

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**Recuperação florestal através de semeadura direta: uso da
superação de dormência e influência do tamanho de sementes
e de gramíneas exóticas no estabelecimento de espécies de
árvores**

SILVIA RAHE PEREIRA

São Carlos, SP
2012

**Recuperação florestal através de semeadura direta: uso da
superação de dormência e influência do tamanho de sementes
e de gramíneas exóticas no estabelecimento de espécies de
árvores**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**Recuperação florestal através de semeadura direta: uso da
superação de dormência e influência do tamanho de sementes
e de gramíneas exóticas no estabelecimento de espécies de
árvores**

Silvia Rahe Pereira
Prof. Dr. Marcel Okamoto Tanaka (Orientador)
Profa. Dra. Andréa Lúcia Teixeira de Souza (Co-orientadora)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências, área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

São Carlos, SP
2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

P436rf

Pereira, Silvia Rahe.

Recuperação florestal através de semeadura direta : uso da superação de dormência e influência do tamanho de sementes e de gramíneas exóticas no estabelecimento de espécies de árvores / Silvia Rahe Pereira. -- São Carlos : UFSCar, 2012.

103 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Ecologia. 2. Ecologia de restauração. 3. Germinação. 4. Plantas - populações. I. Título.

CDD: 574.5 (20^a)

Silvia Rahe Pereira

Recuperação florestal através de semeadura direta: uso da superação de dormência e influência do tamanho de sementes e de gramíneas exóticas no estabelecimento de espécies de árvores

Tese apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovada em 22 de março de 2012

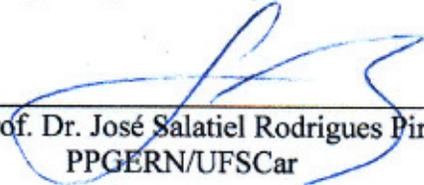
BANCA EXAMINADORA

Presidente



Prof. Dr. Marcel Okamoto Tanaka
(Orientador)

1º Examinador



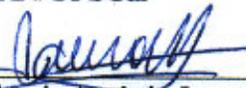
Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires
PPGERN/UFSCar

2º Examinador



Profa. Dra. Maria Inês Salgueiro Lima
PPGERN/UFSCar

3º Examinador



Prof. Dr. Valdemir Antônio Laura
EMBRAPA/Campo Grande-MS

4º Examinador



Profa. Dra. Maria Luiza Franceschi Nicodemo
EMBRAPA/São Carlos-SP

À Clara,
Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

À professora Andréa, minha “orientadora-mãe”, pela dedicação e apoio incondicional em todas as etapas deste trabalho.

Ao Dr. Valdemir Antônio Laura, pela disponibilização de infra-estrutura, acompanhamento e discussões durante a realização do trabalho.

À Dra. Adriana Paula D'agostini Contreiras Rodrigues por compartilhar seus conhecimentos a respeito da fisiologia de sementes.

À equipe formada pelas estagiárias e amigas Carol, Ana Paula, Natália e Mari que foram fundamentais para a execução do trabalho de campo.

Aos técnicos da Embrapa Gado de Corte Paulino, Isaura e José Porfírio pela ajuda indispensável para montagem e manutenção dos experimentos.

Às outras pessoas que ajudaram em momentos específicos durante as coletas: Alex Melotto, Darlan, Cris, Dreice, Marcondes, Carla, Gudryan, Cris, Wesley e Maiara.

Aos professores Dr. Luciano Elsinio Lopes, Dra. Maria Inês Salgueiro Lima e Dra. Sonia Cristina J. G. de Andrade Perez pela contribuição crítica no artigo de qualificação desta tese.

Aos meus queridos pais Maria Augusta e Fausto, meus grandes incentivadores.

Ao Marcelo, pela parceria de sempre, fundamental para conquista desta etapa.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pelo suporte financeiro pra realização do projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida.

Ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais e seus docentes pela formação oferecida durante o curso de disciplinas.

À Embrapa Gado de Corte pela estrutura fornecida para a realização dos experimentos.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6
CAPÍTULO 1 SEMEADURA DIRETA DE FABÁCEAS ARBÓREAS EM UMA PASTAGEM TROPICAL: A SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE SEMENTES COMO ESTRATÉGIA PARA RECUPERAÇÃO FLORESTAL	11
RESUMO.....	12
INTRODUÇÃO	13
MATERIAL E MÉTODOS	16
RESULTADOS.....	20
DISCUSSÃO	21
CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
TABELAS	34
LEGENDAS DAS FIGURAS.....	37
FIGURAS	38
CAPÍTULO 2 ESTABELECIMENTO DE ESPÉCIES DE ÁRVORES EM UMA PASTAGEM TROPICAL: INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE SEMENTES E MANEJO DE GRAMÍNEAS	40
RESUMO.....	41
INTRODUÇÃO	42
MATERIAL E MÉTODOS	44
RESULTADOS.....	48
DISCUSSÃO	49
CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
TABELAS	61
LEGENDAS DAS FIGURAS.....	64
FIGURAS	65
CAPÍTULO 3 EFEITO DA COMPETIÇÃO COM GRAMÍNEAS EXÓTICAS NO CRESCIMENTO DE ESPÉCIES DE ÁRVORES EM UMA PASTAGEM TROPICAL .	68
RESUMO.....	69
INTRODUÇÃO	70
MATERIAL E MÉTODOS	72
RESULTADOS.....	76

DISCUSSÃO	78
CONCLUSÃO	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
TABELAS	87
LEGENDAS DAS FIGURAS	89
FIGURAS	90
CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
FOTOS	98

Introdução geral

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, sendo a sua maior porção localizada em uma grande área do Brasil Central. Por fazer fronteira com outros importantes biomas (a Amazônia ao norte, a Caatinga a nordeste, o Pantanal a sudoeste e a Mata Atlântica a sudeste), sua fauna e flora são extremamente ricas. No entanto, o Cerrado é um dos ambientes mais ameaçados do mundo, apesar do seu tamanho e importância. Essa situação faz com que a região seja considerada um “Hotspot” de biodiversidade e desperta especial atenção para a conservação dos seus recursos naturais (Machado *et al.* 2004).

A perda de áreas naturais do Cerrado brasileiro foi em parte motivada pela implantação de pastagens para a criação de gado de corte, que ocupam atualmente aproximadamente 60% do bioma (Dias 1994, WWF-Brasil 2008). No entanto, em muitos casos, esta ocupação do Cerrado pela pecuária foi realizada com emprego de baixa tecnologia, o que resultou na degradação do ambiente e abandono de extensas áreas. Por isso, recentemente, tem-se aumentado a necessidade de recuperar essas áreas de pastagem para obter-se um mínimo de produtividade e conservação da diversidade de espécies.

A recuperação florestal de pastagens abandonadas é limitada primariamente pela baixa dispersão de sementes de espécies nativas para estes locais, altas taxas de predação pós-dispersão e pela distribuição de microsítios desfavoráveis que afetam a germinação devido ao estresse hídrico e de temperatura (Clark *et al.* 1999, Holl 1999; Aide 2000; Wijdeven & Kuzee 2000, Hooper *et al.* 2005; Peterson & Carson 2008). Após a germinação, a sobrevivência e crescimento de plântulas de árvores nativas podem ser fortemente influenciados pelo estresse hídrico, altas taxas de herbivoria, compactação e falta de nutrientes no solo e pela competição com gramíneas (Holl *et al.* 2000, Sweeney *et al.* 2002 Doust *et al.* 2006). Esses fatores juntamente com alguns

componentes da história de vida das plantas, como tamanho de sementes e a fenologia da germinação, podem influenciar os padrões de recrutamento e estabelecimento das espécies de árvores nestas áreas (Peterson & Carson 2008; Sovu et al. 2010).

Os fatores que limitam a germinação de sementes nas áreas de pastagens e que, conseqüentemente, dificultam a regeneração natural destes ambientes, são normalmente superados pelo plantio de mudas em projetos de recuperação (Florentine & Westbrooke 2004, Doust et al. 2008, Bruel et al. 2010, García-Orth & Martínéz-Ramos 2011, Cole et al. 2011). No entanto, estudos recentes têm mostrado a eficácia da utilização da técnica de semeadura direta, uma técnica de menor custo financeiro e de mais fácil operacionalização, para a recuperação e enriquecimento de áreas florestais degradadas (Camargo et al. 2002, Woods & Elliott 2004, Dodd & Power 2007, Cole et al. 2011, Bonilla-Moheno & Holl 2010, Sovu et al. 2010). Segundo Mattei & Rosenthal 2002 existem poucos exemplos de implantação de florestas por semeadura direta na América Latina e Florentine & Westbrooke (2004), em sua revisão, ressaltam a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que examinem a eficiência da semeadura direta em áreas de pastagens abandonadas.

Steven (1991) sugeriu que o sucesso da semeadura direta depende da escolha das espécies, condições de solo, preparação do local e dos tratamentos utilizados para a germinação das sementes. No entanto, os estudos existentes que avaliam a biologia de sementes de espécies nativas são, em sua maioria, conduzidos em condições de laboratório, enquanto que as informações na literatura envolvendo resultados do uso da semeadura em campo são muito escassas (Vieira & Scariot 2004, Engel & Parrotta 2001, Douglas et al. 2007). A redução do tempo de emergência de plântulas no campo, através do uso de métodos de superação de dormência de sementes, pode aumentar a velocidade da taxa de recobrimento do solo, necessário tanto em projetos de

recuperação florestal via semeadura direta como em plantio de mudas (Ferreira et al. 2007, Wagner et al. 2011). Contudo, embora alguns estudos que avaliam o uso da semeadura direta já tenham utilizado a superação de dormência no campo para reduzir o tempo de emergência ou aumentar as taxas de emergência de espécies de árvores (Bonilla-Moheno & Holl 2010, Camargo et al. 2002, Dous et al. 2008), estes não avaliaram as possíveis consequências deste procedimento na sobrevivência das plantas jovens após a germinação.

Vários estudos experimentais têm demonstrado que a presença de gramíneas pode inibir o crescimento e a sobrevivência de plântulas de espécies de árvores pela competição, e esta interação pode representar uma limitação importante no estabelecimento de espécies de árvores em áreas de pastagens (Nepstad et al. 1996; Holl et al. 2000; Hooper et al. 2002; Rey Benayas et al. 2003; Peterson & Carson 2008; Griscom et al. 2009; García-Orth & Martínéz-Ramos 2011). Contudo, a questão se a competição com gramíneas é mais intensa entre as partes aéreas, envolvendo disponibilidade de luz, ou entre as raízes das plantas, envolvendo água ou nutrientes de solo, permanece pouco estudada.

O esclarecimento da importância relativa de cada recurso no estabelecimento das espécies arbóreas é de grande importância para o planejamento de um projeto de recuperação florestal. Por exemplo, Holl (1998) mostrou que a competição entre a espécie arbórea *Calophyllum brasiliense* e as gramíneas exóticas *Axonopus scoparius* e *Melinis minutiflora* ocorreu principalmente por luz sugerindo que os projetos de recuperação deveriam reduzir a biomassa aérea das gramíneas para obter maiores taxas de crescimento de plântulas desta espécie arbórea. No entanto, a influência da competição com gramíneas parece variar entre as diferentes espécies de árvores, e pode estar relacionada aos parâmetros da história de vida.

Diversos autores sugeriram que o sucesso do estabelecimento pode ser influenciado pelo tamanho de sementes das espécies de árvores utilizadas (Camargo et al. 2002, Hooper et al 2002, Stammel et al. 2006, Doust et al. 2008, Peterson & Carson 2008, Sovu et al. 2010), uma vez que sementes maiores têm maior probabilidade de sobrevivência sob condições estressantes, tais como competição, seca, sombreamento e herbívoros, do que sementes menores (Leishman et al. 2001; Westoby et al. 2002; Moles & Westoby 2004; Gómez 2004). Segundo Doust et al. (2006), avaliações da semeadura direta de espécies de árvores em áreas degradadas, no entanto, concentraram-se na utilização de espécies pioneiras, caracterizadas pelo pequeno tamanho das sementes, já que as mesmas são naturalmente mais dispersas para áreas degradadas do que espécies de sementes grandes. Estes autores questionam, no entanto, se a escassez de espécies de sementes grandes (características de estágios sucessionais tardios) nestes ambientes seria somente o resultado da limitação da dispersão ou da sua incapacidade de estabelecimento devido a barreiras pós-dispersão, como por exemplo, a ausência de micro-sítios favoráveis para a germinação e desenvolvimento inicial dos indivíduos.

Este estudo avaliou a emergência e o estabelecimento de sete espécies arbóreas de fabáceas com diferentes tamanhos de sementes em uma área de uma pastagem abandonada, através de experimentos que quantificaram o efeito da superação de dormência no recrutamento destas espécies e descreveram os resultados da competição interespecífica com gramíneas exóticas na sobrevivência e no crescimento de plantas jovens.

Referências Bibliográficas

- Aide, T. W. 2000. Clues for tropical forest restoration. *Restoration Ecology* **8**:327
- Bonilla-Moheno, M., and K. D. Holl 2010. Direct Seeding to Restore Tropical Mature-Forest Species in Areas of Slash-and-Burn Agriculture. *Restoration Ecology* **18**:438-445.
- Bruel, B. O., M. C. M. Marques, and R. M. Britez. 2010. Survival and Growth of Tree Species under Two Direct Seedling Planting Systems. *Restoration Ecology* **18**:414-417.
- Camargo, J. L. C., I. D. K. Ferraz, and A. M. Imakawa. 2002. Rehabilitation of degraded areas of Central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. *Restoration Ecology* **10**:636-644.
- Clark, J. S., B. Beckage, P. Camill, B. Cleveland, J. HilleRisLambers, J. Lichter, J. McLachlan, J. Mohan, and P. Wyckoff. 1999. Interpreting recruitment limitation in forests. *American Journal of Botany* **86**:1-16.
- Cole, R. J., K. D. Holl, C. L. Keene, and R. A. Zahawi. 2011. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. *Forest Ecology and Management* **261**:1590-1597.
- Dias, B. F. S. 1994. A conservação da natureza. Páginas 607-663 in M. N. Pinto, organizadores. *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. 2a edição, Editora Universidade de Brasília, Brasília-DF.
- Dodd, M. B., and I. L. Power. 2007. Direct seeding of indigenous tree and shrub species into New Zealand hill country pasture. *Ecological Management & Restoration* **8**:49-55.

- Douglas, G. B., M. B. Dodd, and I. L. Power. 2007. Potential of direct seeding for establishing native plants into pastoral land in New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology* **31**:143-153.
- Doust, S. J., P. D. Erskine, and D. Lamb. 2006. 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* **234**:333-343.
- Doust, S. J., P. D. Erskine, and D. Lamb. 2008. 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* **256**:1178-1188.
- Engel, V. L., and J. A. Parrotta. 2001. An evaluation of direct seeding for restoration of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. *Forest Ecology and Management* **152**:169-181.
- Ferreira, R. A., A. C. Davide, E. Bearzoti, M. S. Motta. 2007. Semeadura direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. *Cerne* **13**:271-279.
- Florentine, S. K., and M. E. Westbrooke. 2004. Restoration on abandoned tropical pasturelands – do we know enough? *Journal of Nature Conservation* **12**:85-94.
- García-Orth, X., and M. Martínez-Ramos. 2011. Isolated Trees and Grass Removal Improve Performance of Transplanted *Trema micrantha* (L.) Blume (Ulmaceae) Saplings in Tropical Pastures. *Restoration Ecology* **19**:24-34.
- Gómez, J. M. 2004. Bigger is not always better: conflicting selective pressures on seed Size in *Quercus ilex*. *Evolution* **58**:71-80.

- Griscom, H. P., B. W. Griscom, and M. S. Ashton. 2009. Forest Regeneration from Pasture in the Dry Tropics of Panama: Effects of Cattle, Exotic Grass, and Forested Riparia. *Restoration Ecology* **17**: 17-126.
- Holl, K. D. 1998. Effects of above- and below-ground competition of shrubs and grass on *Calophyllum brasiliense* (Camb.) seedling growth in abandoned tropical pasture. *Forest Ecology and Management* **109**:187-195.
- Holl K. D. 1999. Factors limiting tropical moist forest regeneration in agricultural land: soil, microclimate, vegetation and seed rain. *Biotropica* **31**:229-242.
- Holl, K. D., M. E. Loik, E. H. V. Lin, and I. A. Samuels. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* **8**: 339-349.
- Hooper, E., R. Condit, and P. Legendre. 2002. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications*, **12**:1626-1641.
- Hooper, E., P. L., and R. Condit. 2005. Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. *Journal of Applied Ecology* **42**:1165-1174.
- Leishman, M. R., I. J. Wright, A. T. Moles, and M. Westoby. 2001. The evolutionary ecology of seed size. Pages 31-57 in M. Fenner, editor. *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. CAB International, Wallingford, U.K.
- Machado, R.B., M.B. Ramos Neto, P.G.P. Pereira, E.F. Caldas, D.A. Gonçalves, N.S. Santos, K. Tabor, and M. Steininger. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.conservation.org.br/arquivos/RelatDesmatamCerrado.pdf> >. Acesso em 02.02.2009.

- Mattei, V. L., and M. D. Rosenthal. 2002. Direct seeding of canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) to regenerate shrubs. *Revista Árvore* **26**: 649-654.
- Moles, A. T., and M. Westoby. 2004. Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. *Journal of Ecology* **92**:372-383.
- Nepstad, D. C., C. Uhl, C.A. Pereira, and J. M. Cardoso da Silva. 1996. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. *Oikos* **76**:25-39.
- Peterson, C. J., and W. P. Carson. 2008. Processes constraining woody species succession on abandoned pastures in the tropics: on the relevance of temperate models of succession. Pages 367-383 in: P. W. P. Carson, and S. A. Schnitzer. *Tropical forest community ecology*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Rey Benayas, J. M., T. Espigares, and P. Castro-Díez. 2003. Simulated effects of herb competition on planted *Quercus faginea* seedlings in Mediterranean abandoned cropland. *Applied Vegetation Science* **6**:213-222.
- Sovu, P. S., M. Tigabu, and P. C. Odén. 2010. Restoration of Former Grazing Lands in the Highlands of Laos Using Direct Seeding of Four Native Tree Species. *Mountain Research and Development* **30**:232-243.
- Stammel, B., K. Kiehl, and J. Pfadenhauer. 2006. Effects of experimental and real land use on seedling recruitment of six fen species. *Basic and Applied Ecology* **7**:334-346.
- Steven, D. D. 1991. Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field sucesion: seedling emergence. *Ecology* **72**:1066-1075.
- Sweeney, B. W., S. J. Czapka, and T. Yerkes. 2002. Riparian forest restoration: Increasing success by reducing plant competition and herbivory. *Restoration Ecology* **10**:392-400.

- Vieira, D. L. M. and A. Scariot. 2006. Principles of Natural Regeneration of Tropical Dry Forests for Restoration. *Restoration Ecology* **14**:11–20.
- Wagner, M., R. F. Pywell, T. Knopp, J. M. Bullock, and M. S. Heard. 2011. The germination niches of grassland species targeted for restoration: effects of seed pre-treatments. *Seed Science Research* **21**:117-131.
- Westoby, M., D. S. Falster, A. T. Moles, P. A. Vesk, and I. J. Wright. 2002. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics* **33**:125-159.
- Wijdeven, S. M. J., and M. E. Kuzee. 2000. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. *Restoration Ecology* 8:414-424.
- Woods, K., and S. Elliott. 2004. Direct seeding for forest restoration on abandoned agricultural land in northern Thailand. *Journal of Tropical Forest Science* **16**:248-259.
- WWF-Brasil. 2008. Ameaças ao Cerrado. Disponível em <http://www.wwf.org.br/informações/questões_ambientais/biomas/bioma_cerrado/bioma_cerrado_ameacas/>. Acesso em 02.02.2009.

Capítulo 1

**Semeadura direta de fabáceas arbóreas em uma pastagem tropical: a
superação da dormência de sementes como estratégia para
recuperação florestal**

Resumo

O sucesso da utilização da semeadura direta para a recuperação de áreas degradadas depende, entre outros fatores, da escolha das espécies tolerantes a este tipo de ambiente. As fabáceas são bastante utilizadas em projetos de recuperação florestal de áreas de pastagens abandonadas, mas grande parte das espécies apresenta sementes dormentes. Para que haja uma rápida taxa de recobrimento de solo é necessária que a dormência seja superada. Contudo, esse procedimento poderia resultar em uma redução do número de indivíduos sobreviventes, uma vez que a dormência garantiria que a germinação ocorresse somente quando as condições para o estabelecimento de plântulas fossem adequadas. Este estudo avaliou, através de um experimento fatorial (6×2) em blocos (sítios) conduzido por dois anos, se a superação da dormência poderia ser eficiente para reduzir tempo de emergência e influenciar o recrutamento de seis espécies de fabáceas arbóreas reintroduzidas numa área de pasto na região de Cerrado. A área experimental da Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS era dominada por *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. As espécies usadas no experimento foram: *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Peltophorum dubium*, *Pterogyne nitens*, *Dimorphandra mollis*, *Copaifera caesalpiniiifolia* e *Hymenaea stigonocarpa*. Em cada sítio foram adicionadas 100 sementes por espécie, sendo metade com superação de dormência e metade sem superação, totalizando 2.400 sementes nos quatro sítios. O tratamento de superação de dormência reduziu o tempo de emergência de todas as espécies avaliadas. Após 94 semanas de experimento, a superação de dormência aumentou o recrutamento de *H. stigonocarpa* e, em *D. mollis*, apresentou um valor marginal com uma forte tendência também a um aumento no recrutamento. Nas demais espécies o procedimento de superação de dormência não influenciou o recrutamento. Este estudo mostrou que o tratamento prévio de superação de dormência de sementes parece ser vantajoso por promover um maior controle no tempo de emergência e não influenciar negativamente a sobrevivência de plântulas de todas as espécies avaliadas.

Palavras-chave: recuperação de áreas degradadas, tempo de emergência, recrutamento.

Introdução

Os ecossistemas tropicais têm sido intensamente alterados nas últimas décadas (FAO 1999) e grande parte destas áreas têm sido destinadas à formação de pastagens (Cheung et al. 2010). Muitas destas áreas, contudo, têm sido abandonadas devido à diminuição na produtividade por exaustão do solo ou mudanças na economia local (Holl 1998; Hooper et al. 2002; Florentine & Westbrooke 2004). Após o abandono, áreas intensamente utilizadas por um longo período normalmente não contemplam mais em seu banco de sementes espécies-alvo desejáveis, e a recolonização natural tende a ser lenta ou inviável (Wagner et al. 2011). Por isso uma reintrodução ativa é normalmente necessária (Pywell et al. 2007).

A recuperação florestal de pastagens abandonadas é geralmente realizada com alto investimento financeiro através do plantio de mudas (Franco et al. 1992; Florentine & Westbrooke 2004; Doust et al. 2008; Bruel et al. 2010; Cole et al. 2011; García-Orth & Martínéz-Ramos 2011). No entanto, estudos recentes têm mostrado a eficácia da utilização da técnica de semeadura direta para a recuperação e enriquecimento de áreas florestais degradadas, devido ao seu menor custo financeiro e maior facilidade de operacionalização (Camargo et al. 2002; Woods & Elliott 2004; Dodd & Power 2007; Bonilla-Moheno & Holl 2010; Sovu et al. 2010; Cole et al. 2011).

Um dos fatores importantes para o sucesso da utilização da semeadura direta é a escolha de espécies adequadas ao uso desta técnica em projetos de recuperação florestal (Engel & Parrotta 2001; Camargo et al. 2002; Doust et al. 2008; Sovu et al. 2010). As fabáceas despertam grande interesse, já que em sua grande maioria, são lenhosas, perenes e capazes de fixar nitrogênio da atmosfera (Rhoades et al. 1998; Siddique et al. 2008), além de contribuírem para a recuperação do solo e aumentarem sua atividade biológica, levando à criação de condições mais favoráveis ao estabelecimento de outras

espécies (Franco et al. 1992). Contudo, muitas das sementes de espécies de árvores da família Fabaceae apresentam dormência física (Andrade et al. 1997), com tegumento total ou parcialmente impermeável à água.

A dormência é caracterizada pela ausência de germinação por um período variável de tempo (Baskin & Baskin 2004). Este mecanismo representa uma das principais características de espécies vegetais para aumentar as taxas de sobrevivência e estabelecimento de plantas jovens (McIvor & Howden 2000), pois possibilita que a germinação ocorra apenas quando é mais provável que as condições para o estabelecimento das plântulas sejam mais adequadas (Allen & Meyer 1998; Anderson & Milberg 1998; Jurado e Flores 2005; Finch-Savage & Leubner-Metzger 2006). Assim, as aberturas naturais que permitem a entrada de água nas sementes com dormência física não ocorrem aleatoriamente e o tempo de germinação é frequentemente controlado pelas condições ambientais (Baskin & Baskin 2001).

A evolução da dormência de sementes ocorre através da adaptação das espécies vegetais ao ambiente vigente (Baskin & Baskin 2001; Finch-Savage & Leubner-Metzger 2006), garantindo sua persistência das espécies vegetais em seus habitats naturais (Wagner 2011). Contudo, pouco se sabe sobre o efeito deste mecanismo no sucesso do estabelecimento de espécies quando são submetidas a condições distintas das de seu habitat de origem. Nós questionamos se a dormência garantiria uma maior sobrevivência de plantas em habitats degradados, como ocorre em pastagens abandonadas. Nestes locais as condições às quais as sementes são submetidas são distintas às dos habitats de origem, o que poderia interferir nos sinais ambientais percebidos pelas sementes para superação da dormência e estímulo da germinação, resultando conseqüentemente, na alteração dos padrões de recrutamento das espécies.

A eficiência do uso da semeadura direta, como técnica de recuperação florestal, está baseada na taxa de recobrimento do solo, a qual está diretamente relacionada com o tempo de emergência de plântulas e a sobrevivência das plantas jovens (Ferreira et al. 2007; Wagner et al. 2011). A remoção ou redução de populações de espécies potencialmente competidoras, como gramíneas exóticas, são procedimentos comuns (Pywell et al. 2007). No entanto, esses procedimentos têm efeito normalmente temporário e as espécies competidoras tendem a emergir rapidamente do banco de sementes. Assim, a utilização de tratamentos para superar a dormência de sementes poderia acelerar o processo de emergência e promover o rápido estabelecimento das plântulas de espécies-alvo (Ferreira et al. 2007).

Vários tipos de tratamentos pré-germinativos estão disponíveis para a superação de dormência de sementes e assegurar uma germinação rápida e completa (Khurana & Singh 2001; Wagner et al. 2011). Segundo Wagner et al. (2011), esses procedimentos têm um grande potencial para melhorar o estabelecimento em projetos de restauração ecológica. Embora alguns estudos que avaliam a semeadura direta já tenham utilizado a superação de dormência de uma ou mais espécies (Camargo et al. 2002; Dous et al. 2008; Bonilla-Moheno & Holl 2010), as informações sobre possíveis consequências deste procedimento na sobrevivência das plantas ainda são escassas, especialmente sob condições de campo. Nossa hipótese é de que a redução induzida do tempo de emergência de plântulas, através da superação da dormência das sementes, poderia resultar em uma menor taxa de emergência, de sobrevivência de plântulas e consequentemente de recobrimento da área pelas espécies-alvo. Este estudo avaliou experimentalmente alguns dos possíveis efeitos do uso de tratamentos de superação de dormência de sementes de seis espécies de fabáceas arbóreas na eficiência de recobrimento de uma pastagem tropical, expressa através da taxa de recrutamento de

indivíduos. Especificamente o experimento avaliou se estes tratamentos pré-germinativos: (1) são capazes de reduzir o tempo de emergência sob condições de campo; (2) podem diminuir a porcentagem de emergência e (3) influenciam as taxas de sobrevivência de plantas jovens nos primeiros 21 meses após a semeadura.

Material e Métodos

Área de estudo

Este estudo foi conduzido em uma área experimental de pastagem composta de *Urochloa brizantha* (Hoschst. Ex A. Rich) da Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS (20°25'27''S e 54°41'16''O). A precipitação média anual da região varia entre 1.400 e 1.600mm e o regime de precipitação é tipicamente tropical, com dois períodos distintos: uma estação chuvosa, de outubro a março, e uma estação seca, de abril a setembro. O mês com maior precipitação é geralmente janeiro, com precipitação média entre 150 e 250mm e o mês mais seco é geralmente julho, com precipitação média entre 10 e 40mm. A temperatura média anual varia entre 22 e 25°C, sendo o mês mais quente outubro (temperaturas entre 23 e 27°C) e julho o mais frio (temperaturas entre 17 e 22°C) (Campelo-Júnior et al. 1997). O solo da área é do tipo Latossolo vermelho distrófico. Originalmente a área era ocupada pela formação de Cerrado *sensu stricto*, com vegetação formada por arbustos, arvoretas e um estrato herbáceo dominado por gramíneas. Quinze anos antes da implantação do experimento a vegetação original foi suprimida e foi realizada a implantação da gramínea exótica *U. brizantha*.

Espécies estudadas

O experimento utilizou seis espécies de fabáceas comuns no Cerrado *sensu stricto*, de diferentes usos, tamanhos de sementes e categorias ecológicas (Tabela 1). Cinco delas pertencem à subfamília Caesalpinioideae (*Copaifera langsdorffii* Desf.,

Dimorphandra mollis Benth., *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. e *Pterogyne nitens* Tul.) e uma pertence à subfamília Mimosoideae (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.).

Delineamento experimental

Um experimento fatorial em blocos foi conduzido para avaliar os efeitos do uso de tratamentos de superação de dormência de sementes na semeadura direta de seis diferentes espécies de árvores numa área de pastagem. O fator espécie foi constituído de seis níveis (*M. caesalpiniiifolia*, *P. dubium*, *P. nitens*, *D. mollis*, *C. caesalpiniiifolia* e *H. stigonocarpa*) e o fator superação de dormência de dois (com superação - CS - e sem superação ou controle - SS). A superação de dormência das sementes de *D. mollis* (Salomão et al. 2003) e *H. stigonocarpa* (Pereira et al. 2011), foi realizada através de escarificação mecânica. Sementes de *C. langsdorffii* e *M. caesalpiniiifolia* foram submetidas a escarificação química com H₂SO₄ por cinco (Salomão et al. 2003) e sete minutos (Martins et al. 1992) respectivamente. Punção do tegumento foi usado para *P. nitens* (Nassif & Perez 1997) e imersão em água quente foi usada para *P. dubium* (80°C por um minuto) (Oliveira et al. 2008).

Quatro blocos com todas as combinações de tratamento foram delimitados na área experimental. Dentro de cada bloco foram dispostos 20 conjuntos de cinco sementes de cada espécie em gride, sendo que, 10 conjuntos continham sementes com tratamento prévio de superação de dormência e 10 conjuntos de sementes sem tratamento, totalizando 400 sementes de cada espécie. Os conjuntos com e sem tratamento de superação de dormência foram dispostos em posições alternadas no gride e as sementes foram enterradas para diminuir o efeito de predação (Woods & Elliott 2004; Doust et al. 2006) a uma profundidade de aproximadamente três vezes a sua

espessura (menos dimensão). As áreas em que os blocos foram demarcados receberam manejo prévio de remoção de gramíneas para reduzir o efeito de competição interespecífica. A remoção de gramíneas foi realizada através da aplicação do herbicida glifosato, não sendo realizados controles posteriores.

A semeadura foi realizada em quatro de fevereiro de 2009 e o experimento foi vistoriado quinzenalmente nas primeiras 10 semanas, mensalmente até que fossem completadas 58 semanas e bimestralmente até fossem completadas 94 semanas. O número de sementes emergidas, o tempo de emergência e o recrutamento, expresso pela relação entre o número de indivíduos vivos e o número de sementes semeadas foram consideradas como variáveis respostas. Considerou-se como emergidas as plântulas que apresentaram expansão completa dos eófilos. Todos os indivíduos foram etiquetados para se certificar de que não houve inclusão nas análises de indivíduos originados de sementes de outras fontes.

Um segundo experimento foi realizado em casa de vegetação para a análise da emergência de plântulas das seis espécies em condições controladas. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes com superação de dormência e quatro repetições de 50 sementes sem superação de dormência. As sementes foram semeadas em bandejas de isopor contendo substrato Plantmax®, as quais foram mantidas em casa de vegetação e umedecidas 10 vezes ao dia durante 10 minutos, utilizando-se nebulizadores com vazão de sete litros/hora. O número de sementes emergidas durante 24 meses foi registrado através de contagens semanais durante o primeiro mês do experimento, quinzenais nos três meses subsequentes, mensais até que fosse completado um ano de experimento e bimestrais até o final do experimento. A porcentagem de emergência e tempo emergência (dias) foram consideradas como variáveis respostas.

Análise dos dados

A influência do tratamento de superação de dormência na probabilidade de emergência de indivíduos, tanto no experimento de campo, como no experimento conduzido na casa de vegetação, foi avaliada através da Análise de Regressão Logística (Jaccard 2001). O modelo incluiu a resposta binária (emergência ou não de cada semente individual) como variável resposta e os níveis de tratamentos foram usados como variável explicativa. O nível de tratamento “SS” (Sem superação ou Controle) foi usado como referência. Valores de “Odds ratio” < 1 representam efeito negativo do tratamento “Com superação - CS”. O efeito do tratamento de superação de dormência no tempo de emergência, em ambos os experimentos, foi avaliado através da Análise de Tempo de Evento (Failure-time Analysis), que avaliou diferenças entre as curvas ajustadas para descrever a relação entre o número de eventos de emergência (variável dependente) ao longo do tempo (variável explicativa) de cada nível de tratamento (CS e Controle). A distribuição lognormal, indicada para tempo de emergência foi escolhida baseado no pressuposto de que as sementes das espécies usadas em ambos os experimentos possuem dormência (Fox 2001). As curvas foram então comparadas através da abordagem estatística que compara o tempo previsto para uma taxa de emergência de 50% da população (valores medianos) entre os tratamentos. Esta análise foi conduzida usando LIFEREG procedure (SAS 1990).

A influência da superação de dormência no recrutamento de indivíduos das diferentes espécies ao final do experimento, tanto no experimento de campo como no realizado em casa de vegetação, foi avaliada através de ANOVA de dois fatores: espécie com seis níveis e tratamento de superação de dormência com dois níveis. Os resíduos foram checados graficamente para verificar tendências ao longo da estimativa. Os dados de número de indivíduos ao final do experimento foram transformados em logaritmo

natural para homogeneização das variâncias (Sokal & Rolph 1995). A ANOVA foi conduzida usando o Systat 12.0 (Systat 2002). O nível de significância utilizado em todas as análises foi de $p < 0,05$.

Resultados

O efeito da superação de dormência na probabilidade de emergência de plântulas variou entre espécies em ambos os experimentos, casa de vegetação e campo (Tabela 2). No experimento conduzido na casa de vegetação, a probabilidade de emergência de *P. nitens* e *C. langsdorffii* não diferiu entre os tratamentos, enquanto que para as demais espécies, a superação da dormência de sementes resultou em um aumento na probabilidade de emergência de plântulas (Tabela 2, Fig. 1). *H. stigonocarpa* foi a espécie mais fortemente influenciada pelo tratamento de superação de dormência na casa de vegetação (Tabela 2, Fig. 1f). No experimento de campo, a emergência de plântulas de *C. langsdorffii* foi negativamente afetada pela superação de dormência de sementes, enquanto que para as demais espécies a probabilidade de emergência foi maior quando se utilizou o tratamento para superação de dormência quando comparado ao controle. Neste experimento a espécie mais fortemente influenciada pelo tratamento de superação de dormência foi *M. caesalpiniiifolia* (Tabela 2, Fig. 1a).

O tempo de emergência apresentou um padrão semelhante entre os experimentos em casa de vegetação e de campo (Tabela 3, Figura 1). Para ambos os experimentos, a superação de dormência de sementes resultou em uma redução significativa do tempo de emergência em todas as espécies avaliadas. No experimento realizado em casa de vegetação uma maior diferença de tempo de emergência entre os tratamentos para a superação de dormência foi encontrada para *M. caesalpiniiifolia* enquanto que a espécie *C. langsdorffii* apresentou a menor diferença entre os tratamentos para esta variável

(Tabela 3; Fig. 1a, e; respectivamente). No experimento de campo a maior diferença no tempo de emergência entre os tratamentos foi encontrada para *D. mollis* e a menor, assim como na casa de vegetação, para *C. langsdorffii* (Tabela 3; Fig. 1d,e; respectivamente).

O recrutamento variou entre as espécies ao longo do tempo (Fig. 2). Após quase dois anos (659 dias) de experimento a interação entre tratamento e as espécies foi significativa (ANOVA, $F_{5,33} = 6,0544$; $p < 0,001$). Para *H. stigonocarpa* a superação de dormência aumentou o recrutamento de plantas (ANOVA, $F_{1,6} = 26,3494$; $p = 0,0022$) e *D. mollis* apresentou um valor marginal, com tendência a um aumento no recrutamento (ANOVA, $F_{1,6} = 5,3006$; $p = 0,0609$). Para as demais espécies a superação da dormência não influenciou o recrutamento de plantas (Fig. 2).

Discussão

A emergência de plântulas registrada em casa de vegetação forneceu informações sobre a viabilidade dos lotes de sementes estudados, mas diferiu da emergência registrada em campo. As sementes utilizadas de todas as espécies apresentaram alta viabilidade (variando entre 53 e 94% com superação de dormência, Fig. 1), porém, de maneira geral houve uma redução na porcentagem de emergência no campo de todas as espécies, que variou entre 27 e 58%. Essa redução na emergência de sementes no campo é esperada, contudo, os dados de emergência no campo podem fornecer informações básicas necessárias para o planejamento de projetos de re-introdução de espécies de árvores em ambientes degradados. Os resultados encontrados no presente estudo mostraram que a semeadura no campo deve utilizar um maior número de sementes para que se obtenha o número de plântulas esperado pela viabilidade das sementes e este número pode variar entre espécies. Por exemplo, *P.*

nitens, que obteve a menor diferença entre a emergência da casa de vegetação e do campo, seria necessário apenas um incremento 1,19 vezes o número de sementes para semeadura no campo, enquanto que para *C. langsdorffii*, que obteve o pior desempenho das sementes no campo em relação à casa de vegetação o incremento necessário de sementes no campo seria da ordem de 3,48 vezes.

Considerando apenas a emergência no campo, a superação de dormência de sementes foi eficiente em aumentar a probabilidade de emergência em cinco das seis espécies estudadas, pois apenas *C. langsdorffii* teve a emergência reduzida com a utilização do tratamento pré-germinativo. Estudos existentes que avaliam a biologia de sementes de espécies nativas são, em sua maioria, conduzidos em condições de laboratório, enquanto que dados e informações envolvendo a semeadura em campo ainda são muito raros (Engel & Parrotta 2001; Khurana & Singh 2001; Vieira & Scariot 2004; Douglas et al. 2007). Ferreira et al. (2007) avaliaram o efeito da superação de dormência e do uso de protetor físico no desenvolvimento de quatro espécies de árvores (*Trema micrantha*, *Senna multijuga*, *Senna macranthera* e *Solanum granuloso-leprosum*) como técnicas viáveis de serem usadas em projetos de recuperação de áreas degradadas. Assim como no presente estudo, os autores encontraram resultados distintos para a influência da superação de dormência na emergência de sementes entre o campo e laboratório para três das quatro espécies avaliadas, recomendando o uso deste procedimento para apenas duas das quatro espécies. Por isso, estudos de campo e de longa duração ainda são necessários para a indicação de espécies com potencial para re-introdução através da semeadura direta e a indicação das espécies dentro deste grupo que teriam seu estabelecimento favorecido pela superação da dormência de sementes. Além disso, Khurana & Singh (2001) também sugeriram a necessidade do

desenvolvimento de técnicas de superação de dormência de sementes que não afetassem negativamente o vigor de plântulas após a germinação.

Nós esperávamos que a superação da dormência de sementes reduzisse o tempo de emergência das mesmas. Nós encontramos esta relação para todas as espécies, tanto no experimento em casa de vegetação como no campo. Em áreas com estações seca e chuvosa bem definida, como é o caso do Cerrado (Franco 2005), para o sucesso da sementeira, a emergência deve ocorrer quando a disponibilidade de água no solo já é suficiente para suprir requerimentos básicos de água das plântulas (McIvor & Howden 2000; Khurana & Singh 2001; Vieira & Scariot 2006; Schmidt 2008). Um maior controle do tempo de emergência através da superação da dormência pode diminuir as taxas de mortalidade por dessecação. Além disso, um maior controle do tempo de emergência poderia aumentar o tempo em que as plântulas emergidas teriam na estação de crescimento antes de uma nova estação seca (Woods & Elliott 2004; Schmidt 2008). Um melhor aproveitamento da estação de crescimento poderia levar a um maior desenvolvimento do sistema radicular, permitindo uma maior tolerância à condição de baixa umidade do solo durante a estação seca subsequente (Doust et al. 2008). Este fato poderia favorecer positivamente seu estabelecimento, já que plantas maiores tendem a ter vantagens através do acesso de água em camadas mais profundas do solo (Leishman & Westoby 1994) e ser potencialmente melhores competidoras (Henkin et al. 1998; Woods & Elliott 2004; Schmidt 2008; Larson et al. 2011).

Outros fatores também podem favorecer a sobrevivência de sementes quando se tem um maior controle de emergência. Por exemplo, Dalling et al. (2011) sugeriram que as sementes podem prevenir a infecção letal por fungos e outros patógenos através da diminuição do tempo de emergência. Além disso, a redução no tempo de emergência de plântulas poderia reduzir o tempo de exposição das sementes a predadores vertebrados e

invertebrados (Doust et al 2008), o que consiste em um dos fatores limitantes pós-dispersão para o estabelecimento de espécies de árvores em áreas de pastagens (Holl et al. 2000).

Vieira e Scariot (2006) propuseram que a dessecação de sementes seria a maior barreira para o estabelecimento de espécies de árvores em áreas abertas, e o tratamento para a superação de dormência também poderia ser vantajoso por reduzir o tempo de exposição das sementes às condições de estresse hídrico comum neste tipo de habitat. Woods & Elliott (2004) avaliaram a influência da superação de dormência de sementes através da escarificação, do enterramento e da aplicação de matéria orgânica sobre as mesmas nas taxas de germinação de sementes em áreas degradadas. Seus resultados indicaram que a escarificação das sementes aumentou a porcentagem de emergência no campo e reduziu o tempo de emergência quando estas foram enterradas, assim como no presente estudo. Segundo os autores, melhores resultados da semeadura de sementes escarificadas são obtidos pelo enterramento das mesmas para evitar a dessecação, já que este procedimento bloqueia o contato direto com os raios solares, evitando o aquecimento excessivo das sementes e mantendo um micro-clima mais favorável para a germinação.

O recrutamento de indivíduos após 659 dias variou entre os tratamentos e entre as espécies. O procedimento de superação de dormência resultou num maior recrutamento *H. stigonocarpa* e para *D. mollis* houve uma tendência de aumento (Fig. 2). Estas duas espécies possuem sementes relativamente grandes (maiores que 0,2g). Para as espécies de sementes menores (com massa menor que 0,2g) o recrutamento dos indivíduos não diferiu entre os tratamentos. Como a emergência de plântulas foi mais alta com a aplicação dos tratamentos para superação de dormência das sementes do que no controle em quase todas as espécies com exceção de *C. langsdorfii*, nossos dados

sugerem que a sobrevivência de plântulas pode ter sido mais baixa em espécies de sementes menores.

O estabelecimento de espécies de sementes grandes é favorecido pela maior quantidade de reservas das sementes, o que confere maior capacidade de sobrevivência de plântulas sob condições estressantes como seca, sombreamento, herbívoros e competição com gramíneas (Leishman et al. 2001; Westoby et al. 2002; Moles & Westoby 2004; Gómez 2004, Green & Juniper 2004). Pereira et al. (no prelo) mostraram, através de um experimento com as mesmas espécies utilizadas no presente estudo, que a probabilidade de sobrevivência de plântulas das espécies de sementes menores foi maior quando gramíneas foram totalmente removidas. Nestas condições, espécies de sementes menores apresentaram alta probabilidade de estabelecimento e elevadas taxas de crescimento. Apesar de que no presente estudo a remoção de gramíneas foi feita antes do início da condução do experimento, a recolonização das mesmas foi observada ao longo do experimento. Assim, espécies de sementes menores como, por exemplo, *M. caesalpiniiifolia*, que tiveram sua probabilidade de emergência no campo altamente favorecida pela superação de dormência poderiam ter maior probabilidade de estabelecimento na ausência de competição, o que refletiria num maior número de indivíduos recrutados.

Nossa hipótese inicial propunha que a superação da dormência de sementes resultaria em uma vantagem temporal pela redução do tempo de emergência, mas poderia resultar em uma desvantagem espacial no recobrimento da área semeada aumentando as taxas de mortalidade dos indivíduos. Segundo Wagner et al. (2011), mesmo que a utilização de tratamentos pré-germinativos possa ser acompanhada por um aumento no risco de mortalidade de plântulas, em situações onde haja a necessidade de uma rápida emergência (como quando há a retirada momentânea de plantas

competidoras) este risco pode ser sobre-compensado por um aumento no estabelecimento de plântulas. O presente estudo mostrou que a superação de dormência de sementes não só diminuiu o tempo de emergência como também não influenciou ou aumentou o recrutamento de algumas espécies, sugerindo que este procedimento possa ser vantajoso na recuperação florestal via semeadura direta.

Conclusão

- Este estudo descreveu o efeito da superação de dormência na emergência e no recrutamento de seis espécies de fabáceas, recomendadas para a recuperação de áreas degradadas, introduzidas em uma pastagem através da semeadura direta. Nossos resultados mostraram que não foram detectadas diferenças no recrutamento de plantas em quatro espécies (*M. caesalpinifolia*, *P. dubium*, *P. nitens* e *C. langsdorffii*) e que houve um aumento no recrutamento em duas espécies (*D. mollis* e *H. stigonocarpa*) após 94 semanas de experimento. Isto sugere que mesmo que houvesse um aumento no risco de mortalidade associado ao tratamento de superação de dormência de sementes, este procedimento aumentou o sucesso na introdução destas espécies. Por isso, a superação de dormência foi vantajosa por promover um maior controle no tempo de germinação e não influenciar negativamente a sobrevivência das plântulas de todas as espécies avaliadas.

Referências Bibliográficas

- Allen, P. S., and S. E. Meyer. 1998. Ecological aspects of seed dormancy loss. *Seed Science Research* **8**:183-191.
- Andersson, L., and P. Milberg. 1998. Variation in seed dormancy among mother plants, populations and years of seed collection. *Seed Science Research* **8**:29-38.
- Andrade, A. C. S.; M. B. Loureiro; A. D. O. Souza, F. N. Ramos. 1997. Quebra de dormência em sementes de sucupira-preta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **32**: 465-469.
- Baskin, C.C. & J. M. Baskin. 2001. *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego.
- Baskin, J. M., and C. C. Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* **14**:1-16.
- Bonilla-Moheno, M., and K. D. Holl 2010. Direct Seeding to Restore Tropical Mature-Forest Species in Areas of Slash-and-Burn Agriculture. *Restoration Ecology* **18**:438-445.
- Bruel, B. O., M. C. M. Marques, and R. M. Britez. 2010. Survival and Growth of Tree Species under Two Direct Seedling Planting Systems. *Restoration Ecology* **18**:414-417.
- Camargo, J. L. C., I. D. K. Ferraz, and A. M. Imakawa. 2002. Rehabilitation of degraded areas of Central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. *Restoration Ecology* **10**:636-644.
- Campelo-Júnior, J. H., A. Sandanielo, C. R. Caneppele, and B. M. A. Soriano, 1997. *Climatologia*. Pages 309-349 in *Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – PCBAP Meio Físico*. V.II, Tomo I. Ministério do Meio Ambiente, Programa Nacional do Meio Ambiente, Brasília, D. F., Brasil.

- Carvalho, P. E. R. 2006. Espécies arbóreas brasileiras. Vol. 2. Embrapa Florestas. 627 p.
- Cheung, K. C., D. Liebsch, and M. C. M. Marques. 2010. Forest recovery in newly abandoned pastures in Southern Brazil: implications for the Atlantic Rain Forest resilience. *Natureza & Conservação* **8**:66-70.
- Cole, R. J., K. D. Holl, C. L. Keene, and R. A. Zahawi. 2011. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. *Forest Ecology and Management* **261**:1590-1597.
- Dalling, J. W., A. S. Davis, B. J. Schutte, and A. E. Arnold. 2011. Seed survival in soil: interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. *Journal of Ecology* **99**:89-95.
- Dodd, M. B., and I. L. Power. 2007. Direct seeding of indigenous tree and shrub species into New Zealand hill country pasture. *Ecological Management & Restoration* **8**:49-55.
- Douglas, G. B., M. B. Dodd, and I. L. Power. 2007. Potential of direct seeding for establishing native plants into pastoral land in New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology* **31**:143-153.
- Doust, S. J., P. D. Erskine, and D. Lamb. 2006. 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* **234**:333-343.
- Doust, S. J., P. D. Erskine, and D. Lamb. 2008. 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* **256**:1178-1188.

- Engel, V. L., and J. A. Parrotta. 2001. An evaluation of direct seeding for restoration of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. *Forest Ecology and Management* **152**:169-181.
- FAO. 1999. *State of the World's Forests*. Third edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Ferreira, R. A., A. C. Davide, E. Bearzoti, M. S. Motta. 2007. Semeadura direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. *Cerne* **13**:271-279.
- Finch-Savage, W. E., and G. Leubner-Metzger. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist* **171**:501-523.
- Florentine, S. K., and M. E. Westbrooke. 2004. Restoration on abandoned tropical pasturelands – do we know enough? *Journal of Nature Conservation* **12**:85-94.
- Fox, G. A. 2001. Failure-time analysis: studying times to events and rates at which events occur. Pages 235-266. in: S. M. Scheiner, and J. Gurevitch, editors. *Design and Analysis of Ecological Experiments*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Franco AA, Campello EF, Silva EMR, Faria SM. 1992. Revegetação de solos degradados. Comunicado técnico Embrapa-CNPAB 9: 1-9.
- Franco, A. C. 2005. Biodiversidade de forma e função: implicações ecofisiológicas das estratégias de utilização de água e luz em plantas lenhosas do Cerrado. Pages 179-196 in A. Scariot, J. C. Sousa-Silva, and J. M. Felfili. *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, D.F., Brasil.
- García-Orth, X., and M. Martínez-Ramos. 2011. Isolated Trees and Grass Removal Improve Performance of Transplanted *Trema micrantha* (L.) Blume (Ulmaceae) Saplings in Tropical Pastures. *Restoration Ecology* **19**:24-34.

- Gómez, J. M. 2004. Bigger is not always better: conflicting selective pressures on seed Size in *Quercus ilex*. *Evolution* **58**:71-80.
- Green, P. T., and P. A. Juniper. 2004. Seed–seedling allometry in tropical rain forest trees: seed mass-related patterns of resource allocation and the ‘reserve effect’. *Journal of Ecology* **92**:397-408.
- Henkin, Z., N. G. Seligman, U. Kafkafi, and D. Prinz. 1998. End-of-season soil water depletion in relation to growth of herbaceous vegetation in a sub-humid Mediterranean dwarf-shrub community on two contrasting soils. *Plant and Soil* **202**: 317-326.
- Holl, K. D. 1998. Effects of above- and below-ground competition of shrubs and grass on *Calophyllum brasiliense* (Camb.) seedling growth in abandoned tropical pasture. *Forest Ecology and Management* **109**:187-195.
- Holl, K. D., M. E. Loik, E. H. V. Lin, and I. A. Samuels. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* **8**: 339-349
- Hooper, E., R. Condit, and P. Legendre. 2002. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications*, **12**:1626-1641.
- Jaccard J. 2001. Interaction effects in logistic regression. Sage University Paper, London.
- Jurado, E., and J. Flores. 2005. Is seed dormancy under environmental control or bound to plant traits? *Journal of Vegetation Science* **16**:559-564.
- Khurana, E., and J. S. Singh. 2001. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental Conservation* **28**:39-52.

- Larson, D. L., J. B. Bright, P. Drobney, J. L. Larson, N. Palaia, P. A. Rabie, S. Vacek, D. Wells. 2011. Effects of planting method and seed mix richness on the early stages of tallgrass prairie restoration. *Biological Conservation* **144**:3127-3139.
- Leishman, M. R., and M. Westoby. 1994. The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions – experimental evidence from semi-arid species. *Journal of Ecology* **82**:249-258.
- Leishman, M. R., I. J. Wright, A. T. Moles, and M. Westoby. 2001. The evolutionary ecology of seed size. Pages 31-57 in M. Fenner, editor. *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. CAB International, Wallingford, U.K.
- Martins, R., N. M. Carvalho, and A. P. Oliveira. 1992. Dormancy break in sabia seeds (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). *Revista Brasileira de Sementes* **14**:5-8.
- McIvor, J., and S. M. Howden. 2000. Dormancy and germination characteristics of herbaceous species in the seasonally dry tropics of northern Australia. *Austral Ecology* **25**:213-222.
- Moles, A. T., and M. Westoby. 2004. Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. *Journal of Ecology* **92**:372-383.
- Nassif, S. M. L., and S. C. J. G. A. Perez. 1997. Effects of pre treatment and depth sowing on the germination of *Pterogyne nitens* Tul. (amendoim-do-campo) seeds. *Revista Brasileira de Sementes* **19**:171-178.
- Oliveira, L. M., A. C. Davide, and M. L. M. Carvalho. 2008. Teste de germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert – Fabaceae. *Floresta* **38**:545-551.
- Pereira, S. R., V. A. Laura, and A. L. T. Souza. Establishment of Fabaceae Tree Species in a Tropical Pasture: Influence of Seed Size and Weeding Methods. *Restoration Ecology* (in press).

- Pereira, S. R., G. R. Giraldelli, V. A. Laura, and A. L. T. Souza. 2011. Fruit and seed size and their influence on the germination of *Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne (Leguminosae- Caesalpinoideae). *Revista Brasileira de Sementes* **33**:141-148.
- Pywell, R. F., J. M. Bullock, J. B. Tallowin, K. J. Walker, E. A. Warman, and G. Masters. 2007. Enhancing diversity of species-poor grasslands: an experimental assessment of multiple constraints. *Journal of Applied Ecology* **44**:81-94.
- Rhoades C.C., G. E. Eckert, and D. C. Coleman. 1998. Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: implications for Tropical Montane Restoration. *Restoration Ecology* **6**:262-270.
- Salomão N. A., J. C. Souza-Silva, A. C. Davide, S. Gonzáles, R. A. A. Torres, M. M. V. S. Wetzell, F. Fireli, and L.S.Caldas. 2003. Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do Cerrado. *Rede de Sementes do Cerrado*, Brasília, D.F., Brasil.
- SAS/STAT. 1990. SAS user's guide. Cary: SAS Institute.
- Schmidt, L. 2008. A review of direct sowing versus planting in tropical afforestation and land rehabilitation. *Development and Environment Series 10-2008*. Forest & Landscape Denmark.
- Siddique, I., V. L. Engel, J. A. Parrotta, D. Lamb, G. B. Nardoto, J. P. H. B. Ometto, L. A. Martinelli, and S Schmidt. 2008. Dominance of legume trees alters nutrient relations in mixed species forest restoration plantings within seven years. *Biogeochemistry* **88**:89-101.
- Sokal, R. R., and F. J. Rohlf. 1995. *Biometry*. Freeman, New York.

- Sovu, P. S., M. Tigabu, and P. C. Odén. 2010. Restoration of Former Grazing Lands in the Highlands of Laos Using Direct Seeding of Four Native Tree Species. *Mountain Research and Development* **30**:232-243.
- Systat. 2002. Systat for Windows, Version 10.2. Systat Software Inc., Richmond, California. Tangen, B. A., M. G. Bu.
- Vieira, D. L. M. and A. Scariot. 2006. Principles of Natural Regeneration of Tropical Dry Forests for Restoration. *Restoration Ecology* **14**:11–20.
- Wagner, M., R. F. Pywell, T. Knopp, J. M. Bullock, and M. S. Heard. 2011. The germination niches of grassland species targeted for restoration: effects of seed pre-treatments. *Seed Science Research* **21**:117-131.
- Westoby, M., D. S. Falster, A. T. Moles, P. A. Vesk, and I. J. Wright. 2002. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics* **33**:125-159.
- Woods, K., and S. Elliott. 2004. Direct seeding for forest restoration on abandoned agricultural land in northern Thailand. *Journal of Tropical Forest Science* **16**:248-259.

Tabela 1. Características ecológicas e usos de seis espécies nativas do Cerrado.

Espécie	Estágio sucessional	Massa da Semente	Usos
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	Pioneira	0,03g	Alimentação animal, apícola, energia, celulose e papel, madeira serrada e roliça, medicinal, paisagístico, plantios em restauração ambiental
<i>Peltophorum dubium</i>	Secundária	0,05g	Paisagístico, matéria tintorial, saponinas, alcalóides, cumarinas, substâncias tanantes, plantios em restauração ambiental, madeira serrada e roliça e energia
<i>Pterogyne nitens</i>	Secundária	0,11g	Madeira para móveis finos, plantios em restauração ambiental, ornamental
<i>Dimorphandra mollis</i>	Pioneira	0,24g	Paisagístico, medicinal e a madeira usada para lenha e carvão
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Clímax	0,48g	Paisagístico, madeira para construção civil e móveis, medicinal, plantios em restauração ambiental
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Clímax	3,42g	Resina, medicinal, farinha usada para alimentação, madeira muito dura e resistente

Tabela 2. Resultado das Análises de Regressão Logística avaliando a influência do tratamento de superação de dormência na probabilidade de emergência de plântulas em casa de vegetação e no campo. O nível de tratamento “SS” (Sem superação ou Controle) foi usado como referência.

Espécie	Casa de vegetação		Campo	
	Odds Ratio ± EP	Modelo Geral χ^2	Odds Ratio ± EP	Modelo Geral χ^2
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	11,074 ± 2,926	105,704***	8,483 ± 2,113	88,632***
<i>Peltophorum dubium</i>	1,701 ± 0,361	6,353*	1,749 ± 0,358	7,520**
<i>Pterogyne nitens</i>	1,272 ± 0,255	1,441NS	2,236 ± 0,481	14,363***
<i>Dimorphandra mollis</i>	9,692 ± 2,372	103,707***	2,889 ± 0,683	21,345***
<i>Copaifera langsdorffii</i>	1,741 ± 0,661	2,195NS	0,532 ± 0,114	8,781**
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	56,435 ± 17,529	265,001***	5,130 ± 1,357	44,399***

Tabela 3. Resultados das Análises de Tempo de Evento avaliando a influência do tratamento de superação de dormência no tempo de emergência de plântulas.

Espécie	Casa de vegetação		Campo	
	Estimativa ± EP	χ^2	Estimativa ± EP	χ^2
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	-2,02 ± 0,13	261,72***	-1,97 ± 0,19	105,84***
<i>Peltophorum dubium</i>	-0,54 ± 0,13	16,30***	-0,66 ± 0,14	21,95***
<i>Pterogyne nitens</i>	-1,12 ± 0,21	27,36***	-1,47 ± 0,22	43,34***
<i>Dimorphandra mollis</i>	-1,47 ± 0,11	168,62***	- 2,99 ± 0,21	194,61***
<i>Copaifera langsdorffii</i>	-0,18 ± 0,04	24,24***	-0,53 ± 0,12	18,51***
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	-1,92 ± 0,09	451,09***	-1,42 ± 0,11	175,67***

Legendas das Figuras

Figura 1. Germinação cumulativa ao longo do tempo das espécies avaliadas em casa de vegetação e no campo.

Figura 2. Recrutamento das espécies avaliadas ao longo do tempo em área de pastagem.

Barras representam o erro padrão. NS = diferença não significativa do recrutamento de indivíduos decorrentes 94 semanas de experimento; ** = diferença significativa a $p < 0,01$.

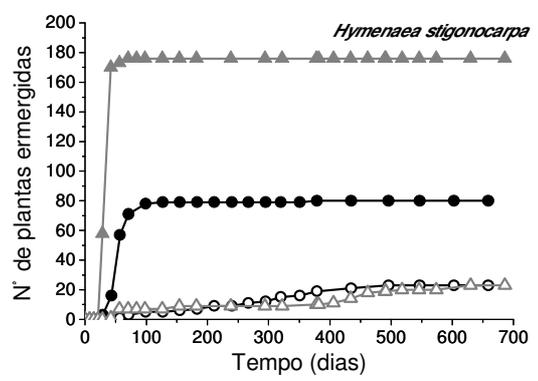
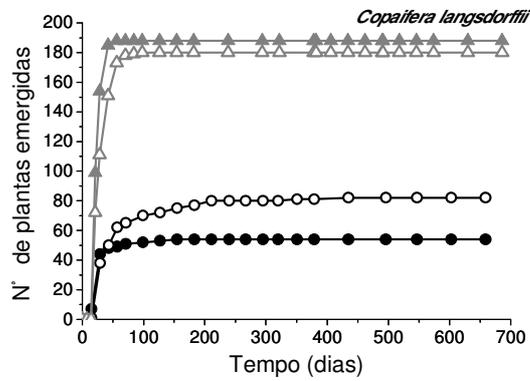
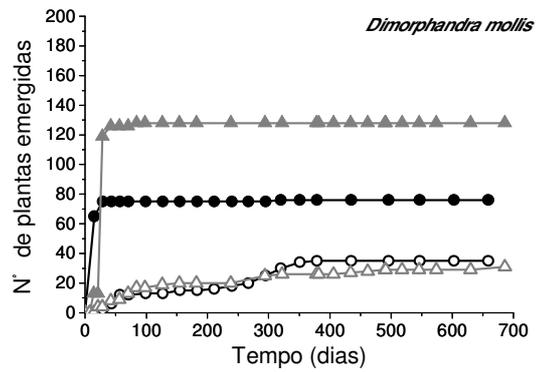
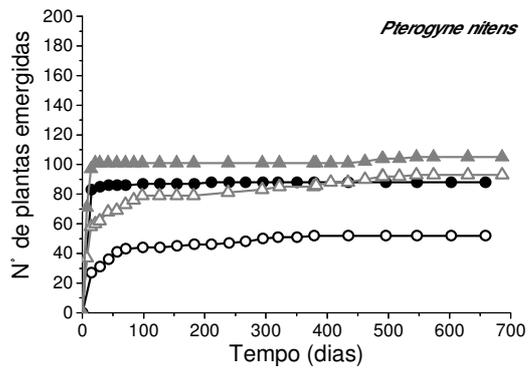
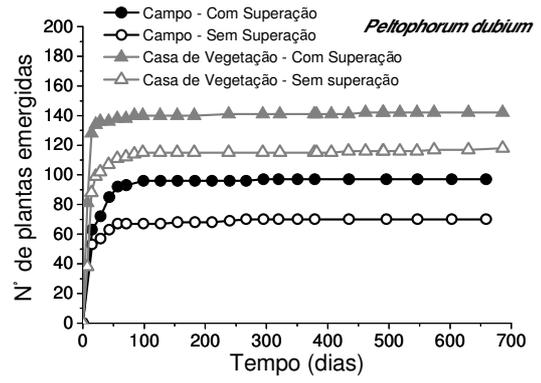
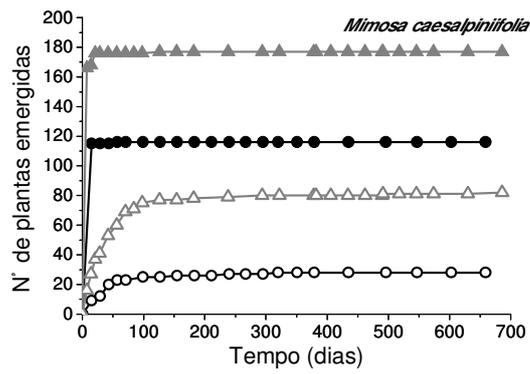


Figura 1

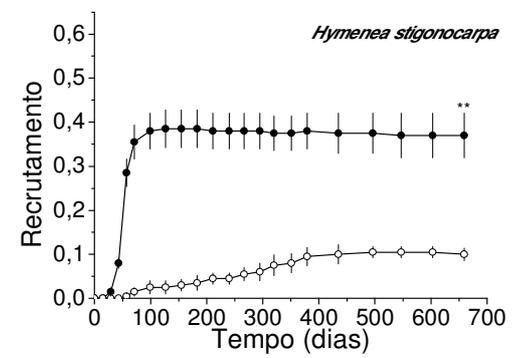
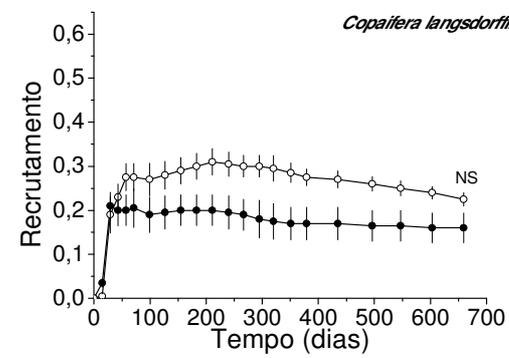
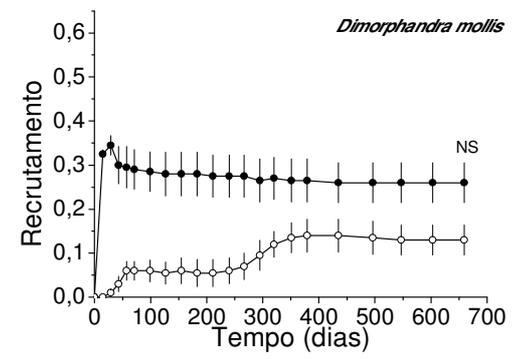
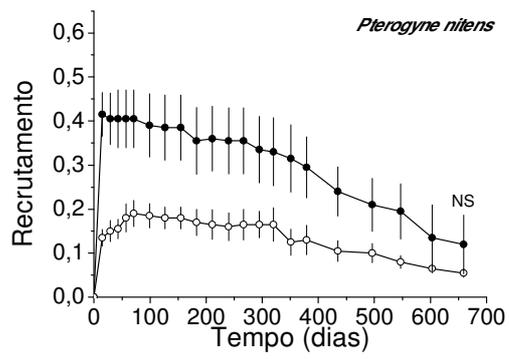
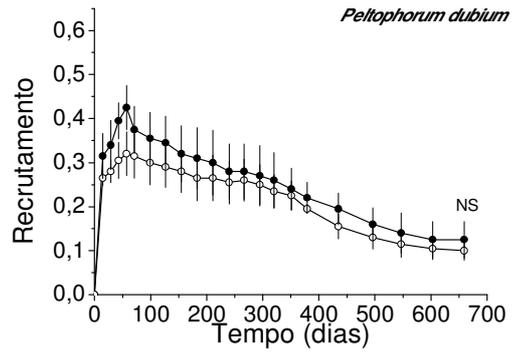
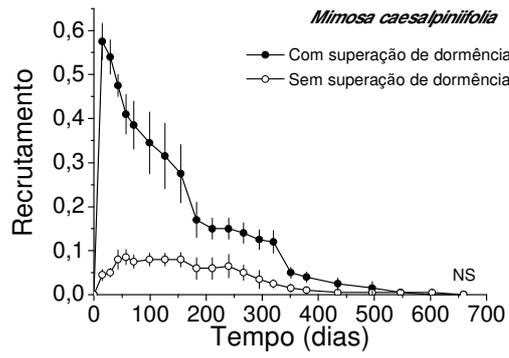


Figura 2

Capítulo 2

Estabelecimento de espécies de árvores em uma pastagem tropical: influência do tamanho de sementes e manejo de gramíneas

Artigo aceito para publicação no periódico Restoration Ecology,

Qualis A2 - CAPES

Resumo

O sucesso do estabelecimento de espécies de árvores em pastagens pode ser relacionado à espécie utilizada, ao tamanho de sementes e ao manejo de gramíneas. Este estudo avaliou experimentalmente a emergência, estabelecimento após dois anos e crescimento de sete espécies de árvores com diferentes tamanhos de sementes semeadas sob três métodos de manejo de gramíneas (nenhum manejo, gramíneas cortadas e gramíneas removidas). O experimento foi conduzido em uma pastagem tropical abandonada no Centro-Oeste do Brasil, dominada pela gramínea exótica *Urochloa brizantha*. O efeito do tamanho da semente na emergência de plântulas foi significativo e foi mais intenso onde não houve o manejo de gramíneas e nas parcelas onde as gramíneas foram removidas. Além disso, um aumento no tamanho de sementes resultou em um aumento na probabilidade de estabelecimento das espécies de árvores, embora este padrão também tenha diferido entre os tratamentos de manejo de gramíneas. O aumento no tamanho da semente refletiu negativamente no crescimento das árvores na ausência de gramíneas, enquanto que na presença de gramíneas ocorreu a relação inversa. Os resultados do experimento sugerem que o uso de sementes de diferentes tamanhos para semeadura direta em pastagens é uma estratégia viável para a re-introdução de espécies arbóreas de fabáceas em pastagens do Cerrado. Espécies de fabáceas com sementes maiores do que 100mg podem se estabelecer em áreas onde não há manejo da pastagem, enquanto que espécies com sementes menores que 50mg podem se estabelecer preferencialmente em áreas onde há remoção total das gramíneas, crescendo mais rápido do que as espécies com sementes maiores. Assim, estratégias de manejo de gramíneas podem determinar o sucesso da semeadura direta de diferentes espécies em projetos de recuperação de pastagens tropicais.

Palavras-chave: semeadura direta, competição com gramíneas exóticas, emergência de plântulas, sobrevivência de plântulas.

Introdução

Ecossistemas tropicais têm sido intensamente convertidos em pastagens e pastagens abandonadas representam uma situação comum. No Cerrado brasileiro, uma consequência da conversão de áreas naturais em pastagens é a invasão de áreas nativas por gramíneas exóticas como *Melinis minutiflora* Beauv., *Brachiaria decumbens* Stapf e *Panicum maximum* Jaacq., o que pode limitar o crescimento das populações de espécies de árvores nativas (Pivello et al. 1999). Assim, a recuperação destes ambientes degradados é necessária para restaurar a biodiversidade regional. Espécies de árvores de fabáceas despertam grande interesse em projetos de recuperação principalmente porque essas espécies fixam nitrogênio da atmosfera, contribuem para a cobertura do solo e aumento a atividade biológica do mesmo aumentando assim a probabilidade de estabelecimento de outras espécies menos tolerantes as condições estressantes das áreas degradadas (Franco et al. 1992).

Alguns estudos mostram que a presença da vegetação herbácea no local de deposição das sementes pode facilitar o estabelecimento de espécies de árvores por manter um micro-clima favorável para a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas (Posada et al. 2000; Vieira & Scariot 2006). Por outro lado, vários estudos experimentais envolvendo a remoção de plantas em parcelas têm mostrado que a vegetação circundante, especialmente gramíneas nativas e exóticas em áreas de pastagens, pode inibir o crescimento e sobrevivência de plântulas pela competição (Rey Benayas et al. 2003; Craven et al. 2009; García-Orth & Martínez-Ramos 2011). Contudo, se a competição com gramíneas é mais intensa entre as porções aéreas ou radiculares permanece pouco estudada. Em um dos poucos estudos registrados na literatura em áreas de pastagem, Holl (1998) mostrou que a competição por recursos entre *Calophyllum brasiliense* e uma gramínea invasora foi mais intensa acima do que

abaixo do solo. Assim, uma das principais barreiras pós-dispersão que influenciam o estabelecimento de plântulas em pastagens parece ser a competição com gramíneas (Hooper et al. 2002; García-Orth & Martínéz-Ramos 2011) e o estabelecimento de espécies de árvores nestas áreas varia muito entre espécies, podendo estar relacionado com o tamanho de sementes (Camargo et al. 2002; Hooper et. al. 2002; Peterson & Carson 2008; Sovu et al. 2010).

Alguns componentes da história de vida de plantas, como o tamanho de sementes e a fenologia de germinação, influenciam os padrões de recrutamento das espécies (Peterson & Carson 2008; Sovu et al. 2010). Espécies com sementes maiores têm maiores probabilidades de estabelecimento do que espécies de sementes menores em condições estressantes impostas por fatores como competição, seca, sombreamento e herbívoros (Moles & Westoby 2004; Leishman et al. 2011). Contudo, sementes grandes não são frequentemente observadas em áreas estressantes como pastagens. Doust et al. (2006) questionaram se a escassez de indivíduos de espécies com sementes grandes (que são características de estágios sucessionais tardios) nestes ambientes poderia ser somente resultado da limitação da dispersão de sementes.

Este estudo avaliou experimentalmente o efeito de diferentes tipos de manejo de gramíneas exóticas (nenhum manejo, corte da porção aérea e remoção total das gramíneas) no estabelecimento e desempenho de sete espécies de árvores com diferentes tamanhos de semente quantificando (1) a emergência; (2) estabelecimento (sobrevivência após dois anos) e (3) crescimento da porção aérea. Além disso, nós avaliamos se o efeito da competição por recursos com gramíneas é mais intenso acima ou abaixo do solo. Nós esperávamos que independentemente do tipo de manejo de gramíneas, sementes maiores teriam uma maior probabilidade de estabelecimento

devido ao seu melhor desempenho sob estresse e que espécies com sementes menores seriam influenciadas pelos tipos de manejo de gramíneas.

Material e Métodos

Área de estudo

Este estudo foi conduzido em uma área experimental de pastagem composta de *Urochloa brizantha* (Hoschst. Ex A. Rich) da Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS (20°25'27''S e 54°41'16''O). A precipitação média anual da região varia entre 1.400 e 1.600mm e o regime de precipitação é tipicamente tropical, com dois períodos distintos: uma estação chuvosa, de outubro a março, e uma estação seca, de abril a setembro. O mês com maior precipitação é geralmente janeiro, com precipitação média entre 150 e 250mm e o mês mais seco é geralmente julho, com precipitação média entre 10 e 40mm. A temperatura média anual varia entre 22 e 25°C, sendo o mês mais quente outubro (temperaturas entre 23 e 27°C) e julho o mais frio (temperaturas entre 17 e 22°C) (Campelo-Júnior et al. 1997). A Figura 1 apresenta um climatograma representando o balanço hídrico da área experimental durante a realização do estudo. O relevo da área é plano com altitudes entre 200 e 600m e o solo da área é do tipo Latossolo vermelho distrófico. Originalmente a área era ocupada pela formação de Cerrado *sensu stricto*, com vegetação formada por arbustos, arvoretas e um estrato herbáceo dominados por gramíneas. Quinze anos antes da montagem do experimento a área foi desmatada e foi realizado o plantio da gramínea exótica *U. brizantha*.

Delineamento experimental

Para avaliar o efeito de espécies com diferentes tamanhos de sementes e do manejo de gramíneas no estabelecimento de espécies de árvores, foi realizado um experimento utilizando-se blocos ao acaso em uma área de pastagem abandonada. O

fator “tamanho de semente”, expresso pela massa da semente (g), foi usado como co-variável, enquanto que o fator “manejo de gramíneas” foi constituído de três níveis de tratamento. No primeiro nível “Gramíneas Removidas” (GR) as gramíneas foram totalmente removidas com a aplicação do herbicida glifosato; no segundo nível “Gramíneas cortadas” (GC), as gramíneas foram roçadas a uma altura de aproximadamente 10 cm do solo; no terceiro nível, “Controle” (CT) as gramíneas foram mantidas intactas. O gradiente de tamanho de semente foi constituído de sete espécies de fabáceas ocorrentes em florestas da região (Salomão et al. 2003) (Tabela 1).

Cinco blocos (sítios) foram aleatoriamente marcados na área experimental, com pelo menos 20m de distância um do outro para incorporar alguma heterogeneidade ambiental da pastagem. Dentro de cada bloco, foram marcadas três parcelas (10 x 7 m cada), separadas umas das outras por cinco metros para minimizar a influência da parcela vizinha. Cada parcela recebeu, por sorteio, um nível de manejo de gramíneas. Dentro de cada parcela, 70 sub-parcelas de 1m² cada foram marcadas e cada espécie foi semeada em 10 sub-parcelas. Para aumentar a chance de que pelo menos um indivíduo emergido fosse monitorado, foram semeadas cinco sementes em cada sub-parcela, distanciadas em aproximadamente 10 cm. As sementes foram enterradas para reduzir o efeito da predação de sementes (Doust et al. 2006) a uma profundidade de aproximadamente três vezes a sua espessura (menor dimensão). Assim, cada sítio conteve uma combinação de todos os tratamentos, tamanho de sementes e manejo de gramíneas. Um total de 5.250 sementes das sete espécies (750 sementes por espécie) foram semeadas nos cinco sítios, 15 parcelas e 1.050 sub-parcelas. Quando mais de uma plântula emergiu e sobreviveu por mais de quatro meses, as plântulas excedentes foram cuidadosamente removidas para evitar o efeito da competição intra-específica.

Para evitar que o efeito da competição com gramíneas nas taxas de sobrevivência fosse confundido com a sazonalidade, foi assegurado que plântulas de diferentes espécies emergissem durante o mesmo período, sujeitando as sementes com dormência a tratamentos pré-germinativos antes da semeadura (Tabela 1). Com a exceção de *D. alata* todas as espécies continham sementes com dormência, com impermeabilidade do tegumento.

A semeadura foi realizada em 26 de janeiro de 2009 e as parcelas foram vistoriadas quinzenalmente até o final da estação chuvosa (quatro meses), mensalmente até 12 meses do início do experimento e bimestralmente nos meses subsequentes, até que fossem completados dois anos de experimento. Todos os indivíduos foram etiquetados para certificação de que não houve inclusão de indivíduos originados de outras fontes nas análises. No final do experimento, registrou-se o número de plantas emergidas e plantas jovens estabelecidas e o diâmetro na altura do solo (DAS) das plantas. As plantas que sobreviveram até o final do período de dois anos foram consideradas como estabelecidas.

Foram realizadas manutenções constantes do experimento cortando-se a porção aérea das gramíneas no tratamento GC quando esta ultrapassava 20 cm e retirando-se manualmente de maneira cuidadosa novos indivíduos de gramíneas do tratamento GR. A periodicidade da manutenção seguiu a necessidade observada a campo, sendo mais frequente na estação chuvosa (mensal) do que na estação seca (a cada dois ou três meses).

Para a determinação da viabilidade do lote de sementes de cada espécie utilizada no experimento de campo realizou-se um experimento controle em casa de vegetação. Utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes de cada espécie, submetidas ao mesmo tratamento pré-germinativo utilizado no experimento de campo. As sementes foram

semeadas em bandejas de isopor contendo substrato Plantmax®, as quais foram mantidas em casa de vegetação e umedecidas 10 vezes ao dia durante 10 minutos, utilizando-se nebulizadores com vazão de sete litros/hora. Determinou-se o número de sementes emergidas realizando-se contagens quinzenais durante três meses.

Análise de dados

A análise de regressão logística foi usada para avaliar a emergência e a sobrevivência de plântulas no experimento de campo e a emergência de plântulas no experimento em casa de vegetação, conforme Jaccard (2011). Para avaliar o efeito do tamanho de semente na emergência de plântulas em ambos os experimentos, o modelo incluiu adicionalmente os seguintes termos: tamanho de semente e tamanho de semente ao quadrado como variáveis independentes e a resposta binária (emergida vs. não emergida) como variável dependente. O termo quadrático foi incluído devido a sua significância nos dois experimentos (veja Resultados). O modelo de regressão logística para avaliar o efeito do tamanho de sementes e manejo de gramíneas no estabelecimento de plantas jovens não incluiu o efeito do termo sítio uma vez que este não foi significativo ($\Delta\chi^2 = 14.371$, d.f. = 4, $p > 0.75$).

A influência do tamanho de semente (variável contínua) e do manejo de gramíneas (variável categórica) no DAS de plantas após dois anos de experimento foi avaliada através de Análise de covariância (ANCOVA). Como o efeito do sítio não foi significativo ($p > 0,50$), tanto para o efeito principal como suas interações, este não foi incluído no modelo. Todos os modelos de regressão foram significativos (veja Resultados), assim o fator tamanho de sementes foi utilizado como co-variável para avaliar o efeito do manejo de gramíneas. A interação entre o tamanho de sementes e manejo de gramíneas foi significativo, então o teste HSD-Tukey foi utilizado para comparações múltiplas das inclinações das retas. Plantas provenientes de sementes

pequenas de *M. caesalpinifolia* e *P. dubium* não sobreviveram após dois anos de experimento no tratamento CT e foram excluídas das análises para este tratamento.

O nível de significância utilizado nas análises foi de $p < 0,05$. Os resíduos foram checados graficamente para verificar tendências ao longo da estimativa. Os dados de tamanho de sementes e DAS foram transformados em logaritmo natural para homogeneização das variâncias (Sokal & Rolph 1995). Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa Systat 12.0 (Systat 2002).

Resultados

A probabilidade de emergência de plântulas no experimento em casa de vegetação, o que refletiu a viabilidade das sementes, variou com o tamanho de sementes apresentando um termo quadrático positivo. As sementes menores e maiores tiveram uma maior probabilidade de emergência de plântulas, enquanto que sementes de tamanho intermediário como *P. dubium*, *P. nitens* e *D. mollis* tiveram uma menor probabilidade (Tabela 2, Fig. 1a). No experimento de campo o padrão geral de cada tratamento refletiu a viabilidade das sementes mostrada pelos resultados do experimento em casa de vegetação com relação à significância do termo quadrático positivo para o tamanho de semente. No entanto, as curvas geradas pelo modelo da regressão logística diferiram entre os três níveis de manejo de gramíneas (Tabela 2, Fig. 1b-d). No tratamento onde as gramíneas foram cortadas, houve uma menor variação da probabilidade de emergência em função do tamanho de sementes, mostrada pelo valor mais baixo do coeficiente do termo quadrático (Fig. 1c), enquanto que para os outros dois tratamentos (CT e GR) há uma clara vantagem das sementes maiores na emergência de plântulas seguida pelas espécies de sementes menores (Fig. 1b e 1d). As curvas dos tratamentos CT e GR não diferiram significativamente entre si (Tabela 2),

enquanto as relações entre os tratamentos GC e CT e entre GC e GR foram significativamente distintos entre si (Tabela 2, Fig. 1a).

A probabilidade de estabelecimento (sobrevivência após o período de dois anos) também foi influenciada pelo tamanho de sementes em todos os tratamentos de manejo de gramíneas (Tabela 3, Fig. 2a). No entanto, este padrão diferiu entre os tipos de manejo de gramíneas. As curvas dos tratamentos CT e GC não diferiram significativamente entre si (Tabela 3, Fig. 2b e 2c), enquanto que os tipos de manejo GC e GR e entre CT e GR foram significativamente distintos entre si (Tabela 3, Fig. 2b e 2d). Observou-se uma maior influência do tamanho de sementes no estabelecimento de plantas nos manejos de corte de gramíneas e controle em relação ao tratamento onde as gramíneas foram removidas (Figura 2a).

O DAS de plantas após dois anos da semeadura foi influenciado tanto pelo tamanho de semente quanto pelo tratamento de manejo de gramíneas (Fig. 3a-c) (ANCOVA, interação entre tamanho de semente vs. tratamento de manejo de gramíneas; $F_{2,460} = 111,88$, $p < 0,001$, Figura 3a). No tratamento CT (Fig. 3b) e GC (Fig. 3c) o aumento no tamanho de sementes resultou em um aumento significativo no DAS das plantas. Na ausência de gramíneas, no entanto, um aumento no tamanho de sementes resultou em plantas com menor DAS (Fig. 3d).

Discussão

A emergência de espécies de árvores dispersas para áreas degradadas é primariamente limitada pela disponibilidade de micro-sítios favoráveis para a germinação de sementes, que pode ser, especificamente nas áreas de pasto, determinada pela competição com gramíneas exóticas, (Doust et al. 2006; Flory & Clay 2010). Este estudo mostrou que a probabilidade de emergência de espécies de árvores em pastagens

variou entre as espécies e foi relacionada com a massa de sementes e com o tipo de manejo de gramíneas.

Nós esperávamos encontrar um padrão linear positivo entre o aumento do tamanho de sementes e a probabilidade de emergência (Peterson & Carson 2008). Contudo, nossos resultados mostraram uma relação quadrática entre a emergência de plântulas e o tamanho de sementes. O padrão encontrado no experimento de campo refletiu o padrão geral descrito para a viabilidade inicial dos lotes de sementes obtidos através do experimento em casa de vegetação, sendo que as sementes intermediárias apresentaram uma menor probabilidade de emergência do que sementes pequenas e grandes.

A forma das curvas de emergência de plântulas variou entre os distintos tratamentos de manejo de gramíneas, como mostrado pela significância da interação entre o tipo de manejo das gramíneas e o tamanho de sementes. No tratamento onde as gramíneas foram cortadas, o coeficiente referente ao termo quadrático do modelo ajustado foi menor do que para os outros dois tratamentos (CT e GR), sugerindo uma clara vantagem das sementes maiores na emergência de plântulas nos tratamentos CT e GR. Os fatores exógenos que afetam primariamente a germinação de sementes são luz, temperatura, oxigênio e água (Bradford & Nonogaki 2007). As espécies utilizadas no experimento eram todas fotoblásticas neutras, germinam em uma ampla faixa temperatura dentro da região tropical (entre 15 e 35°C, Brancalion et al. 2007) e não foram submetidas à falta de oxigênio por excesso de água. Contudo, a disponibilidade de água na camada superficial de solo pode ter sido o principal fator afetando a emergência de plântulas. Os tratamentos GR e CT podem ter exposto as sementes a um ambiente mais estressante através da redução de água na superfície disponível para as sementes, devido a uma maior exposição do solo no tratamento GR, e a uma maior

absorção de água pelas gramíneas no CT. Assim, o aumento no déficit hídrico ao qual as sementes foram submetidas resultou em um aumento na vantagem de sementes grandes, enquanto que em ambientes menos estressantes, onde a evapotranspiração foi reduzida pelo corte da porção aérea (tratamento GC) essa relação tornou-se mais fraca.

A sobrevivência das plantas após dois anos foi fortemente influenciada pela massa de sementes e pelo manejo de gramíneas, mas o modelo logístico descrito entre a sobrevivência das plantas e estas duas variáveis foi linear e não quadrático como para a emergência de plântulas. Na presença de gramíneas (tratamentos CT e GC), houve um forte aumento na probabilidade de estabelecimento das espécies com o aumento da massa de sementes. Na ausência de gramíneas este efeito foi menos acentuado, embora o aumento no tamanho de sementes também resultasse em um aumento na probabilidade de sobrevivência de plantas.

Rey Benayas et al. (2003) mostrou o efeito da competição de herbáceas no estabelecimento da espécie arbórea *Quercus faginea*, através de um experimento controlado em que mediu a disponibilidade de água no solo entre 15 e 45cm na ausência de herbáceas, com herbáceas cortadas a 8cm do solo e herbáceas mantidas intactas. Seus resultados mostraram que a disponibilidade de água foi afetada pelos tratamentos de manejo de herbáceas utilizados sendo que, na ausência de gramíneas, a disponibilidade de água foi maior do que quando estas foram cortadas e, que por sua vez maior do que quando foram mantidas intactas. A redução de água no solo foi altamente relacionada com a mortalidade de plântulas de *Q. faginea*, sugerindo que os efeitos negativos da vegetação herbácea no estabelecimento foram primariamente resultado da competição por água. Nossos resultados também sugerem que a competição entre as espécies de árvores utilizadas e as gramíneas pode ter ocorrido principalmente por recursos abaixo do solo, uma vez que a redução da porção aérea das gramíneas não resultou em um

aumento significativo no estabelecimento das espécies de árvores em relação ao tratamento controle enquanto que, a retirada das raízes de gramíneas, no tratamento GR, aumentou significativamente a probabilidade de estabelecimento das espécies de árvores.

Este estudo, contudo, não permitiu distinguir quais recursos abaixo do solo, nutrientes e/ou água, restringiram o estabelecimento das espécies de árvores estudadas. No entanto, como o Cerrado possui uma estação seca bem definida, é possível que o estabelecimento espécies de árvores em pastagens da região seja limitado pelo déficit hídrico da estação seca, que é acentuado pela competição com gramíneas. Henkin et al. (1998) sugeriram que o sucesso do estabelecimento de plântulas de arbustos de clima mediterrâneo (também com uma estação seca bem definida) refletiu principalmente a acessibilidade de água abaixo da zona de raízes da vegetação herbácea.

O tamanho de sementes tem sido considerado de particular importância no estágio inicial de plântulas, pois há fortes evidências de que altas quantidades de reservas em sementes maiores favoreceriam seu estabelecimento (Camargo et al. 2002; Metz et al. 2010). Contudo a relação entre o tamanho de sementes e sobrevivência dificilmente é avaliado em outros estágios do ciclo de vida de plantas, principalmente espécies longevas. Segundo alguns autores, a vantagem das sementes grandes seria maior somente durante o início do estabelecimento (período em que os cotilédones permanecem anexos nas plantas) e tenderia a desaparecer até que as reservas das sementes tenham sido completamente exauridas (Leishman et al. 2001; Moles & Westoby 2004). Nossos resultados, no entanto, mostraram que o efeito das reservas iniciais disponíveis para o estabelecimento de plântulas aumentou as chances de sobrevivência por no mínimo dois anos, período muito superior ao da abscisão dos cotilédones. É possível que isto tenha ocorrido devido a um maior desenvolvimento do

sistema radicular que permitiu às espécies de árvores sair da zona de competição com gramíneas abaixo do solo e aumentar a probabilidade de estabelecimento.

Alguns estudos encontraram uma relação positiva entre a sobrevivência de plantas jovens e o investimento em raízes que consigam alcançar profundidades maiores de solo (Lloret et al. 1999; Padilla & Pugnaire 2007) e um maior desenvolvimento do sistema radicular pode estar relacionada ao tamanho de sementes (Lloret et al. 1999). Leishman & Westoby (1994) sugeriram que plântulas de sementes grandes podem ter um tamanho absoluto de raiz maior do que plântulas originadas de sementes pequenas, o que possibilitaria uma vantagem no acesso à água em camadas mais profundas do solo. Além disso, ainda segundo estes autores, sementes maiores provêm suas plântulas com uma maior reserva metabólica do que sementes pequenas que conferem tolerância a seca e a baixos níveis de nutrientes de solo. Assim, a probabilidade de estabelecimento em condições de restrição hídrica, como ocorre sob a competição com gramíneas, poderia estar relacionada com a quantidade de reserva das sementes e, conseqüentemente, com o maior tamanho de raízes, resultando em uma maior probabilidade de estabelecimento de espécies com sementes maiores, como mostrado no presente estudo.

A influência do tamanho de sementes no DAS de plantas variou entre os distintos tipos de manejo de gramíneas, pois, na ausência de gramíneas um aumento no tamanho de sementes resultou em plantas menores, enquanto que na presença de gramíneas a relação inversa ocorreu. Os resultados relacionando o crescimento de plantas e os diferentes tipos de manejo de gramíneas mais uma vez sugerem que a competição entre espécies de árvores e gramíneas ocorreu principalmente por recursos abaixo do solo e não por luz. Se a luz tivesse limitado o crescimento das espécies de árvores, nós esperaríamos encontrar uma maior diferença no crescimento de plantas entre os

tratamentos CT e GC. Contudo, isto não ocorreu e uma menor diferença no crescimento foi encontrada entre os tratamentos GC e CT do que entre GR e os demais tratamentos. Como todas as espécies utilizadas neste estudo são heliófitas, é possível que as porções aéreas das gramíneas exóticas não tenham sido capazes de sombrear completamente as plantas jovens de árvores e o recurso luz teve uma influência baixa ou negligenciável no crescimento das espécies de árvores.

Em sistemas tropicais úmidos, a remoção das partes aéreas e radiculares de espécies competidoras pode levar a um aumento nas taxas de crescimento de plântulas (Holl 1998; Hooper et al. 2002). O crescimento relativo de plântulas tende a ser negativamente correlacionado com o tamanho de sementes (Leishman et al. 2001). Nossos resultados encontraram essa relação na ausência de gramíneas, onde plantas de sementes pequenas, características de espécies de crescimento rápido não teriam restrições de recursos e cresceram mais rapidamente do que plantas de sementes grandes, características de espécies de crescimento lento. Contudo, sob competição, nós encontramos que espécies com sementes maiores cresceram mais do que espécies de sementes menores, possivelmente devido as diferenças na disponibilidade de reservas das sementes. De fato, Hooper et al. (2002) encontrou um padrão semelhante aos nossos resultados, mostrando que muitas espécies de árvores de sementes pequenas e médias cresciam a menores taxas sob condições de competição com gramíneas do que na ausência de competição. Baraloto et al. (2005) propõem que espécies de sementes pequenas tendem a ter um maior potencial de crescimento podendo superar as plântulas de sementes grandes, especialmente quando não há limitação de recursos.

Projetos de recuperação de áreas florestais degradadas normalmente são realizados com o plantio de mudas de espécies de árvores (Doust et al. 2008; García-Orth & Martínéz-Ramos 2011). A semeadura direta, no entanto, pode representar uma

alternativa atraente, sendo mais facilmente aplicada e de muito menor custo financeiro (Engel & Parrota 2001; Camargo et al. 2002). Contudo, a maioria dos estudos utilizando a sementeira direta foram conduzidos em regiões temperadas (Doust et al. 2008) e o estudo e uso deste método em regiões tropicais é limitado (Engel & Parrota 2001; Peterson & Carson 2008). Apesar de o presente estudo ter testado a sementeira de apenas sete espécies, nossos resultados foram bastante claros e sugerem a possibilidade de se restaurar áreas de Cerrado através de sementeira direta, pelo menos com sementes com a mesma gama de massa das usadas no presente estudo. Assim, a realização de outros estudos que ampliem o número de espécies e áreas estudadas pode contribuir para utilização da sementeira direta nestas regiões.

Conclusão

- O uso da sementeira direta pode ser uma estratégia possível e eficiente para projetos de recobertura florestal de pastagens abandonadas no Cerrado, especialmente com espécies de Fabaceae com massa de sementes superior a 100mg. Como os custos da sementeira direta podem ser bem menores do que o plantio de mudas, esta pode ser uma estratégia atraente a largas escalas.
- Em pastagens de Cerrado, o manejo de gramíneas que inclua a remoção das raízes destas pode aumentar a probabilidade do estabelecimento de um maior número de espécies com diferentes tamanhos de sementes.
- Dentre as espécies de Fabáceas estudadas, as espécies com menores sementes podem oferecer alguma vantagem sobre as espécies com sementes maiores em relação as taxas de crescimento inicial.

Referências Bibliográficas

- Baraloto, C., P. M. Forget, and D. E. Goldberg. 2005. Seed mass, seedling size and neotropical tree seedling establishment. *Journal of Ecology* **93**:1156-1166.
- Bradford K. J., and H. Nonogaki 2007. Seed development, dormancy and germination. Blackwell Publishing, Oxford.
- Brancalion, P. H. S., A. D. L. C. Novembre, and R. R. Rodrigues. 2010. Optimal temperature for seed germination of brazilian tree species. *Revista Brasileira de Sementes* **32**:15-21.
- Brasil. 2009. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV.
- Camargo, J. L. C., I. D. K. Ferraz, and A. M. Imakawa. 2002. Rehabilitation of degraded areas of Central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. *Restoration Ecology* **10**:636-644.
- Campelo-Júnior, J. H., A. Sandanielo, C. R. Caneppele, and B. M. A. Soriano, 1997. Climatologia. Pages 309-349 in Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – PCBAP Meio Físico. V.II, Tomo I. Ministério do Meio Ambiente, Programa Nacional do Meio Ambiente, Brasília, D. F., Brasil.
- Craven, D., J. Hall, and J. M. Verjans. 2009. Impacts of herbicide application and mechanical cleanings on growth and mortality of two timber species in *Saccharum spontaneum* grasslands of the Panama Canal Watershed. *Restoration Ecology* **17**:751-761.
- Doust, S. J., P. D. Erskine, and D. Lamb. 2006. 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* **234**:333-343.

- Doust, S. J., P. D. Erskine, and D. Lamb. 2008. 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* **256**:1178-1188.
- Engel, V. L., and J. A. Parrotta. 2001. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brasil. *Forest Ecology and Management* **152**:169-181.
- Flory, S.L. and K. Clay. 2010. Non-native grass invasion supresses forest succession. *Oecologia* **164**:1029-1038.
- Franco, A. A., E. F. Campello, E. M. R. Silva, and S. M. Faria. 1992. Revegetação de solos degradados. Comunicado técnico Embrapa-CNPAB **9**: 1-9.
- García-Orth, X., and M. Martínez-Ramos. 2011. Isolated Trees and Grass Removal Improve Performance of Transplanted *Trema micrantha* (L.) Blume (Ulmaceae) Saplings in Tropical Pastures. *Restoration Ecology* **19**:24-34.
- Henkin, Z., N. G. Seligman, U. Kafkafi, and D. Prinz. 1998. End-of-season soil water depletion in relation to growth of herbaceous vegetation in a sub-humid Mediterranean dwarf-shrub community on two contrasting soils. *Plant and Soil* **202**: 317-326.
- Holl, K. D. 1998. Effects of above- and below-ground competition of shrubs and grass on *Calophyllum brasiliense* (Camb.) seedling growth in abandoned tropical pasture. *Forest Ecology and Management* **109**:187-195.
- Hooper, E., R. Condit, and P. Legendre. 2002. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications*, **12**:1626-1641.
- Jaccard, J. 2001. Interaction effects in logistic regression. Sage University Paper, London.

- Leishman, M. R., and M. Westoby. 1994. The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions – experimental evidence from semi-arid species. *Journal of Ecology* **82**:249-258.
- Leishman, M. R., I. J. Wright, A. T. Moles, and M. Westoby. 2001. The evolutionary ecology of seed size. Pages 31-57 in M. Fenner, editor. *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. CAB International, Wallingford, U.K.
- Lloret, F., C. Casanovas, and J. Peñuelas. 1999. Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root:shoot ratio, seed size and water and nitrogen use. *Functional Ecology* **13**:210-216.
- Martins, R., N. M. Carvalho, and A. P. Oliveira. 1992. Dormancy break in sabia seeds (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). *Revista Brasileira de Sementes* **14**:5-8.
- Metz, J., P. Liancourt, J. Kigel, D. Harel, M. Sternberg, and K. Tielbörger. 2010. Plant survival in relation to seed size along environmental gradients: a long-term study from semi-arid and Mediterranean annual plant communities. *Journal of Ecology* **98**:697-704.
- Moles, A. T., and M. Westoby. 2004. Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. *Journal of Ecology* **92**:372-383.
- Nassif, S. M. L., and S C. J. G. A. Perez. 1997. Effects of pre treatment and depth sowing on the germination of *Pterogyne nitens* Tul. (amendoim-do-campo) seeds. *Revista Brasileira de Sementes* **19**:171-178.
- Oliveira, L. M., A. C. Davide, and M. L. M. Carvalho. 2008. Teste de germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert – Fabaceae. *Floresta* **38**:545-551.

- Padilla, F. M., and F. I. Pugnaire. 2007. Rooting depth and soil moisture control Mediterranean woody seedling survival during drought. *Functional Ecology* **21**:489-495.
- Pereira, S. R., G. R. Giraldeci, V. A. Laura, and A. L. T. Souza. 2011. Fruit and seed size and their influence on the germination of *Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne (Leguminosae- Caesalpinoideae). *Revista Brasileira de Sementes* **33**:141-148.
- Peterson, C. J., and W. P. Carson. 2008. Processes constraining woody species succession on abandoned pastures in the tropics: on the relevance of temperate models of succession. Pages 367-383 in: P. W. P. Carson, and S. A. Schnitzer. *Tropical forest community ecology*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Pivello, V. R., C. N. Shida, and S. T. Meirelles. 1999. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. *Biodiversity and Conservation* **8**:1281-1294.
- Posada, J., M. Aide, and J. Cavelier. 2000. Cattle and weedy shrubs as restoration tools for tropical mountain rainforest. *Restoration Ecology* **8**:370-379.
- Rey Benayas, J. M., T. Espigares, and P. Castro-Díez. 2003. Simulated effects of herb competition on planted *Quercus faginea* seedlings in Mediterranean abandoned cropland. *Applied Vegetation Science* **6**:213-222.
- Salomão N. A., J. C. Souza-Silva, A. C. Davide, S. Gonzáles, R. A. A. Torres, M. M. V. S. Wetzel, F. Fireli, and L.S.Caldas. 2003. Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do Cerrado. Rede de Sementes do Cerrado, Brasília, D.F., Brasil.
- Sokal, R. R., and F. J. Rohlf. 1995. *Biometry*. Freeman, New York.

- Sovu, P. S., M. Tigabu, and P. C. Odén. 2010. Restoration of Former Grazing Lands in the Highlands of Laos Using Direct Seeding of Four Native Tree Species. *Mountain Research and Development* **30**:232-243.
- Systat. 2002. Systat for Windows, Version 10.2. Systat Software Inc., Richmond, California. Tangen, B. A., M. G. Bu.
- Vieira, D, L. M. and A. Scariot. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Restoration Ecology* **14**:11-20.

Tabela 1. Características ecológicas das espécies utilizadas no experimento e tratamentos para superação de dormência

Espécie	Categoria Ecológica	Tamanho da semente *	Tratamento para superação da dormência
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	pioneira	24 mg	Escarificação química em H ₂ SO ₄ (7 min) (Martins et al. 1992)
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Secundária	46 mg	Imersão em água quente (80°C por 1 min) (Oliveira et al. 2008)
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Secundária	180 mg	Punção do tegumento (Nassif & Perez 1997)
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Pioneira	220 mg	Escarificação mecânica (Salomão et al. 2003)
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Clímax	470 mg	Escarificação química em H ₂ SO ₄ (5 min) (Salomão et al. 2003)
<i>Dipteryx alata</i> Vog.	Secundária	1200 mg	Sem dormência
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.	Clímax	3900 mg	Escarificação mecânica (Pereira et al. 2011)

Todas as espécies são fotoblásticas neutras, heliófitas e tolerantes a seca.

* O tamanho médios das sementes foram estimados de acordo com Brasil (2009), dividindo-se a massa de 1000 sementes por 1000.

Tabela 2. Resultados da regressão logística avaliando o efeito do tamanho de sementes na emergência de plântulas em cada tipo de manejo de gramíneas e os contrastes entre os diferentes níveis de manejo.

	Modelo geral χ^2	g.l.	Constante	Coeficiente β	
				Massa da semente	Massa da semente ²
Experimento em casa de vegetação	78,06***	2	5,914	-2,079± 0,215***	0,212± 0,033***
Experimento de campo					
Controle	48,71***	2	1,842	-1,029± 0,215***	0,102±0,019***
Gramíneas cortadas	9,78**	2	0,838	-0,498±0,210**	0,048±0,018**
Gramíneas removidas	108,87***	2	1,795	-1,125±0,219***	0,121±0,019***
Contrastes					
Gramíneas cortadas vs. Controle (GC vs. CT)				0,532±0,301 NS	-0,054±0,026 *
Gramíneas removidas vs. Controle (GR vs. CT)				-0,095±0,307NS	0,019±0,027 NS
Gramíneas removidas vs. Gramíneas cortadas (GR vs. GC)				-0,627±0,304 *	0,073±0,027**

NS = não-significativo, * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$

Tabela 3. Resultados da regressão logística que avalia o efeito do tamanho de sementes na sobrevivência de plantas após dois anos da semeadura em cada tipo de manejo de gramíneas e os contrastes entre os diferentes níveis de manejo.

Tratmentos	Modelo geral χ^2	g.l.	Coeficiente β	
			Constante	Massa da semente
Controle	178,531***	1	-9,463	1,486± 0,0,169***
Gramíneas cortadas	157,375***	1	-7,266	1,205±0,133***
Gramíneas removidas	19,678***	1	-0,791	0,392±0,093***
Contrastes				
Controle vs. Gramíneas cortadas (CT vs. GC)				0,282±0,216 ^{NS}
Controle vs. Gramíneas removidas (CT vs. GR)				1,095±0,193***
Gramíneas cortadas vs. Gramíneas removidas (GC vs. GR)				0,813±0,163***

NS = não-significativo, *** $P < 0,001$

Legendas das Figuras

Figura 1. Resposta da emergência de plântulas ao tamanho de semente: curvas esperadas no experimento em casa de vegetação e nos três níveis de manejo de gramíneas no experimento de campo (a), nas parcelas controle (b), nas parcelas onde as gramíneas foram cortadas (c) e nas parcelas onde as gramíneas foram removidas (d). Os dados de tamanho de sementes foram transformados em logaritmo natural.

Figura 2. Resposta do estabelecimento de plantas ao tamanho de sementes: curvas esperadas nos três níveis de manejo de gramíneas no experimento de campo (a), nas parcelas controle (b), nas parcelas onde as gramíneas foram cortadas (c) e nas parcelas onde as gramíneas foram removidas (d). Os dados de tamanho de sementes foram transformados em logaritmo natural.

Figura 3. Resposta do DAS ao tamanho de semente: ajustes esperados nos três níveis de manejo de gramíneas no experimento de campo (a), nas parcelas controle (b), nas parcelas onde as gramíneas foram cortadas (c) e nas parcelas onde as gramíneas foram removidas (d). Os dados de tamanho de sementes foram transformados em logaritmo natural.

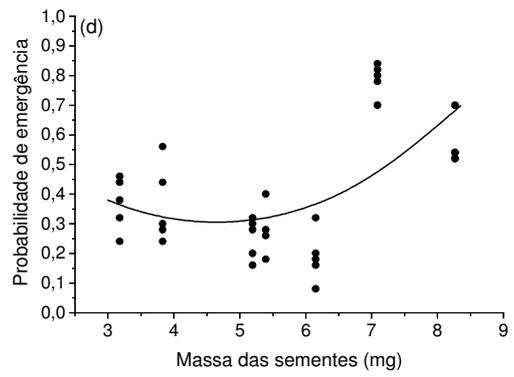
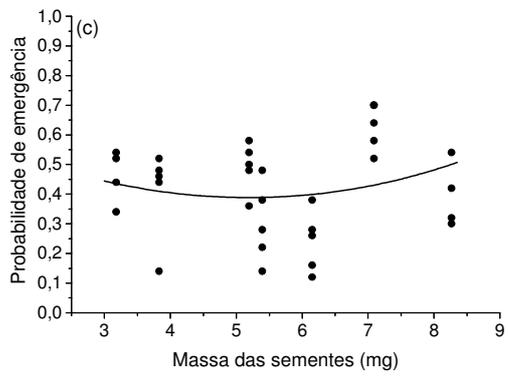
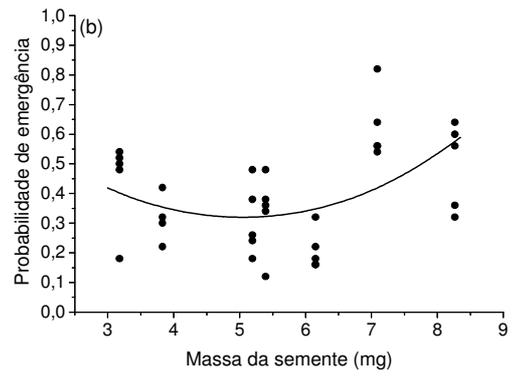
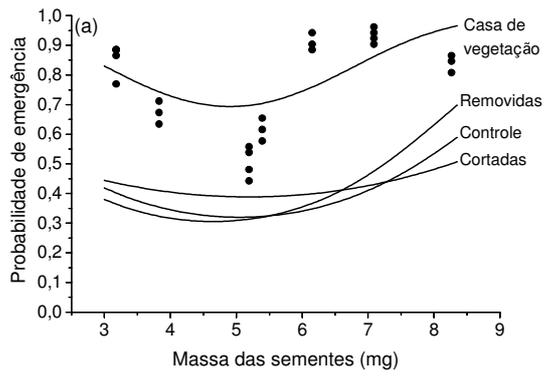


Figura 1

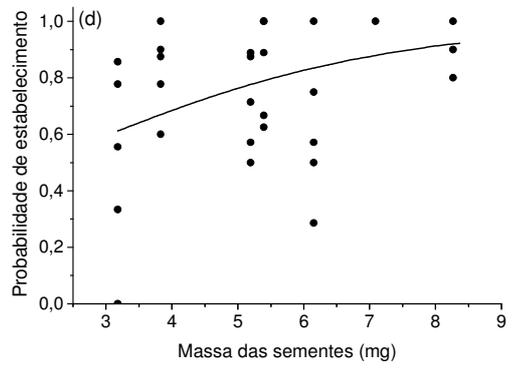
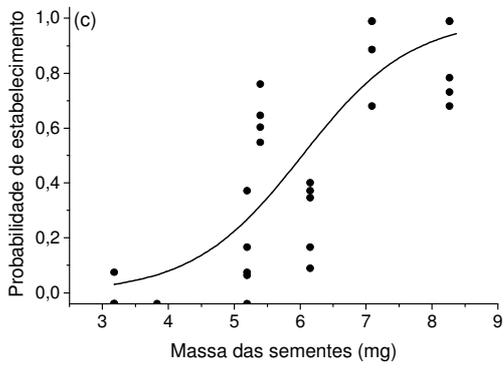
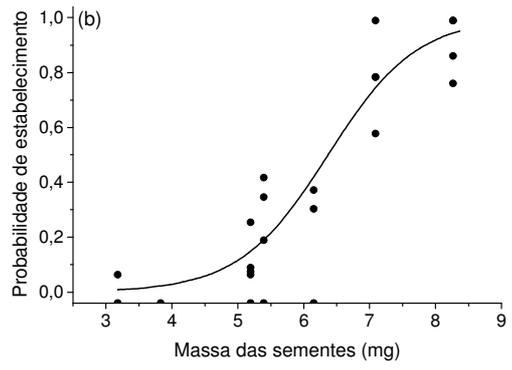
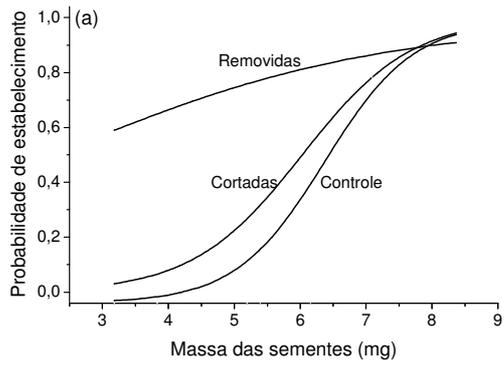


Figura 2

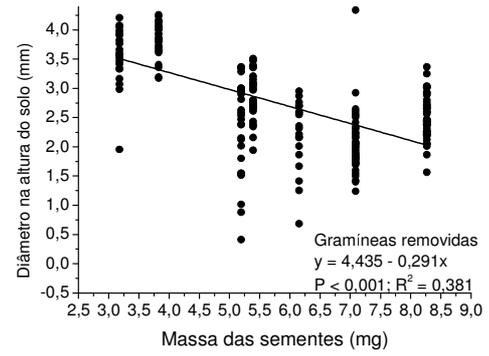
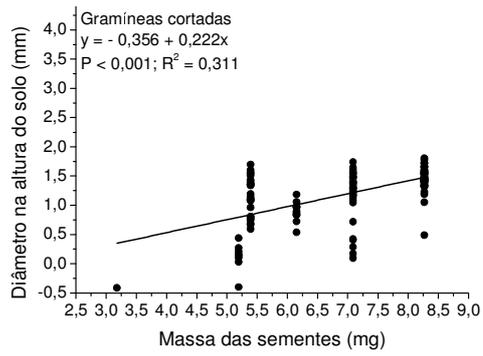
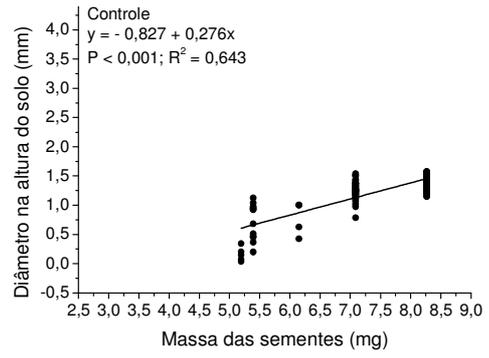
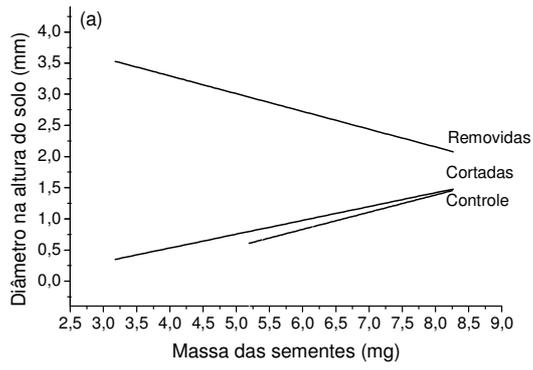


Figura 3

Capítulo 3

Efeito da competição com gramíneas exóticas no crescimento de espécies de árvores em uma pastagem tropical

Resumo

A competição com gramíneas afeta negativamente o crescimento de espécies de árvores em áreas de pastagens, podendo restringir a recuperação florestal destes ambientes. Este estudo avaliou o crescimento da porção aérea de sete espécies de árvores introduzidas em uma pastagem tropical no Centro-Oeste do Brasil, dominada pela gramínea exótica *Urochloa brizantha*. Especificamente o experimento conduzido por 22 meses avaliou: (1) se a competição com gramíneas acima e abaixo do solo afetou a taxa de crescimento relativo e a altura de árvores; (2) se o efeito da competição se alterou ao longo do desenvolvimento das árvores e; (3) se a forma das árvores foi alterada em resposta a competição acima e abaixo do solo. Os resultados encontrados sugeriram que a competição entre as espécies avaliadas ocorreu por recursos abaixo do solo, uma vez que as espécies de árvore apresentaram maior crescimento quando além das porções aéreas, as raízes das gramíneas foram removidas. Contudo, o efeito da competição reduziu-se ao longo do tempo. A remoção total de gramíneas ainda influenciou positivamente o tamanho da copa de indivíduos de espécies de árvores durante a fase de estabelecimento. Após o estabelecimento, os resultados do presente estudo mostraram que o manejo de remoção total de gramíneas poderia ser suprimido, uma vez que as árvores já estariam maiores e sairiam da zona de competição com gramíneas.

Palavras-chave: alometria, taxa de crescimento relativo, recuperação de áreas degradadas.

Introdução

O desmatamento e a crescente degradação e posterior abandono de áreas tropicais têm sido responsáveis pela perda de biodiversidade e de serviços ecossistêmicos (Hooper et al. 2002, Gunaratne et al. 2011). A reversão deste quadro somente pela regeneração natural pode ter muitas limitações, pois na ausência de fontes de propágulos e micro-sítios favoráveis para a germinação e estabelecimento, a recuperação florestal de áreas degradadas pode levar de décadas a séculos (Gunaratne et al. 2011). Assim, a reintrodução de espécies de árvores nativas para a recuperação destas áreas é frequentemente recomendada, seja através do plantio de mudas ou de semeadura direta.

Um dos principais fatores para o sucesso dos projetos de recuperação de áreas degradadas é a escolha de espécies tolerantes a estes ambientes (Camargo et al. 2002; Engel & Parrotta 2001, Doust et al. 2008, Sovu et al. 2010). O uso de espécies nativas de cada região, no entanto, é muitas vezes limitado pela falta de informações básicas sobre sua ecologia e ecofisiologia (Hooper et al. 2002, Gunaratne et al. 2011). Em áreas de pastagens abandonadas, diversos autores têm demonstrado que a presença de gramíneas na área pode afetar negativamente tanto o crescimento como a sobrevivência de plântulas de espécies de árvores (Nepstal et al. 1996; Holl et al. 2000; Hooper et al. 2002; Rey Benayas et al. 2003; Peterson & Carson 2008; Griscom et al. 2009; García-Orth & Martínez-Ramos 2011). Contudo, embora a competição entre plântulas de espécies de árvores e a vegetação herbácea tenha recebido interesse crescente nos últimos anos, pouco se sabe sobre a importância relativa da competição que ocorre acima e abaixo do solo entre as espécies envolvidas no crescimento de árvores nativas (Bloor et al. 2008).

As condições ambientais durante os estágios iniciais de plantas são determinantes para o seu crescimento relativo, e conseqüentemente para seu estabelecimento (Castro et al. 2008). Embora a competição entre espécies de árvores e herbáceas ocorra por luz, água e nutrientes, a competição por água parece ser o principal fator limitante para o estabelecimento de plântulas de árvores, principalmente em áreas de pastagens de regiões de sazonalidade bem definida (Garau et al. 2009; Cavalcante et al. 2010). Contudo, o histórico da área de plantio quando inclui remoção da camada superficial do solo, erosão, quantidade de ciclos de cultivo, compactação do solo e exposição direta do solo a radiação solar, bem como outras condições abióticas como chuva e vento podem alterar a importância relativa da disponibilidade de água e da disponibilidade de nutrientes no estabelecimento de espécies de árvores em diferentes sítios (Gunaratne et al. 2011).

Embora árvores sejam muito vulneráveis aos efeitos negativos da competição com gramíneas exóticas enquanto plântulas, indivíduos de espécies de árvores já estabelecidos são capazes de modificar a composição, a distribuição e a produtividade das gramíneas (Davis et al. 1999, Bloor et al. 2008). Kogan (1992) encontrou que as herbáceas daninhas foram mais competitivas durante os primeiros dois anos após o plantio de eucaliptos do que após os anos subsequentes. Assim, o resultado da competição entre espécies de árvores e gramíneas pode se alterar ao longo do desenvolvimento das espécies de árvores e, entender como essa relação modifica-se ao longo do tempo pode fornecer informações importantes para otimizar o manejo das gramíneas em projetos de recuperação florestal (Garau et al. 2009).

Além das taxas de crescimento, os padrões alométricos podem ser usados como um indicador de sucesso do estabelecimento de plântulas e plantas jovens, pois a alometria de árvores é sensível a mudanças de fatores ambientais como a quantidade de

radiação solar, fertilidade do solo e densidade de plantas vizinhas. Plantas jovens com diferentes padrões alométricos apresentam diferenças nas taxas de sobrevivência e crescimento sob diferentes condições de luz e recursos abaixo do solo (García-Orth & Martínez-Ramos 2010). No entanto, estudos avaliando a modificação da forma das árvores em resposta à competição com gramíneas ainda são escassos.

Este estudo avaliou experimentalmente o crescimento de sete espécies de árvores em uma área de pastagem. Nossa hipótese foi de que a competição por recursos acima e abaixo do solo entre as espécies envolvidas influenciaria negativamente as taxas de crescimento das espécies de árvores, além de modificar seu padrão de alocação de biomassa da porção aérea. Especificamente o experimento avaliou: (1) se a competição com gramíneas acima e abaixo do solo afeta as taxas de crescimento relativo e altura das espécies de árvores; (2) se o efeito da competição se altera ao longo do desenvolvimento das espécies de árvores; (3) se as relações entre a altura e diâmetro, altura da primeira ramificação e tamanho de copa de espécies de árvores variam entre diferentes tipos de manejo de gramíneas.

Material e Métodos

Área de estudo

Este estudo foi conduzido em uma área experimental de pastagem da Embrapa Gado de Corte (20°25'27''S e 54°41'16''W), no município de Campo Grande, no estado de Mato Grosso do Sul. O regime de precipitação é tipicamente tropical, com dois períodos distintos: uma estação chuvosa, de outubro a março, e uma estação seca, de abril a setembro. A precipitação média anual da região varia entre 1.400 e 1.600mm. O mês com maior precipitação é geralmente janeiro, com precipitação média entre 150 e 250mm e o mês mais seco é geralmente julho (Figura 1), com precipitação média entre

10 e 40mm. A temperatura média anual varia entre 22 e 25°C, sendo o mês mais quente outubro (temperaturas entre 23 e 27°C) e julho o mais frio (temperaturas entre 17 e 22°C) (Campelo-Júnior et al. 1997). O relevo da área é plano com altitudes entre 200 e 600m e o solo da área é do tipo Latossolo vermelho distrófico. Originalmente a área era ocupada pela formação de Cerrado *sensu stricto*, com vegetação formada por arbustos, arvoretas e um estrato herbáceo dominados por gramíneas. Quinze anos antes da implantação do experimento a vegetação original foi suprimida a área foi desmatada e foi realizada a semeadura da gramínea exótica *Urochloa brizantha* (Hoschst. Ex A. Rich).

Delineamento experimental

A influência do manejo de gramíneas no crescimento da porção aérea de espécies de árvores foi avaliada através de um experimento fatorial 3×7 em uma área de pastagem abandonada. O fator “manejo de gramíneas” foi constituído de três níveis de tratamento: “Gramíneas Removidas” (GR), no qual as gramíneas foram totalmente removidas com a aplicação do herbicida glifosato; “Gramíneas cortadas” (GC), no qual as gramíneas foram roçadas a uma altura de aproximadamente 10 cm do solo; e o “Controle” (CT) onde as gramíneas foram mantidas intactas. O segundo fator foi composto por sete espécies de fabáceas arbóreas com diferentes características ecológicas (Tabela 1), sendo elas: *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Pterogyne nitens* Tul., *Dimorphandra mollis* Benth., *Copaifera langsdorffii* Desf., *Dipteryx alata* Vog. e *Hymenaea stigonocarpa* Mart.

Cinco blocos foram aleatoriamente marcados na área experimental, com pelo menos 20m de distância um do outro para incorporar a heterogeneidade ambiental da pastagem. Dentro de cada bloco, foram marcadas três parcelas (10 m x 7 m cada), separadas umas das outras por cinco metros para minimizar a influência da parcela vizinha. Em cada parcela, dentro de blocos, foi aplicado aleatoriamente um nível de

tratamento do fator “manejo de gramíneas”. Dentro de cada parcela, 70 sub-parcelas de 1m × 1m foram marcadas e cada espécie foi semeada em 10 das sub-parcelas. Para aumentar a probabilidade de que pelo menos um indivíduo tivesse seu crescimento acompanhado, foram semeadas cinco sementes em cada sub-parcela, distanciadas em aproximadamente 10 cm. Após a estabilização da emergência de plântulas (aproximadamente quatro meses), nas sub-parcelas em que houvesse mais de uma plântula sobrevivente, retirou-se as plântulas excedentes, mantendo-se apenas uma por sub-parcela para evitar o efeito da competição intraespecífica. Um total de 5.250 sementes das sete espécies (750 sementes por espécie) foi semeado nos cinco blocos, 15 parcelas e 1.050 sub-parcelas. Com exceção de *D. alata*, as demais espécies utilizadas no experimento possuem dormência de sementes e, por isso, receberam tratamento para superação de dormência (Tabela 1).

O experimento foi instalado em 26 de janeiro de 2009 e foi vistoriado quinzenalmente até o final da estação chuvosa (quatro meses) para acompanhamento da emergência de plântulas. Todas as plântulas sobreviventes após o desbaste das plântulas excedentes em cada sub-parcela tiveram sua altura e diâmetro na altura do solo (DAS) medidos no dia do desbaste e há aproximadamente cada três meses até o fim do experimento, em novembro de 2010. Após 22 meses, as variáveis proporção da altura da primeira ramificação em relação à altura total dos indivíduos e o tamanho da copa foram adicionalmente avaliadas. A proporção da altura da primeira ramificação foi estimada através da razão entre a altura da primeira ramificação e a altura total de cada indivíduo e o tamanho da copa foi estimado subtraindo a altura da primeira ramificação da altura total de cada indivíduo. Além disto, utilizando-se os dados de altura e DAS na última coleta avaliamos se a relação entre estas duas variáveis variou entre os tratamentos.

Análise dos dados

Os dados de altura foram usados para estimar a taxa de crescimento relativo (TCR) e a variação da altura absoluta de cada espécie nos diferentes tratamentos de manejo de gramíneas ao longo do tempo. A variação da altura absoluta ao longo do tempo (Tempo) e entre os diferentes tipos de Manejo de gramíneas foram analisados através de Análise de Variância de Medidas Repetidas, com o fator de correção de Greenhouse-Geiser dos valores de F e seguido de contrastes ortogonais que avaliou diferenças entre os níveis de tratamento dentro do fator “Tempo”. Devido à baixa sobrevivência de espécies de sementes pequenas nos GC e CT (veja resultados) a variação da altura ao longo do tempo foi avaliada apenas nos quatro períodos iniciais para *M. caesalpinifolia* e *P. dubium*.

Os dados de altura e DAS obtidos ao final do experimento foram utilizados para avaliação do fator “manejo de gramíneas” na resposta alométrica das espécies de árvores. Para cada espécie foram ajustados modelos de regressões lineares entre altura e DAS. Os modelos foram comparados através da Análise de Covariância (ANCOVA). Devido à baixa sobrevivência de espécies de sementes pequenas nos tratamentos GC e CT (veja resultados), esta análise restringiu-se as espécies *D. mollis*, *D. alata* e *H. stigonocarpa*, em que foram ajustadas curvas para todos os tratamentos de manejo de gramíneas, e *C. langsdorffii*, mas apenas para os tratamentos GC e GR.

O efeito do fator “manejo de gramíneas” na proporção da altura da primeira ramificação e o tamanho da copa foi avaliado através de Análise de Variância (ANOVA). Comparações múltiplas, através do teste de HSD Tukey, foram conduzidas para avaliar as diferenças entre os níveis de tratamento. Os dados de altura total, tamanho da copa e do DAS foram transformados em logaritmo e da proporção da altura

da primeira ramificação foi transformado em arcoseno da raiz quadrada para homogeneização das variâncias. O nível de significância utilizado foi de $p < 0,05$.

Resultados

O padrão de crescimento das espécies de árvores variou entre os níveis de tratamentos de manejo de gramíneas (Figuras 2 e 3). De maneira geral, as espécies de árvores apresentaram maior crescimento no tratamento onde as gramíneas foram totalmente removidas (GR) do que nos tratamentos GC e CT (Figura 2 e 3). Contudo, as diferenças nas taxas de crescimento relativo (TCR) entre os três níveis de tratamentos tenderam a diminuir ao longo do tempo (Figura 2).

A altura dos indivíduos diferiu entre os tratamentos e ao longo do tempo, mas a interação entre estes dois fatores foi significativa para todas as espécies (Tabela 2). Resultados dos Contrastes Ortogonais seguidos à ANOVA, que avaliou a altura dos indivíduos entre os três diferentes tipos de manejo dentro do fator Tempo mostraram que, de uma maneira geral, a altura dos indivíduos em todas as fases ao longo do tempo de desenvolvimento não diferiu entre os tratamentos GC e CT, contudo estes dois tratamentos diferiram do tratamento GR. As sementes menores atingiram maiores alturas na exclusão de competidores (GR) desde o início das avaliações, enquanto que o aumento do tamanho das sementes levou a uma diferenciação posterior na altura de árvores em relação à presença e ausência de gramíneas.

A relação entre a altura e diâmetro (DAS) variou entre os tratamentos em todas as espécies, sendo que para *D. mollis*, apesar de o resultado da ANCOVA ter indicado diferenças na inclinação das retas entre os tratamentos de manejo de gramíneas (significância da interação entre tratamento e diâmetro, $F = 4,987$; $p = 0,010$), o teste de Tukey mostrou apenas uma tendência de diferença entre os tratamentos CT e GC ($Q =$

0,611; $p = 0,083$) e CT e GR ($Q = 0,609$; $p = 0,095$). Para *C. langsdorffii* a relação entre altura e diâmetro não foi significativa no tratamento GC, mas foi significativa na ausência de competidores (tratamento GR). *D. alata* apresentou relações significativas entre altura e diâmetro para os tratamentos GC e GR, enquanto que para o tratamento controle esta relação não foi significativa. Apesar de as plantas submetidas aos tratamentos GC e GR apresentarem um padrão semelhante de incremento da altura em relação ao aumento de diâmetro (interação entre tratamento e diâmetro não significativa), plantas submetidas ao tratamento GR ficaram significativamente maiores do que plantas submetidas ao tratamento GC após os 22 meses de experimento ($F_{1,89} = 52,727$; $p < 0,001$). *H. stigonocarpa* apresentou uma relação significativa entre altura e diâmetro para os três tratamentos de manejo de gramíneas. Em todos os tratamentos plantas desta espécie apresentaram um padrão semelhante de incremento da altura em relação ao aumento de diâmetro (interação entre tratamento e diâmetro não significativa). No entanto, plantas submetidas aos tratamentos CT e GR foram significativamente maiores do que plantas submetidas ao tratamento GC.

O padrão de ramificação da parte aérea das espécies estudadas variou entre os tratamentos de manejo de gramíneas (Figura 5). A proporção entre a altura da primeira ramificação e a altura total das plantas e o tamanho de copa de *M. caesalpinifolia*, *P. dubium* e *P. nitens* está apresentada apenas para o tratamento GR, devido à baixa sobrevivência de indivíduos destas espécies nos tratamentos CT e GC. Para plantas de *D. mollis* não foram encontradas diferenças significativas na proporção de ramificação entre os tratamentos de manejo de gramíneas (Figura 5a), mas o tamanho da copa diferiu entre os três tratamentos. Os tamanhos das copas das plantas eram maiores nas parcelas onde as gramíneas foram totalmente removidas (GR), seguido pelos tratamentos GC e CT (Figura 5b). *Copaifera langsdorffii* e *D. alata* apresentaram

diferenças na proporção da altura de ramificação e no tamanho da copa entre os tratamentos sendo que, onde a gramínea foi totalmente retirada (GR) as plantas se ramificaram numa altura relativamente mais baixa e apresentaram copas maiores do que nos tratamentos CT e GC. Para *H. stigonocarpa* foi encontrado um gradiente na altura da primeira ramificação em relação ao grau de competição com gramíneas, sendo que plantas submetidas ao tratamento CT ramificaram em maiores alturas do que plantas do tratamento GC e subseqüentemente do que plantas do tratamento GR (Figura 5a). No entanto, o tamanho da copa das plantas foi maior apenas no tratamento GR (Figura 5b).

Discussão

A análise do crescimento das espécies de árvores revelou que todas as espécies foram negativamente influenciadas pela competição com gramíneas. É esperado que maiores taxas de crescimento relativo de indivíduos de espécies vegetais ocorram na ausência de competição, contudo, poucos estudos avaliam qual recurso limitante (luz, nutrientes ou água) está envolvido nas relações de competição entre as espécies de árvores e as gramíneas em pastagens abandonadas. Holl (1998) mostrou que a redução das partes aéreas de gramíneas aumentou a biomassa de guanandi, *Calophyllum brasiliense*, numa taxa maior do que quando as raízes desta espécie eram isoladas das raízes de gramíneas, sugerindo que a competição seria mais intensa entre partes aéreas (acima do solo) do que radiculares. No entanto, Gunaratne et al. (2011) testaram a hipótese de que a competição acima e abaixo do solo de quatro espécies de árvores com a gramínea *Cymbopogon nardus* poderia limitar o estabelecimento das espécies de árvores. Seus resultados indicaram que, para todas as espécies, a taxa média de crescimento relativo foi quatro vezes maior na ausência de competição abaixo do solo durante os primeiros 18 meses de experimento. Nosso estudo corroborou os resultados

encontrados por Gunaratne et. al (2011), sugerindo que a competição por recursos entre as espécies de árvores e gramíneas exóticas ocorreu principalmente por recursos abaixo do solo, uma vez que o crescimento dos indivíduos de todas espécies avaliadas não diferiu entre os tratamentos CT e GC, mas ambos diferiram de GR.

Nosso experimento, no entanto, não nos permitiu distinguir qual recurso abaixo do solo, se nutrientes ou água restringiram o crescimento das espécies de árvores avaliadas. Contudo a análise conjunta da taxa de crescimento relativo na ausência de competição (GR) e do balanço hídrico da área experimental durante a execução do experimento sugere que o recurso água pode ser limitante, uma vez que, para a maioria das espécies, o crescimento durante o primeiro ano do desenvolvimento coincidiu com uma maior a disponibilidade hídrica. Além disto, durante o período de déficit hídrico, o crescimento para quase todas as espécies foi nulo, sugerindo que o recurso água seria limitante para o crescimento das espécies de árvores. Garau et al. (2009) avaliaram o efeito da competição de plantas daninhas com *Eucalyptus globulus* subsp. *Maidenii* e seus resultados mostraram que a presença de plantas daninhas, independentemente da sua porcentagem de cobertura do solo, reduziu significativamente a disponibilidade de água deste de zero a 20 cm de profundidade. Segundo estes autores, a competição por água representa o principal fator limitante para o estabelecimento de plântulas de árvores.

Os resultados do experimento mostraram uma tendência geral de diminuição da diferença das TCR das espécies de árvores entre os tratamentos de manejo de gramíneas ao longo do tempo. Durante o segundo ano a taxa de crescimento relativo diminuiu em cinco das espécies ou se manteve constante em duas espécies (*P. nitens* e *C. langsdorffii*), especialmente nas parcelas em que as gramíneas foram removidas. Nesta fase houve uma diminuição também das diferenças da TCR entre o tratamento GR e os

outros dois tratamentos GC e CT. Com o aumento do tamanho absoluto das plantas jovens de árvores ao longo do tempo, as raízes poderiam estar atingindo camadas inferiores do solo e superar a zona de competição com as raízes das gramíneas, uma vez que estas tendem a ser superficiais, com raízes atingindo uma profundidade média de aproximadamente 20 cm, no caso específico de *U. brizantha* (Almeida et al. 2011). Este padrão de crescimento foi semelhante ao encontrado por Garau et al. (2009) que avaliou por três anos a sobrevivência e crescimento de *Eucalyptus globulus* sob diferentes graus de competição com ervas daninhas. Seus resultados mostraram que as ervas daninhas são mais competitivas durante o primeiro ano após o plantio de eucaliptos do que nos anos subsequentes. Estes autores também sugerem que as árvores superam a influência negativa imposta pelas plantas daninhas conforme suas raízes passam a acessar os recursos abaixo da “zona de influência” das plantas daninhas. Gunaratne et al. (2011) também encontraram uma redução no efeito negativo da competição abaixo do solo entre quatro espécies de árvores e a gramínea *Cymbopogon nardus* com o aumento do tempo de experimento. Enquanto o crescimento das espécies de árvores foi positivamente afetado pela exclusão da competição nos 18 primeiros meses de experimento, após este período o efeito da competição não influenciou mais o crescimento de plantas.

Relacionando-se o crescimento das espécies de árvores ao tamanho de sementes observou-se que para espécies de sementes menores há uma diferenciação em relação à altura de plantas entre os tratamentos com e sem competição desde o início do desenvolvimento dos indivíduos, sendo que na ausência de competição as plantas apresentaram maiores alturas. Com o aumento do tamanho de sementes, no entanto, a altura de plantas passa a se diferenciar entre os tratamentos de manejo de gramíneas somente em fases mais tardias de desenvolvimento. Como as espécies de sementes

menores são mais sensíveis à competição com gramíneas e crescem numa taxa maior na ausência de competidores quando comparadas as espécies de sementes grandes, as diferenças em altura dos indivíduos como resposta à competição são mais facilmente detectáveis nas espécies de sementes pequenas.

A competição por recursos, de maneira geral, parece não ter alterado a relação entre a altura e o diâmetro dos indivíduos das quatro espécies de árvores avaliadas, uma vez que a inclinação das retas dos modelos de regressão ajustados não diferiu entre os tratamentos. Contudo, para três das quatro espécies avaliadas a altura da primeira ramificação foi menor no tratamento GR do que na presença de gramíneas. Como essas mesmas plantas possuem uma maior altura apresentam, conseqüentemente, um maior tamanho de copa. Sob a perspectiva da recuperação florestal, a arquitetura de plantas que resultem em uma maior área de copa das árvores podem ser de particular interesse, pois árvores com a mesma altura, mas com copas maiores, podem sombrear uma maior área de solo, produzir mais serapilheira e prover mais pontos de poleiro para dispersores de sementes (García-Orth & Martínez-Ramos 2010) 2010) podendo assim, facilitar o estabelecimento posterior de outras espécies.

Conclusão

- Os resultados deste estudo mostram que apenas a remoção total de gramíneas influencia positivamente o padrão de crescimento e o tamanho da copa de indivíduos de espécies de árvores durante a fase de estabelecimento. A competição acima do solo não influenciou os padrões de crescimento nem o tamanho de copa.
- Apesar de que o efeito da competição com gramíneas na taxa de crescimento relativo das plantas diminuiu para níveis negligenciáveis, após aproximadamente 15 meses a partir da semeadura, a altura total das plantas e o tamanho da copa se mantiveram menores do que na ausência de gramíneas mesmo após 22 meses. Em projetos de recuperação florestal, o manejo de remoção total de gramíneas nas linhas de plantio poderia ser suprimido após a fase de estabelecimento, uma vez que, as árvores já estariam maiores e sairiam da zona de competição com gramíneas.

Referências Bibliográficas

- Almeida, R. G., V. P. B. Euclides, M. C. M. Macedo, A. C. Quintino, and N. N. Nantes. 2011. Parte aérea e sistema radicular de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob três alturas de pastejo. 48ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Belém, 18-21 Jul 2011. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Brasília, Brasil.
- Bloor, J. M. G, P. W. Leadley, and L. Barthes. 2008. Responses of *Fraxinus excelsior* seedlings to grass-induced above- and below-ground competition. *Plant Ecology* **194**:293-304.
- Camargo, J. L. C., I. D. K. Ferraz, and A. M. Imakawa. 2002. Rehabilitation of degraded areas of Central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. *Restoration Ecology* **10**:636-644.
- Campelo-Júnior, J. H., A. Sandanielo, C. R. Caneppele, and B. M. A. Soriano, 1997. Climatologia. Pages 309-349 in Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – PCBAP Meio Físico. V.II, Tomo I. Ministério do Meio Ambiente, Programa Nacional do Meio Ambiente, Brasília, D. F., Brasil.
- Castro, J., P. B. Reich, A. Sánchez-Miranda, and J. D. Guerrero. 2008. Evidence that the negative relationship between seed mass and relative growth rate is not physiological but linked to species identity: a within-family analysis of Scots pine. *Tree Physiology* **28**:1077-1082.
- Cavalcante, A., M. I. G. Braz, and E. A. Mattos. 2010. Germination biology and seedling growth of *Clusia hilariana* Schltdl., a dominant CAM-tree of drought-prone sandy coastal plains. *Ecological Restoration* **25**:781-787.
- Davis, M. A., K. J. Wrage, P. B. Reich, M. G. Tjoelker, T. Schaeffer, and C. Muermann. 1999. Survival, growth, and photosynthesis of tree seedlings

- competing with herbaceous vegetation along a water-light-nitrogen gradient. *Plant Ecology* **145**:341-350.
- Doust, S. J., P. D. Erskine, and D. Lamb. 2008. 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* **256**:1178-1188.
- Engel, V. L., and J. A. Parrotta. 2001. An evaluation of direct seeding for restoration of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. *Forest Ecology and Management* **152**:169-181.
- Garau, A. M., C. M. Ghera, J. H. Lemcoff, and J. J. Baraño. 2009. Weeds in *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii* (F. Muell) establishment: effects of competition on sapling growth and survivorship. *New Forests* **37**:251-264.
- García-Orth, X., and M. Martínez-Ramos. 2011. Isolated Trees and Grass Removal Improve Performance of Transplanted *Trema micrantha* (L.) Blume (Ulmaceae) Saplings in Tropical Pastures. *Restoration Ecology* **19**:24-34.
- Griscom, H. P., B. W. Griscom, and M. S. Ashton. 2009. Forest Regeneration from Pasture in the Dry Tropics of Panama: Effects of Cattle, Exotic Grass, and Forested Riparia. *Restoration Ecology* **17**: 17-126.
- Gunaratne, A. M. T. A., C. V. S. Gunatilleke, I. A. U. N. Gunatilleke, H. M. S. P. Madawala Weerasinghe, and D. F. R. P. Burslem. 2011. Release from root competition promotes tree seedling survival and growth following transplantation into human-induced grasslands in Sri Lanka. *Forest Ecology and Management*, **262**:229-236.
- Holl, K. D. 1998. Effects of above- and below-ground competition of shrubs and grass on *Calophyllum brasiliense* (Camb.) seedling growth in abandoned tropical pasture. *Forest Ecology and Management* **109**:187-195.

- Holl, K. D., M. E. Loik, E. H. V. Lin, and I. A. Samuels. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* **8**: 339-349.
- Hooper, E., R. Condit, and P. Legendre. 2002. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications*, **12**:1626-1641.
- Kogan M. A. Interferencia de las malezas em plantaciones forestales y estrategias de control. Pages 119-124 in: M. A. Kogan, editor. *Avances en manejo de malezas en producción agrícola y forestal*. UCC, Santiago, Chile.
- Martins, R., N. M. Carvalho, and A. P. Oliveira. 1992. Dormancy break in sabia seeds (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). *Revista Brasileira de Sementes* **14**:5-8.
- Moles, A. T., and M. Westoby. 2004. Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. *Journal of Ecology* **92**:372-383.
- Nassif, S. M. L., and S C. J. G. A. Perez. 1997. Effects of pre treatment and depth sowing on the germination of *Pterogyne nitens* Tul. (amendoim-do-campo) seeds. *Revista Brasileira de Sementes* **19**:171-178.
- Nepstad, D. C., C. Uhl, C.A. Pereira, and J. M. Cardoso da Silva. 1996. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. *Oikos* **76**:25-39.
- Oliveira, L. M., A. C. Davide, and M. L. M. Carvalho. 2008. Teste de germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert – Fabaceae. *Floresta* **38**:545-551.
- Pereira, S. R., G. R. Giraldelli, V. A. Laura, and A. L. T. Souza. 2011. Fruit and seed size and their influence on the germination of *Hymenaea stigonocarpa* var.

- stigonocarpa Mart. ex Hayne (Leguminosae- Caesalpinoideae). Revista Brasileira de Sementes **33**:141-148.
- Peterson, C. J., and W. P. Carson. 2008. Processes constraining woody species succession on abandoned pastures in the tropics: on the relevance of temperate models of succession. Pages 367-383 in: P. W. P. Carson, and S. A. Schnitzer. Tropical forest community ecology. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Rey Benayas, J. M., T. Espigares, and P. Castro-Díez. 2003. Simulated effects of herb competition on planted *Quercus faginea* seedlings in Mediterranean abandoned cropland. Applied Vegetation Science **6**:213-222.
- Salomão N. A., J. C. Souza-Silva, A. C. Davide, S. Gonzáles, R. A. A. Torres, M. M. V. S. Wetzel, F. Fireli, and L.S.Caldas. 2003. Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do Cerrado. Rede de Sementes do Cerrado, Brasília, D.F., Brasil.
- Sovu, P. S., M. Tigabu, and P. C. Odén. 2010. Restoration of Former Grazing Lands in the Highlands of Laos Using Direct Seeding of Four Native Tree Species. Mountain Research and Development **30**:232-243.

Tabela 1. Características ecológicas das espécies utilizadas nos experimentos, e tratamento para superação de dormência. Todas as espécies são fotoblásticas neutras, heliófitas e tolerantes a seca.

Espécie	Categoria Ecológica	Massa da semente	Tratamento para superação de dormência
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	Pioneira	0,03g	Escarificação química em H ₂ SO ₄ (7 min) (Martins et al. 1992)
<i>Peltophorum dubium</i>	Secundária	0,05g	Imersão em água quente (80°C por 1 min) (Oliveira et al. 2008)
<i>Pterogyne nitens</i>	Secundária	0,11g	Punção do tegumento (Nassif & Perez 1997)
<i>Dimorphandra mollis</i>	Pioneira	0,24g	Escarificação mecânica (Salomão et al. 2003)
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Clímax	0,48g	Escarificação química em H ₂ SO ₄ (5 min) (Salomão et al. 2003)
<i>Dipteryx alata</i>	Secundária	1,2g	Sem dormência
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Clímax	3,42g	Escarificação mecânica (Pereira et al. 2011)

Tabela 2 – Anova de Medidas Repetidas da altura de plantas recrutadas de sete espécies de árvores em quatro sítios numa área de pasto abandonado usando três tipos de manejo: gramíneas removidas (GR), gramíneas cortadas (GC) e controle (CT) ao longo de 22 meses. g.l. = graus de liberdade. Anova Multivariada, WL = Valor de Wilks' Lambda.

Fonte	Entre objetos		Dentro de objetos			
	Tipo de manejo		Tempo		Tempo × Tipos de manejo	
	g.l.	F	g.l.	F	g.l.	F
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	2	100,870***	3	0,179 ^{NS}	6	31,616***
<i>Peltophorum dubium</i>	2	389,294***	3	21,894***	6	232,205***
<i>Pterogyne nitens</i>	2	42,974***	6	1,803 ^{NS}	12	38,038***
<i>Dimorphandra mollis</i>	2	80,191***	6	199,794***	12	49,343***
<i>Copaifera langsdorffii</i>	2	21,423***	6	4,432**	12	24,106***
<i>Dipteryx alata</i>	2	84,456***	6	12,860***	12	42,653***
<i>Hymeneae stigonocarpa</i>	2	123,814***	6	78,169***	12	53,475***

Legendas das Figuras

Figura 1. Diagrama climático de Walter da área experimental entre os meses de janeiro de 2009 a novembro de 2010.

Figura 2. Taxa de crescimento relativo das espécies de árvores avaliadas ao longo do tempo em função do tratamento de manejo de gramíneas. As espécies estão apresentadas em ordem crescente de massa de sementes. As barras representam o erro padrão.

Figura 3. Altura das espécies de árvores avaliadas ao longo do tempo em função do tratamento de manejo de gramíneas. As espécies estão apresentadas em ordem crescente de massa de sementes. As barras representam erro padrão. Letras iguais conectam diferenças não significativas.

Figura 4. Relações entre altura e diâmetro de quatro espécies de árvores, sob diferentes tratamentos de manejo de gramíneas, após dois anos de experimento.

Figura 5. Altura média da ramificação (relação entre a altura da ramificação e altura total) (a) e tamanho da copa (b) de *Mimosa caesalpiniiifolia* (MCA), *Peltophorum dubium* (PDU), *Pterogyne nitens* (PNI), *Dimorphandra mollis* (DMO), *Copaifera langsdorfii* (CLA), *Dipteryx alata* (DAL) e *Hymenaea stigonocarpa* (HST) sob diferentes tratamentos de manejo de gramíneas após 652 dias a partir da semeadura. As barras representam erro padrão. Letras iguais conectam diferenças não significativas.

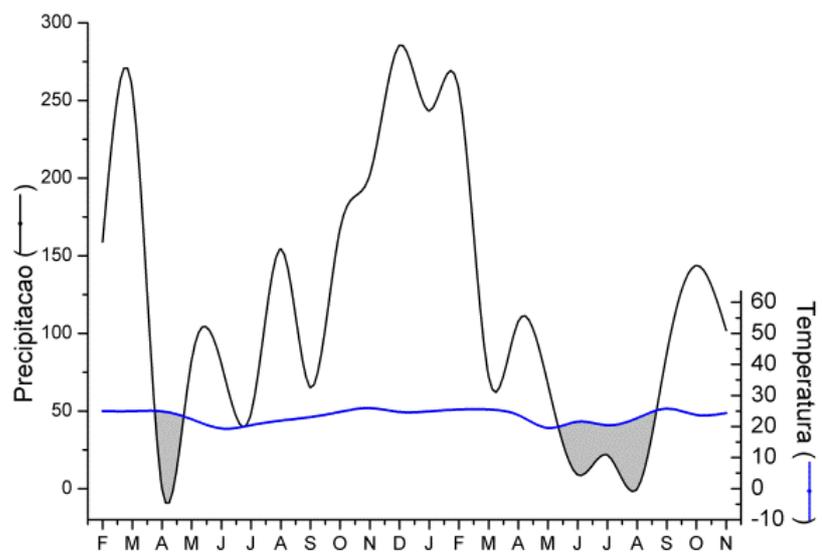


Figura 1

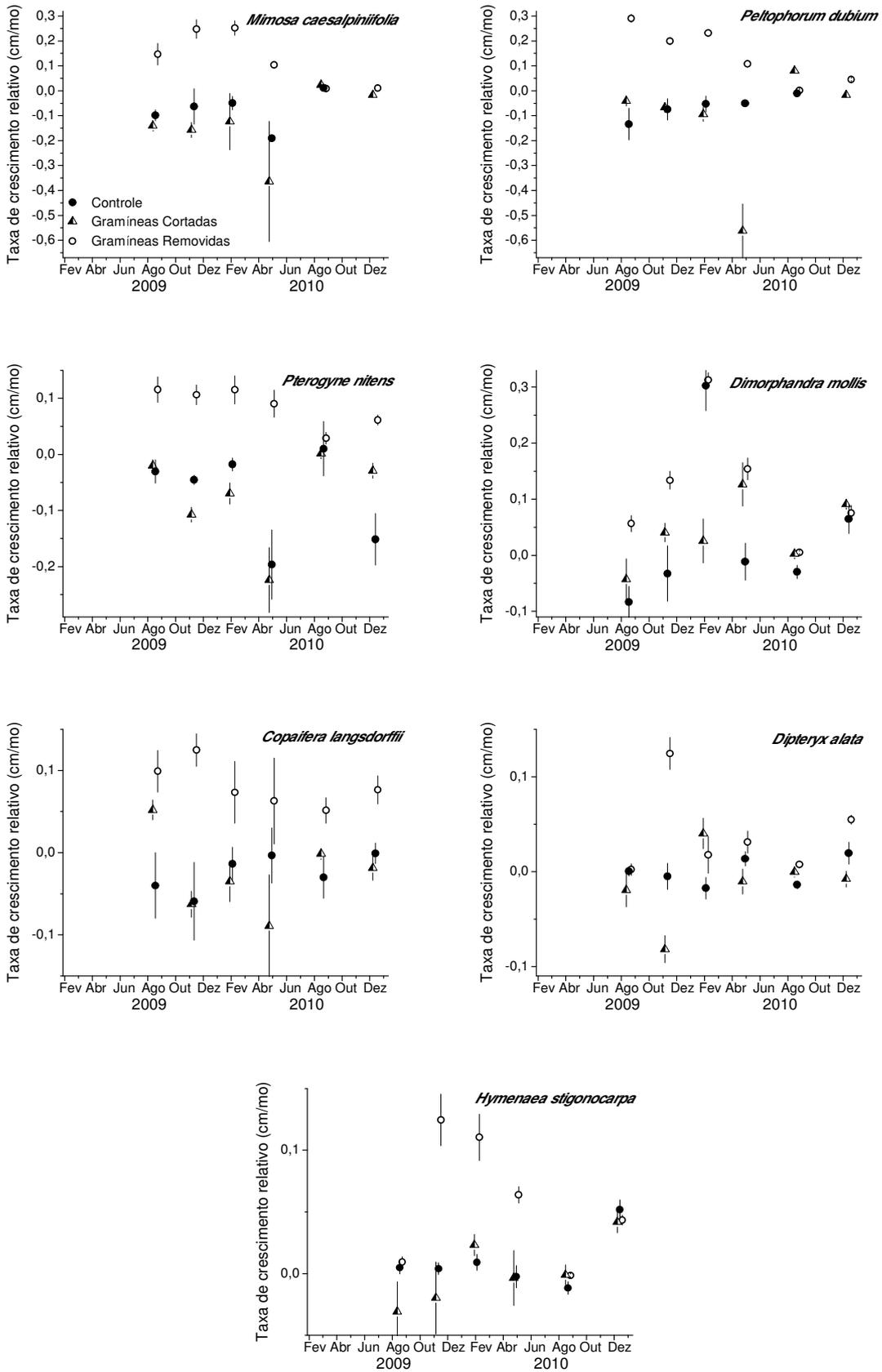


Figura 2

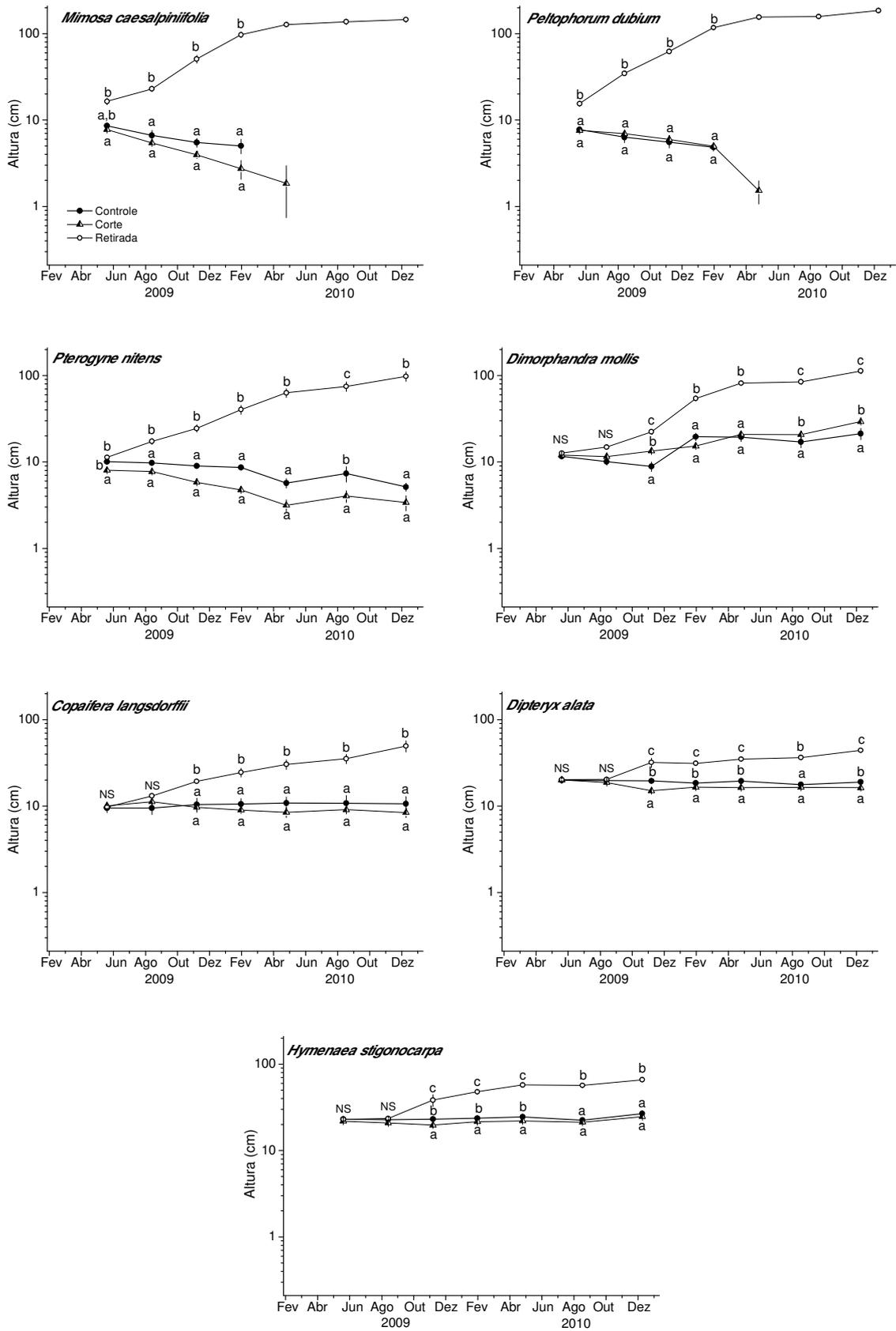


Figura 3

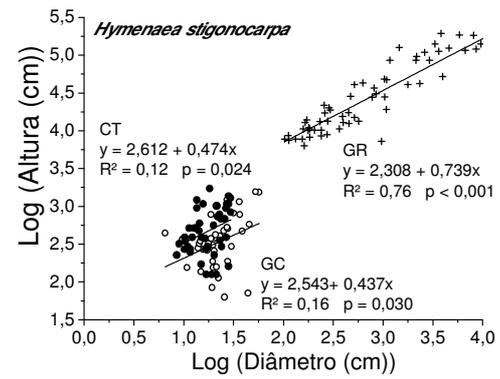
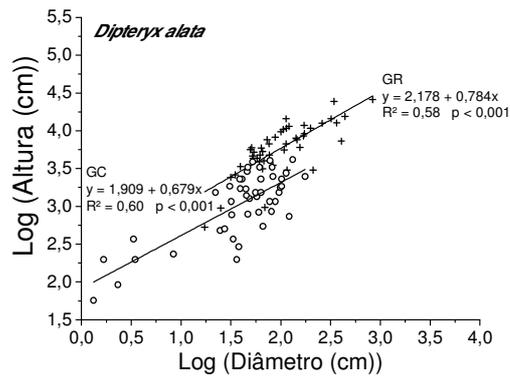
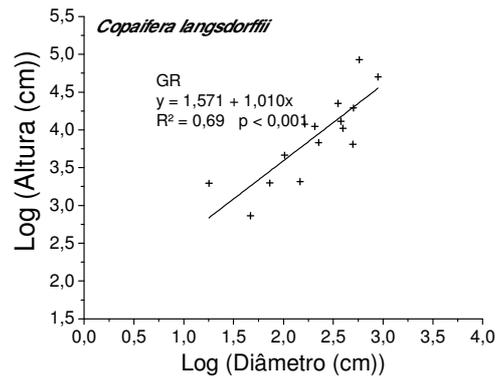
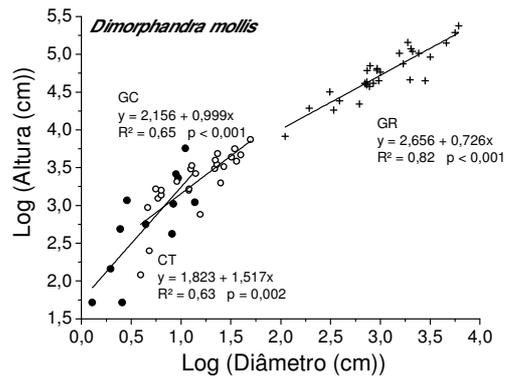


Figura 4

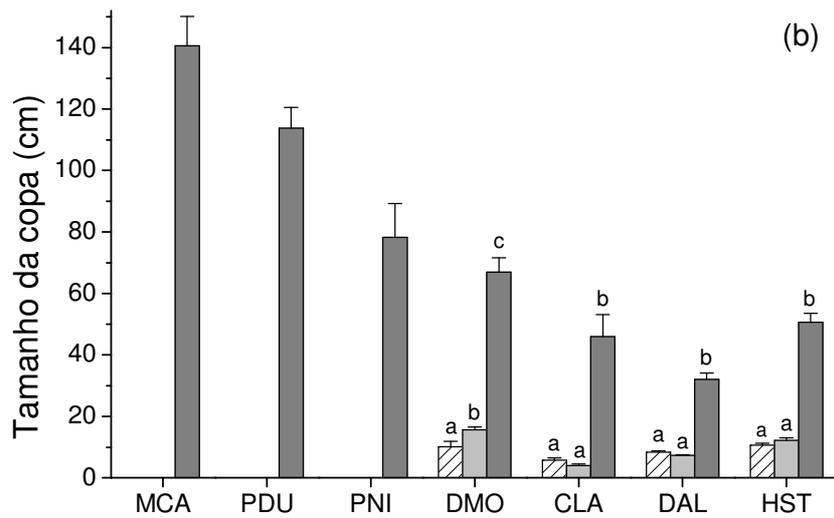
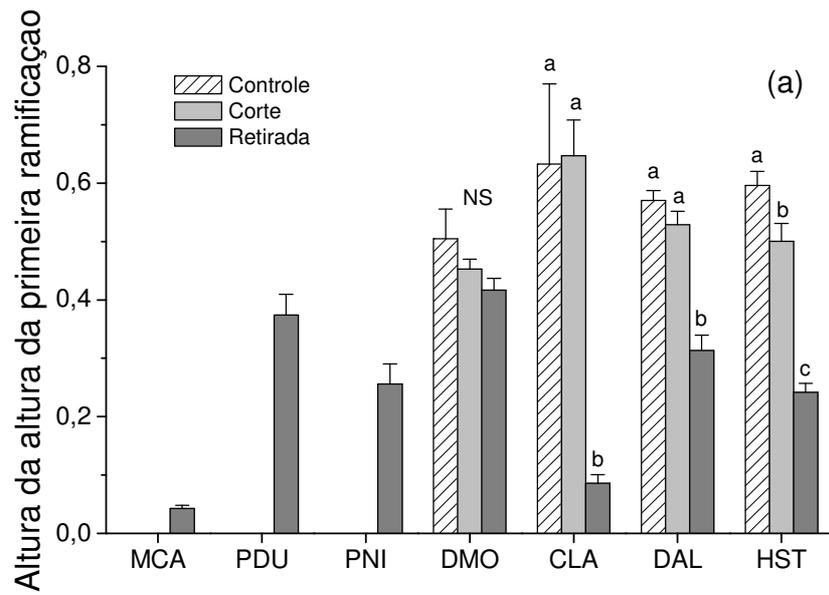


Figura 5

Considerações finais

A semeadura direta ainda é pouco utilizada como método de recuperação de áreas degradadas em comparação ao plantio de mudas. O presente estudo mostrou, no entanto, que a utilização desta técnica para a recuperação florestal de pastagens com espécies de fabáceas é possível. No entanto, alguns aspectos como a superação de dormência de sementes, o tamanho de sementes utilizadas e o manejo das gramíneas devem ser considerados para o sucesso do projeto de recuperação.

A manipulação do tempo de emergência de plântulas, através da superação de dormência de sementes, é interessante para a obtenção de um recobrimento da área mais rápido e uniforme. Além disso, plântulas de espécies de árvores que passaram por uma maior estação de crescimento por terem emergido no início da estação chuvosa podem ser melhores competidoras com as gramíneas.

O tamanho de sementes das espécies de árvores é uma característica ecológica que refletiu diretamente em outros parâmetros da história de vida das espécies estudadas como, por exemplo, crescimento e sobrevivência. Espécies com sementes menores, apesar de apresentarem maiores taxas de crescimento na ausência de competição, não são capazes de sobreviver quando a gramínea *Urochloa brizantha* não é removida. Espécies de sementes grandes, por outro lado, crescem a menores taxas do que as sementes menores, mas apresentam alta sobrevivência sob competição com gramíneas.

O manejo da gramínea para a implantação do projeto de recuperação é necessário para obtenção de maiores taxas de estabelecimento de plantas de espécies de árvores, uma vez que foi constatado que a competição entre as espécies envolvidas ocorreu por recursos abaixo do solo. Por isso a remoção da gramínea, incluindo-se suas raízes, possibilitará o estabelecimento de um maior número de espécies, com diferentes tamanhos de sementes. Em casos onde não é possível o manejo de gramíneas, a utilização de espécies de árvores com maiores tamanhos de sementes resultará em

maiores probabilidades de estabelecimento, embora o crescimento das espécies de árvores seja retardado pela presença de gramíneas.

Após a implantação do projeto de recuperação, a importância da remoção das gramíneas que regerem na área tende a diminuir com o passar do tempo. Isto porque com o crescimento dos indivíduos das espécies de árvores, estes superam a zona de competição com as raízes da gramínea e não são mais influenciadas pela presença da mesma. Além disso, a sombra produzida por uma maior projeção da área de copa das espécies de árvores tende a limitar o crescimento das gramíneas.



Foto 1. Sementes das espécies utilizadas nos experimentos: *Mimosa caesalpinifolia* (a), *Peltophorum dubium* (b), *Pterogyne nitens* (c), *Dimorphandra mollis* (d), *Copaifera langsdorffii* (e), *Dipteryx alata* (f) e *Hymenaea stigonocarpa* (g).



Foto 2. Experimento em casa de vegetação (visão geral)



Foto 3. Emergência de plântulas em casa de vegetação de: *Mimosa caesalpinifolia* (a), *Peltophorum dubium* (b), *Pterogyne nitens* (c), *Dimorphandra mollis* (d), *Copaifera langsdorffii* (e) e *Hymenaea stigonocarpa* (f).



Foto 4. Bloco experimental utilizado nos capítulos 2 e 3, englobando os três tratamentos de manejo de gramíneas.

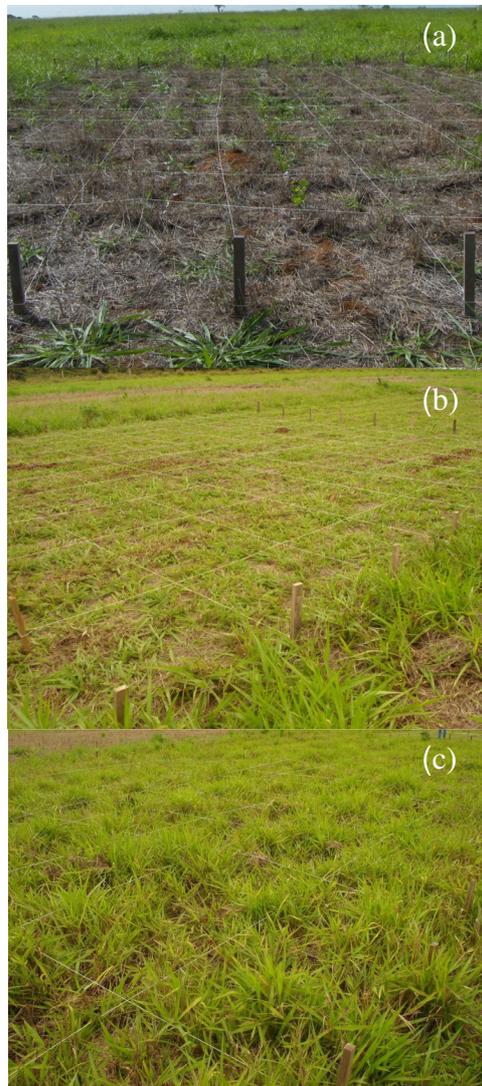


Foto 5. Tratamentos de manejo de gramíneas utilizados nos capítulos 2 e 3: Gramíneas Removidas (a), Gramíneas Cortadas (b) e Controle (c).



Foto 6. Indivíduos de *Pterogyne nitens* (a) e *Hymenaea stigonocarpa* (b) se desenvolvendo no tratamento Controle, onde as gramíneas foram mantidas intactas.

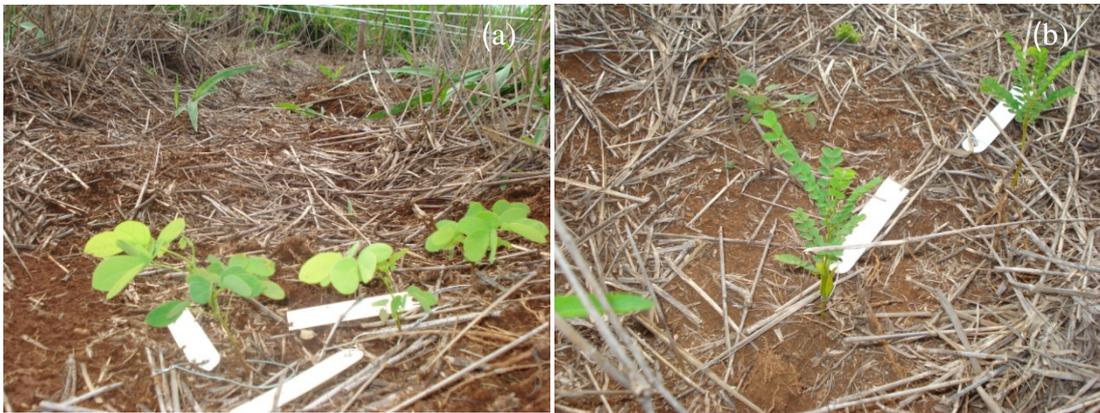


Foto 7. Indivíduos de *Mimosa caesalpiniiifolia* (a) e *Dimorphandra mollis* (b) se desenvolvendo no tratamento Gramíneas Removidas (GR).

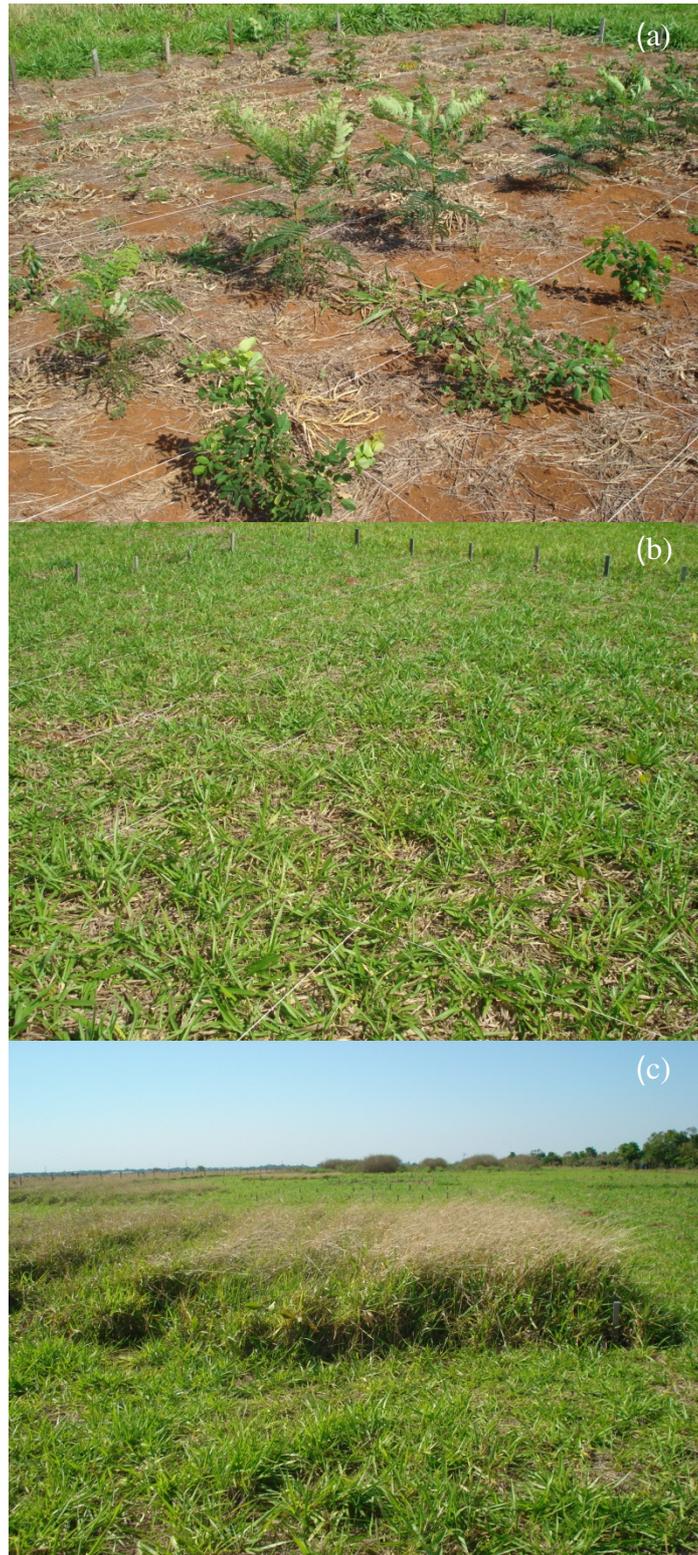


Foto 8. Parcelas experimentais após oito meses do início dos experimentos, referentes aos capítulos 2 e 3, contendo os tratamentos: Gramíneas Removidas (a), Gramíneas Cortadas (b) e Controle (c).