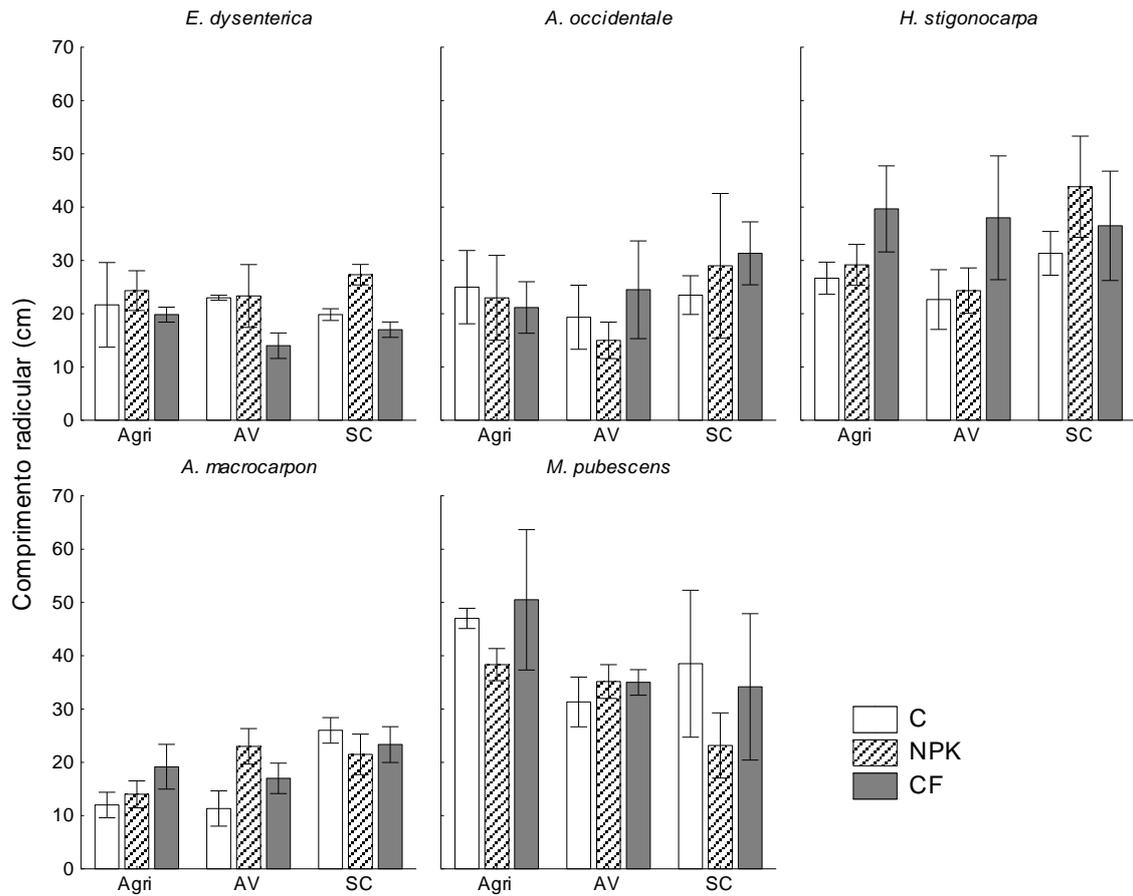


Figura Suplementar 3: Comprimento radicular, em centímetros, de plântulas desenterradas das espécies nativas 135 dias após a implantação do experimento. A adubação (sem adubo (C), cama de frango (CF) e adubo químico (NPK)) e plantas companheiras (sem plantas (SC), plantas agrícolas (Agri) e adubação verde (AV)) foram testados. Caixas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizado a ANOVA.

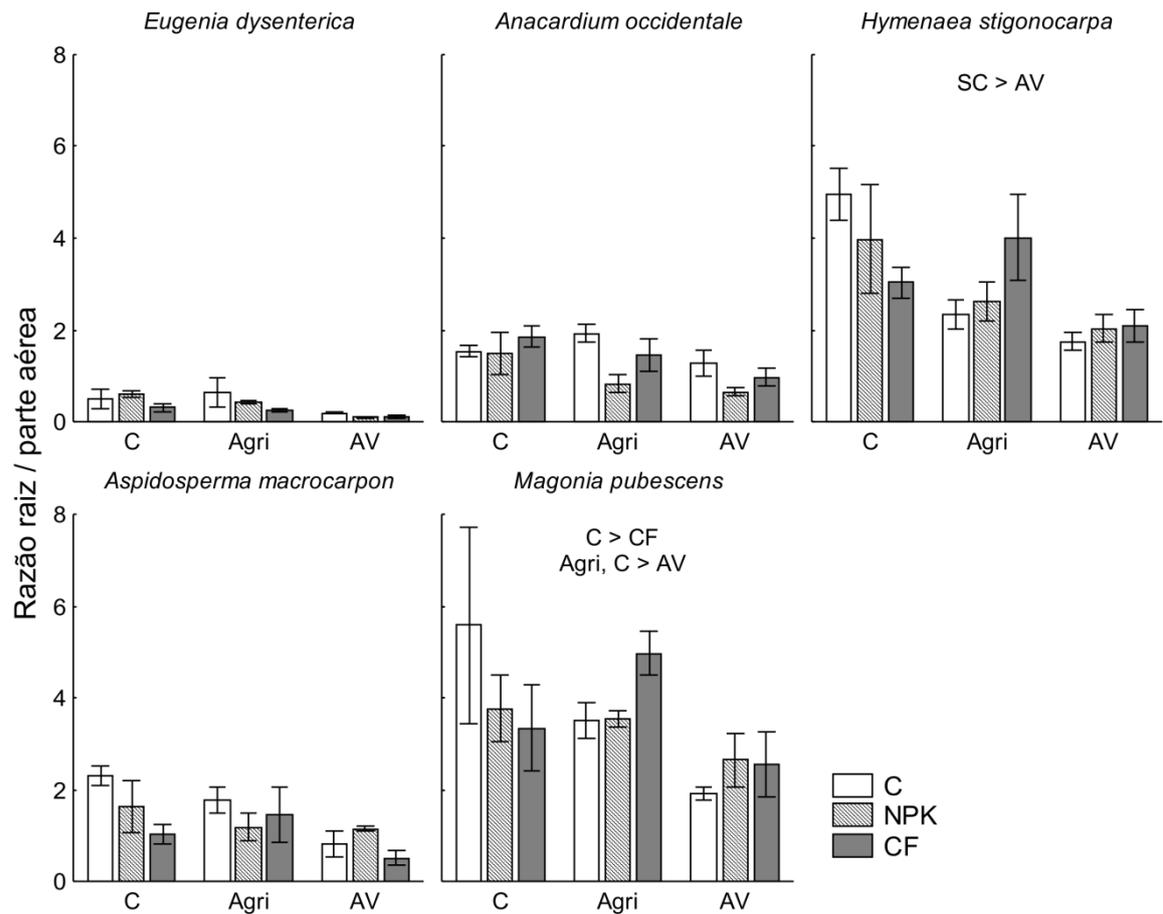


Figura Suplementar 4: Relação raiz/parte aérea de plântulas desenterradas das espécies nativas 135 dias após a implantação do experimento. A adubação (sem adubo (C), cama de frango (CF) e adubo químico (NPK)) e plantas companheiras (sem plantas (SC), plantas agrícolas (Agri) e adubação verde (AV)) foram testados. Caixas mostram média e barras mostram o erro padrão. Foi realizado a ANOVA, para cada espécie, e os tratamentos que diferiram significativamente estão descritos no topo dos gráficos.

IMPLICAÇÕES PARA SEMEADURA DIRETA DE ÁRVORES DO CERRADO

- A semeadura direta de *Anacardium occidentale*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Dipteryx alata*, *Enterolobium gummiferum*, *Eugenia dysenterica* e *Magonia pubescens* é recomendada para a restauração de cerrado, uma vez que a emergência das plântulas e sobrevivência são elevadas. No entanto, as técnicas de plantio direto precisam ser melhoradas para ampliar a gama de espécies de sucesso.
- Semear as sementes achatadas e as volumosas sobre a superfície simplifica a técnica sem prejudicar os resultados de emergência, desde que haja o bom preparo do solo, a ausência de predadores e precipitação regular e frequente.
- A fertilização favorece o crescimento de ervas daninhas e plantas de cobertura, resultando em menor desenvolvimento de plântulas de árvores.
- A utilização de palhada sobre o solo ameniza extremos microclimáticos e inibe plantas espontâneas, melhorando o desempenho das plântulas nativas.
- As culturas anuais podem ser usadas em uma cobertura de até 60% durante as fases iniciais de estabelecimento de plântulas de árvores do cerrado, como uma forma de contribuir para o envolvimento e renda do agricultor. Outras plantas de coberturas maiores devem ser testadas, uma vez que a fotossíntese saturou com 28% de luz.
- O lento crescimento de mudas de árvores do cerrado exige controle prolongado de plantas daninhas. Incluir gramíneas nativas, ervas e arbustos para ocupar o terreno antes de espécies exóticas invasoras, ou plantar espécies agrícolas nas entrelinhas de plantio, podem ser boas práticas para esperar o crescimento das árvores nativas.