

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor ,
o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 20/20/2020.

RAQUEL APARECIDA PASSARETTI

**SEMEADURA DIRETA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DE CERRADO:
DIFERENÇAS ENTRE ESPÉCIES E EFEITOS DA MATOCOMPETIÇÃO**

Botucatu

2018

RAQUEL APARECIDA PASSARETTI

**SEMEADURA DIRETA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DE CERRADO:
DIFERENÇAS ENTRE ESPÉCIES E EFEITOS DA MATOCOMPETIÇÃO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

Orientadora: Dra. Giselda Durigan

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

P286s Passaretti, Raquel Aparecida, 1989-
Semeadura direta de espécies arbóreas nativas de cerrado: diferenças entre espécies e efeitos da matocompetição / Raquel Aparecida Passaretti. - Botucatu: [s.n.], 2018
95 p.: fots. color., grafs. color., ils. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018
Orientadora: Giselda Durigan
Inclui bibliografia

1. Florestas - Restauração. 2. Recuperação ecológica. 3. Semeadura. 4. Gramíneas nativas. 5. Plantas - Competição. I. Durigan, Giselda. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: SEMEADURA DIRETA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DE CERRADO:
DIFERENÇAS ENTRE ESPÉCIES E EFEITOS DA MATOCOMPETIÇÃO

AUTORA: RAQUEL APARECIDA PASSARETTI

ORIENTADORA: GISELDA DURIGAN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA FLORESTAL,
pela Comissão Examinadora:


Prof.ª Dr.ª GISELDA DURIGAN
Divisão de Florestas e Estações Experimentais - Floresta Estadual de Assis / Instituto Florestal do Estado de
São Paulo - Assis/SP


Prof. Dr. OSMAR CAVASSAN
Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências de Bauri


Prof.ª Dr.ª VEIRA LEX ENGEL
Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Botucatu, 20 de agosto de 2018

*Aos meus pais,
Juliano e Maria Odele,
dedico*

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A realização desta pesquisa só foi possível graças a ajuda de pessoas de extrema competência e comprometimento, com as quais tive o privilégio de poder contar em todos os momentos. Espero profundamente ter oportunidade de retribuir o valioso apoio de cada um de vocês.

À orientadora, Dra. Giselda Durigan, pela confiança e orientação acima de todas as expectativas. Muito obrigada, Giselda, pelos ensinamentos para a ciência e para a vida.

À amiga Natashi Pilon, pelos ensinamentos, paciência, ajuda com as disciplinas do mestrado, análises estatísticas e em todas as outras etapas da pesquisa, sobretudo por todo o carinho e amizade.

À AES Tietê Energia S/A e a toda equipe de Programas Ambientais, pela liberação e apoio para a realização do mestrado, em especial ao meu coordenador, Odemberg Veronez, pela viabilização do projeto e incentivo constante.

À Ceiba Consultoria, Paulo Cesar e Roberto Bretzel, em especial, ao Valdir Fernandes pela inteligência para resolver os contratempos e impecável trabalho de campo.

Ao Laboratório de Sementes e Mudanças Florestais (LASEM), da UFSCar, em especial à Dra. Fátima Piña-Rodrigues e Dr. Alexandre Carneiro da Silva, por todo o apoio com os testes de germinação e viabilidade de sementes.

Ao Laboratório de Ecologia da Restauração Florestal (LERF) da Unesp Botucatu, em especial à Dra. Vera Lex, Dra. Rita Camila e Dr. Deivid Machado pelo empréstimo de equipamentos para as medições e auxílio com a secagem das plantas.

Ao Herbário da Unesp de Bauru, em especial Dr. Osmar Cavassan e Camila Campanha, pelo empréstimo de materiais para medição das plantas em campo.

Ao Sr. Jocelino Silva, responsável pelo viveiro da UHE Promissão, pelas dicas sobre a quebra de dormência das sementes e sabedoria gentilmente compartilhada.

Ao colega Mário Cava, pela atenção, explicações e revisão do delineamento experimental.

Ao colega Emerson, pelo apoio no planejamento, escolha da área, dicas e aulas de direção.

Ao Dr. Antônio Carlos Melo, por todas as dicas, auxílio com a obtenção das sementes e auxílio no planejamento do projeto.

Aos amigos Fernanda, Vinícius, Janaína, Bianca, Larissa e Michelazzo, pelo companheirismo diário, que tornam minha vida mais leve e alegre.

Aos amigos Eduardo Gonçalves, Vitória Sifuentes e Natália Paes, que mesmo distantes me incentivaram fortemente para a finalização deste trabalho.

Aos amigos Luis e Diego, por estarem sempre dispostos a me acolher e ajudar em qualquer situação.

À amiga Thaís Araújo pelas conversas, incentivo e pela ajuda com o árduo trabalho em campo.

Ao amigo Bruno Francisco, por me apoiar em todas as fases do mestrado, desde o preparo do material e cansativos trabalhos de campo, até a escrita final da dissertação, e, sobretudo, pelas discussões, risadas, companheirismo e atenção.

À minha mãe, Maria Odete, pela ajuda com a preparação das sementes, materiais de campo, ideias e conselhos.

À minha família amada, irmão Juliano, irmã Renata, sobrinha Natasha, Pai e Mãe, por estarem sempre dispostos a me ajudar em qualquer situação.

Aos professores que aceitaram compor a banca de qualificação desta dissertação: Dra. Magali Ribeiro da Silva, Dr. Deivid Lopes Machado e Dra. Geissianny Bessão de Assis. E aos professores que aceitaram ser membros da banca de defesa: Dr. Osmar Cavassan, Dra. Vera Lex, Dra. Maria Teresa Zugliani Toniato e Dr. Deivid Lopes Machado.

A todos que de alguma forma contribuíram para a pesquisa, mesmo que não tenham sido aqui mencionados.

Muito obrigada!

“Todos estão loucos, neste mundo? Porque a cabeça da gente é uma só, e as coisas que há e que estão para haver são demais de muitas, muito maiores diferentes, e a gente tem de necessitar de aumentar a cabeça, para o total”.

[João Guimarães Rosa, excerto de Grande Sertão: Veredas (1956)].

RESUMO

Face à expressiva degradação a que o Cerrado brasileiro vem sendo submetido, é de grande importância a investigação e o desenvolvimento de métodos para a sua restauração. Atualmente, há obstáculos ecológicos e tecnológicos para a restauração da vegetação de cerrado, tais como a presença de espécies exóticas invasoras, a estação seca prolongada, a dificuldade para obtenção de mudas de espécies nativas em viveiros e a falta de conhecimento para a escolha de espécies adequadas para cada técnica de restauração. O entendimento acerca do desempenho de diferentes espécies arbóreas nativas semeadas diretamente em campo e dos efeitos da matocompetição sobre o desempenho dessas espécies é altamente relevante para a superação dos obstáculos mencionados. Os objetivos deste estudo foram: (i) comparar o desempenho de espécies arbóreas nativas por meio de semeadura direta, em busca de padrões funcionais que expliquem esse desempenho, (ii) verificar se o desempenho das espécies é comprometido pela matocompetição e (iii) verificar se a semeadura consorciada com gramíneas nativas pode inibir o estabelecimento da matocompetição. Instalamos um experimento fatorial em blocos (5 blocos) com os seguintes fatores: 1) espécies nativas arbóreas (11); 2) controle de matocompetição (sim ou não) e 3) consorciação com um mix de seis gramíneas nativas (sim ou não). O experimento totalizou 110 parcelas de 4 m² cada, distribuídas nos 5 blocos. Em cada parcela semeadamos 100 sementes de uma espécie arbórea aleatoriamente definida, em linhas, com 20 cm entre sementes. Contamos a quantidade de indivíduos arbóreos emergidos e mortos aos 10, 20 e 30 dias após a semeadura e, posteriormente, ao término das estações seca e chuvosa. Após um ano, medimos a altura e o diâmetro do caule dos indivíduos sobreviventes e estimamos a porcentagem de cobertura do terreno por gramíneas nativas e por matocompetição em cada parcela. Adicionalmente, medimos o comprimento e quantificamos a biomassa seca da parte aérea e da parte subterrânea de 11 indivíduos de cada espécie arbórea e apresentamos uma estimativa de custos da semeadura direta. Observamos diferença no desempenho entre tratamentos para algumas espécies que foram prejudicadas pela matocompetição. As espécies *Dipteryx alata*, *Hymenaea stigonocarpa* e *Plathymeria reticulata* apresentaram os maiores valores médios de taxa de sobrevivência (superiores a 60%) e as duas espécies do gênero *Stryphnodendron* apresentaram os piores desempenhos (ao redor de 20%). A presença de gramíneas nativas não beneficiou nenhuma espécie arbórea nem inibiu a colonização e o desenvolvimento da matocompetição. A interação entre as variáveis massa das sementes, biomassa raiz:parte aérea e comprimento do sistema radicular explicou 93% da variação na sobrevivência das plântulas em campo. Conclui-se que a semeadura direta de espécies arbóreas em cerrado pode ser bem sucedida, especialmente para espécies com sementes grandes, raízes profundas e que investem mais em sistema subterrâneo do que em parte aérea, que são atributos funcionais relacionados com a capacidade de sobreviver em condições de déficit hídrico. Embora algumas espécies possam ter sucesso sob matocompetição, o controle de gramíneas exóticas e ervas ruderais pode viabilizar a semeadura direta para um conjunto maior de espécies.

Palavras-chave: Restauração ecológica. Cerrado. Sementes. Árvores. Gramíneas nativas. Competição. Atributos funcionais.

ABSTRACT

In view of the vast and fast degradation to which Brazilian Cerrado has been submitted, it is of great importance to find adequate restoration techniques to be widely applied. There are currently ecological and technological challenges for the restoration of the cerrado vegetation, such as the presence of invasive alien species, the prolonged dry season, the difficulty to obtain seedlings of native species in nurseries and the lack of knowledge to choose suitable species for each restoration technique. Understanding the performance of different tree species in direct seeding and the interactions between weeds and native grasses is highly relevant to overcome the mentioned obstacles. The objectives of this study were: (i) to evaluate the performance of native tree species in direct sowing, in search for functional patterns related to this performance, (ii) to verify if the consortium of native grasses with tree seeds can help in weed control, positively influencing the performance of tree species, and (iii) to verify if the native grasses are able to inhibit weeds colonization and development (competition). We set up a factorial experiment in blocks with the following levels of variation: 1) species (11); 2) weed control (yes or no) and 3) consortium with a mix of six native grasses (yes or no). The experiment totalled 110 plots of 4 m² each, distributed in the 5 blocks. In each plot we sowed 100 seeds of an arboreal species, in rows, with 20 cm between seeds. We counted the number of arboreal individuals emerged and dead at 10, 20 and 30 days after sowing; and then at the end of both the dry season and the rainy season. After one year from sowing, we measured stem height and diameter of the surviving individuals, and estimated the percentage of ground cover by native grasses and weeds per plot. In addition, we measured the length and quantified the dry aerial and belowground biomass of 11 individuals of each tree species and we estimated the costs for direct seeding. We observed a difference in performance among treatments for some species that were adversely affected by weed competition. The species *Dipteryx alata*, *Hymenaea stigonocarpa* and *Plathymeria reticulata* had the highest average survival rates (over 60%) and the two species of the genus *Stryphnodendron* had the worst performances (around 20%). The presence of native grasses did not benefit any tree species nor inhibit colonization and development of weed competition. The interaction of the attributes seed mass, root: shoot ratio and root length, explained 93% of the variation in seedling survival in the field. We concluded that direct seeding of tree species in Cerrado regions can be successful, especially for species with large seeds, deep roots and that invest more in underground structures than in aerial parts, which are functional attributes related to the capacity to survive in conditions of water deficit. Although some species may succeed under weed competition, the control of exotic grasses and ruderal forbs may enable direct seeding for a larger set of species.

Keywords: Ecological restoration. Cerrado. Seeds. Trees. Native grasses. Weed competition. Functional traits.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Imagem do local de implantação do experimento de semeadura direta, no município de Botucatu, estado de São Paulo.....43
- Figura 2 - Croqui de um dos blocos do experimento de semeadura direta de espécies arbóreas e gramíneas nativas, implantado no município de Botucatu, estado de São Paulo.....45
- Figura 3 - Representação esquemática dos quatro tratamentos (CM, CM+NG, T e NG) testados no experimento de semeadura direta de espécies arbóreas e gramíneas nativas, implantado no município de Botucatu, estado de São Paulo.....45
- Figura 4 - Matriz de correlações de Pearson entre as variáveis preditoras e variáveis resposta, relacionadas com a emergência, o crescimento e a sobrevivência das espécies estudadas, aos 12 meses após a semeadura.....72

LISTA DE FOTOS

- Foto 1 - Trator realizando a gradagem na preparação da área experimental, município de Botucatu, estado de São Paulo.....46
- Foto 2 - Vista do bloco 2, logo após a delimitação das parcelas, no município de Botucatu, estado de São Paulo.....46
- Foto 3 - Ilustração do teste de germinação em laboratório.....50
- Foto 4 - Gabarito utilizado para a abertura de pequenas cavidades para facilitar e padronizar a semeadura de espécies arbóreas, município de Botucatu, estado de São Paulo..... 51
- Foto 5 - Equipe de campo abrindo covas no Bloco 5 do experimento com o uso de gabaritos, município de Botucatu, estado São Paulo.....51
- Foto 6 - Vista da parcela após a abertura das cavidades para a semeadura das espécies arbóreas, município de Botucatu, estado São Paulo.....52
- Foto 7 - Subparcelas semeadas a lanço com mix de gramíneas nativas + substrato de viveiro na cor preta, município de Botucatu, estado de São Paulo.....52
- Foto 8 - Indivíduos de espécies arbóreas emergidos em campo.....53
- Foto 9 - Vista do Bloco 3 com os diferentes tratamentos (CM, CM+NG, T e NG), no município de Botucatu, estado de São Paulo.....75

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Porcentagem de indivíduos germinados (de um total de 25 em cada réplica) em laboratório, entre as onze espécies arbóreas testadas.....56
- Gráfico 2- Porcentagem de indivíduos emergidos em campo, aos doze meses após a semeadura.....57
- Gráfico 3 - Número de indivíduos emergidos (de um total de 50 sementes semeadas em cada réplica) de cada espécie nos diferentes tratamentos, aos 12 meses após a semeadura.....58
- Gráfico 4 - Taxa de sobrevivência em campo entre as dez espécies arbóreas testadas (porcentagem de plantas sobreviventes entre as que germinaram).....60
- Gráfico 5 - Taxa de sobrevivência de cada espécie nos diferentes tratamentos aos doze meses após a semeadura.....61
- Gráfico 6 - Número de indivíduos sobreviventes (total de plantas vivas) ao longo do tempo após a semeadura, para cada espécie, em cada tratamento (soma de todas as cinco réplicas), e dados de precipitação pluviométrica mensal ao longo do período de observações.....62
- Gráfico 7 - Média da altura por espécie arbórea testada, aos doze meses após a semeadura66
- Gráfico 8 – Valores médios de altura de cada espécie nos diferentes tratamentos doze meses após a semeadura.....68
- Gráfico 9 – Média de diâmetro por espécie arbórea testada aos doze meses após a semeadura.....69
- Gráfico 10 - Diâmetro médio do caule (mm), medido a 5 cm acima do solo, aos 12 meses após a semeadura direta em campo, para cada espécie entre os diferentes tratamentos.....70
- Gráfico 11 - Relação da massa da semente com a emergência em campo ($p < 0,01$ e $R^2 = 0,86$); b: sucesso da emergência ($p = 0,008$ e $R^2 = 0,60$).....73
- Gráfico 12 - Modelo linear representativo da relação entre taxa de sobrevivência e a massa das sementes de espécies arbóreas semeadas diretamente em campo (p valor = $0,05$ e $R^2 = 0,30$).....73

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 - Precipitação pluviométrica mensal (mm) para o período de março de 2016 a março de 2017, na Fazenda Lageado, UNESP, Câmpus de Botucatu. 1941-1970: média histórica. Δ : diferença entre o valor observado no período de estudo e a média histórica. Valores negativos destacados em letras vermelhas.....44
- Quadro 2 - Espécies de gramíneas nativas e respectivas quantidades de sementes utilizadas (total e por subparcela) e proporção no mix.....48
- Quadro 3 - Espécies arbóreas utilizadas no experimento, respectivas famílias e massa média por semente.....48
- Quadro 4 - Procedimentos de quebra de dormência das sementes das onze espécies arbóreas testadas.....49
- Quadro 5 - Procedimentos de teste de germinação em laboratório para cada espécie arbórea utilizada.....50
- Quadro 6 - Sucesso da emergência em campo (Emergência em campo “EC”/Emergência em Laboratório “EL”, valores expressos em porcentagem).....59
- Quadro 7 - Composição específica das plantas exóticas e ruderais (matocompetição), respectivas famílias e formas de vida, aos 11 meses após a instalação do experimento.....76
- Quadro 8 – Estimativas de densidade de semeadura e custos para semeadura direta das espécies arbóreas testadas.....78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cobertura do solo em porcentagem dentro de cada tratamento, valores médios seguidos pelo desvio padrão distribuídos nas classes "Solo Exposto", "Gramíneas nativas" (*Schizachyrium microstachyum* e/ou *Eustachys distichophylla*), "*Urochloa decumbens*", "*Panicum maximum*", "*Crotalaria micans*", "Arbórea (semeadas)" e "Outros".....77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

aeg_ver	<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.
ana_per	<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul
cop_lan	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.
dip_ala	<i>Dipteryx alata</i> Vogel
hym_sti	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne
mab_fis	<i>Mabea fistulifera</i> Mart.
pla_ret	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.
pla_ele	<i>Platypodium elegans</i> Vogel
str_ads	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville
str_pol	<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.
EL	Emergência em Laboratório
EC	Emergência em Campo
M	Indivíduos Mortos
S	Indivíduos Sobreviventes

LISTA DE SÍMBOLOS

R ²	coeficiente de determinação
°C	graus célsius
g	gramas
K	potássio
m ²	metros quadrados
mg	miligramas
N	nitrogênio
P	fósforo
T	temperatura
valor-p	probabilidade de significância
%	porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	31
2	OBJETIVOS	34
3	REVISÃO DE LITERATURA	35
3.1	Restauração ecológica da vegetação de cerrado e a semeadura direta	35
3.2	Interação entre árvores nativas e estrato herbáceo no cerrado	39
3.3	Filtros ecológicos, regras de montagem e atributos funcionais	40
4	MATERIAL E MÉTODOS	43
4.1	Área de Estudo	43
4.2	Desenho experimental, instalação e manutenção do experimento	44
4.3	Coleta e beneficiamento das sementes	47
4.4	Testes de germinação e procedimentos de semeadura	49
4.5	Coleta e análise de dados	53
5	RESULTADOS	56
5.1	Emergência em laboratório	56
5.2	Emergência em campo	57
5.3	Sobrevivência	59
5.4	Crescimento	66
5.5	Atributos funcionais	71
5.6	Cobertura por gramíneas exóticas e ervas ruderais (matocompetição), e gramíneas nativas	74
5.7	Estimativa de custos das sementes para a semeadura direta para cada espécie arbórea	78
6	DISCUSSÃO	79
6.1	Emergência e sucesso da emergência em campo	79
6.2	Desenvolvimento e estabelecimento das espécies arbóreas nativas semeadas (sobrevivência)	81
6.3	Influência das gramíneas nativas e da matocompetição no desempenho das espécies arbóreas	82
6.4	Gramíneas nativas x ervas ruderais e gramíneas exóticas (matocompetição)	82
6.5	Custos das sementes para restauração por semeadura direta	83

6.6 Padrões funcionais e estabelecimento das espécies arbóreas no cerrado	
.....	84
7 CONCLUSÕES.....	86
REFERÊNCIAS	87

7 CONCLUSÕES

O sucesso de espécies arbóreas em plantios de restauração por semeadura direta em cerrado pode ser previsto com base nos atributos funcionais das espécies. Espécies com sementes maiores, cujas plântulas emitem raízes profundas e que investem mais em raiz do que em parte aérea são as que têm maiores chances de sucesso. Tais atributos estão relacionados com a otimização da absorção de água do solo e com a redução das perdas por evapotranspiração, sendo desejáveis em um ecossistema caracterizado por estações secas prolongadas e solos com baixa capacidade de água disponível.

A técnica de semeadura direta de espécies arbóreas pode ser bem sucedida e representar economia nos projetos de restauração da vegetação de cerrado, desde que sejam considerados os seguintes aspectos: i) o cálculo da densidade de semeadura deve considerar a emergência e sobrevivência em campo para cada espécie e não apenas a taxa de germinação em laboratório. ii) as gramíneas nativas *Andropogon leucostachyus*, *Aristida jubata*, *Axonopus pressus*, *Eustachys distichophylla*, *Loudetiopsis chrysothrix* e *Schizachyrium microstachyum* não são indicadas para inibir a matocompetição; iii) todas as espécies arbóreas testadas, exceto *Zeyheria tuberculosa*, têm potencial para a semeadura direta em campo, desde em densidade de semeadura seja adequada aos objetivos do projeto, iv) sem controle de matocompetição, o crescimento das espécies arbóreas é prejudicado para a maioria das espécies, retardando os benefícios da restauração; v) as espécies *Copaifera langsdorffii*, *Hymenaea stigonocarpa* e *Stryphnodendron polyphyllum* apresentam chances de sucesso mesmo sem o controle de matocompetição.

REFERÊNCIAS

- AERTS, R. et al. Restoring dry Afromontane forest using bird and nurse plant effects: Direct sowing of *Olea europaea* ssp. *cuspidata* seeds. **Forest Ecology and Management**, v. 230, n. 1, p. 23-31, 2006.
- AERTS, R.; HONNAY, O. Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. **BMC Ecology**, v. 11, n. 1, p. 29, 2011.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAKI, D. F. **Avaliação da semeadura a lanço de espécies florestais nativas para recuperação de áreas degradadas** [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; 2005.
- ACKERLY, D. D. Community assembly, niche conservatism, and adaptive evolution in changing environments. **International Journal of Plant Sciences**, v. 164, n. S3, p. S165-S184, 2003.
- BEUCHLE, et al. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p. 116-127, 2015.
- BONILLA-MOHENA, M., HOLL, K. D. Direct seeding to restore tropical mature-forest species in areas of slash-and-burn agriculture. **Restoration Ecology**, v.18, n. s2, p. 438–445, 2010.
- BRANDO, P. M.; DURIGAN, G. Época de maturação dos frutos, beneficiamento e germinação de sementes de espécies lenhosas do Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 8, n. 1-3, p. 78-90, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária/Mapa/ACS. p. 98, 2013.
- BRUNO, J. F.; STACHOWICZ, J. J.; BERTNESS, M. D. Inclusion of facilitation into ecological theory. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 18, n. 3, p. 119–125, 2003.
- BUISSON, et al. Resilience and restoration of tropical and subtropical grasslands, savannas and grassy woodlands. **Biological Reviews**, pp. 000-000, 2018.
- CAMARGO, J. L. C.; FERRAZ, I. D. K.; IMAKAWA, A. M. Rehabilitation of degraded areas of central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration Ecology**, v.10, n. 4, p. 636–644, 2002.
- CARROLL, C.; MERTON, L.; BURGER, P. Impact of vegetative cover and slope on runoff, erosion, and water quality for field plots on a range of soil and spoil materials on central Queensland coal mines. **Soil Research**, v. 38, n. 2, p. 313-

328, 2000.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargill. p.428., 2000.

CARVALHO, L. R.; SILVA, E. A. A.; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 15-25, 2006.

CAVA, M. G. B. et al. Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas. **Hoehnea**, v. 43, n. 2, p. 301-3015, 2016.

CECCON, E.; GONZÁLEZ, E. J.; MARTORELL, C. Is Direct Seeding a Biologically Viable Strategy for Restoring Forest Ecosystems? Evidences from a Meta-analysis. **Land degradation & development**, v. 27, n. 3, p. 511-520, 2015.

CHAMBERS, J. C.; MACMAHON, J. A. A day in the life of a seed: movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. **Annual review of ecology and systematics**, v. 25, n. 1, p. 263-292, 1994.

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

COLE, R. J. Postdispersal seed fate of tropical montane trees in an agricultural landscape, southern Costa Rica. **Biotropica**, v. 41, n. 3, p. 319-327, 2009.

COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDMMER, J. G. (Org.). **Fire in the tropical biota: Ecological process and Global Challenges**. Ecological Studies, Springer-Verlag, Berlin, Germany. p.82-105, 1990.

CRAVEN, D. et al. 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**, v. 17, n. 6, p. 751-761, 2009.

DA CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, v. 14, n. 1, p. 01, 2009.

DE CASTRO, E. A.; KAUFFMAN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of tropical ecology**, v. 14, n. 3, p. 263-283, 1998.

DIAZ, S.; CABIDO, M. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends Ecol. Evol.**, 16, 646–655. 2001.

DOUST, S. J.; ERSKINE, P. D.; LAMB, D. Direct seeding to restore rainforest species: microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree

seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 234, n. 1-3, p. 333-343, 2006.

DURIGAN, et al. **Manual para recuperação da vegetação do cerrado**. São Paulo. Páginas e Letras, 23 p. 2003.

DURIGAN, G. **Observations on the southern Cerrados and their relationship with the core area**. In Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography and conservation (PENNINGTON, R. T., LEWIS, G. P., RATTER, J.A. eds.). Taylor; Francis, London, p.67-77, 2006.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L. **Restauração de Ecossistemas no Brasil: onde estamos e para onde podemos ir?** In: Martins, S.V. (ed.). Restauração ecológica de ecossistemas degradados. Editora UFV, Viçosa. p.1-23. 2012.

DURIGAN, G. et al. Control of invasive plants: ecological and socioeconomic criteria for the decision making process. **Natureza & Conservação**, v. 11, n. 1, p. 23-30, 2013.

DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. **An overview of public policies and research on ecological restoration in the state of São Paulo, Brazil**. In: FIGUEIROA, E. B. Biodiversity conservation in the Americas: lessons and policy recommendations. Santiago: Editorial FEN - Universidad de Chile, 2011. p. 320-355.

DURIGAN, G. Bases e diretrizes para a restauração da vegetação de cerrado. In: P.Y. Kageyama, R.E. Oliveira, L.F.D. Moraes, V.L. Engel, F.B. Gandara (orgs.). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. FEPAF, Botucatu, pp. 185-204, 2003.

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

FILGUEIRAS, T. S.; FAGG, W. C. Gramíneas Nativas Para Recuperação de Áreas Degradadas no Cerrado. In: Felfili C.R.M.A; SAMPAIO J.M.; CORREIA J.C. (orgs). Bases para a recuperação de áreas degradadas na bacia do São Francisco. **Centro de Referência em Conservação da Natureza de Áreas degradadas** (CRAD). Brasília, pp. 89-10, 2008.

FILHO, N.L.; BORGES, E.E.D.L. Influência da temperatura e da luz na germinação de sementes de canudo de pito (*Mabea Fistulifera* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**. v.14, nº 1.1992

GARCÍA-ORTH, X.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Isolated trees and grass removal improve performance of transplanted *Trema micranta* (L.) Blume (Ulmaceae) saplings in tropical pastures. **Restoration Ecology**, v. 19, n. 1, p. 24-34, 2011.

GRACE, J. et al. Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 387-400, 2006.

GOTZENBERGER, L. et al. Ecological assembly rules in plant communities—approaches, patterns and prospects. **Biological Reviews**. pp. 000–000. 2011.

HIGGINS, S. I.; BOND, W. J.; TROLLOPE, W. S. W. Fire, resprouting and variability: a recipe for grass–tree coexistence in savanna. **Journal of Ecology**, v. 88, n. 2, p. 213-229, 2000.

HOBBS, R. J. Setting effective and realistic restoration goals: key directions for research. **Restoration Ecology**, v. 15, n. 2, p. 354-357, 2007.

HOFFMANN, W. A. Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, n. 3, p. 422-433, 1998.

HOFFMAN, W. A.; FRANCO, A. C. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology**, v. 91, n. 3, p. 475-484, 2003.

HOFFMANN, W.A.; ORTHEN, B.; FRANCO, A. C. Constraints to seedling success of savanna and forest trees across the savanna-forest boundary. **Oecologia**, v.140, n. 2, p. 252-260, 2004.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1558-1563, 2011.

HOLL, K.D. et al. Efficacy of exotic control strategies for restoring coastal prairie grasses. **Invasive Plant Science and Management**, v. 7, n. 4, p. 590-598, 2014.

HOLL, K. D. et al. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. **Restoration ecology**, v. 8, n. 4, p. 339-349, 2000.

HONDA, E. A.; DURIGAN, G. Woody encroachment and its consequences on hydrological processes in the savannah. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 371, n. 1703, p. 1-9, 2016.

HONDA, E. A.; DURIGAN, G. Woody encroachment and its consequences on hydrological processes in the savannah. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 371, n. 1703, p. 1-9, 2016.

HUBBELL, S. P. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. **Princeton University Press**. Princeton, 2001. N. J. 375p.

HULVEY, K. B.; ZAVALETA, E. S. Abundance declines of a native forb have nonlinear impacts on grassland invasion resistance. **Ecology**, v. 93, n. 2, p. 378-388, 2012.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação De Áreas Ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão– Filho, H. F. (Org.). **Matas ciliares: conservação e**

recuperação. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/FAPESP, 2000. p. 249-270.

KANEGAE, M. F.; BRAZ, V. D. S.; FRANCO, A. C. Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgilioides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n.4, p. 459-468, 2000.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach.** New York: John Wiley and Sons, 1992. p. 167-169.

KHURANA, E.; SING, J. S. Germination and seedling growth of five tree species from tropical dry forest in relation to water stress: impact of seed size. **Journal of Tropical Ecology**. v. 20, n. 4, p. 385–96, 2004.

KLEIN A.D. (Org.). **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois.** São Paulo: Editora UNESP; Imprensa Oficial do Estado, 2002.

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

KOLB, R. M.; PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Factors influencing seed germination in Cerrado grasses. **Acta Botânica Brasílica**, v. 30, n. 1, p. 87-92, 2016.

KOS, M.; POSCHLOD, P. Correlates of inter-specific variation in germination response to water stress in a semi-arid savannah. **Basic and Applied Ecology**, v. 9, n. 6, p. 645-652, 2008.

KRONKA, F. J. N. et al. Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo. **São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal, Imprensa Oficial do Estado**, 2005.

LANDIM, M. F.; HAY, J. D. Impacto do fogo sobre alguns aspectos da biologia reprodutiva de *Kielmeyera coriacea* Mart. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 56, n. 1, p. 127-134, 1995.

LEHMANN, C. E. R. et al. Savanna Vegetation-Fire-Climate Relationships Differ Among Continents. **Science**, v. 343, n. 6170, p. 548-552, 2014.

LEISHMAN, M. R. et al. The evolutionary ecology of seed size. In: FENNER M. (Org., 2ªed). **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities.** UK, CABI publishing, 2000. p. 31-57.

LUZ, H. F.; FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. Teste de procedências de ipê felpudo (*Zeyhera tuberculosa* Bur.): resultados da primeira avaliação aos 12 meses. **IPEF**, n. 30, p. 55-58, 1985.

MATOS, D. M.; PIVELLO V. R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres – alguns casos brasileiros. **Espécies Invasoras/Artigos**, v. 61, n. 1, p. 27-30, 2009.

METZ, J. et al. 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**, v. 98, n. 3, p. 697-704, 2010.

MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. **Impactos de Queimadas em áreas de Cerrado e Restinga**. Brasília: Universidade de Brasília, 1996. 187 p.

MOREIRA, A. G.; KLINK, C. A. Biomass allocation and growth of tree seedlings from two contrasting brazilian savannas. **Ecotropicos**, v. 13, n. 1, p. 43-51, 2000.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NAEEM, S. Biodiversity and ecosystem functioning in restored ecosystems: extracting principles for a synthetic perspective. In: FALK, D. A.; PALMER, M. A.; ZEDLER, J. B. (Org.). **Foundations of restoration ecology**, Washinton, Covelo, London: Island Press, 2006. p. 210-237.

NAEEM, S.; WRIGHT, J. P. Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to a seemingly insurmountable problem. **Ecology Letters** 2003. 6:567-579.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: OLIVEIRA P. S.; MARQUIS R. J. (Org.) **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savana**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 91-120.

OLIVEIRA, M. C. et al. **Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado**. 1. ed. Brasília. Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 124 p.

OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia e Biologia Reprodutiva das Espécies de Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Editores técnicos) **Cerrado: Ecologia e Flora**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, cap. 9, p. 273-287.

OLIVEIRA, R. E.; ENGEL, V. L. Restauração ecológica em destaque: um retrato dos últimos vinte e oito anos de publicações na área. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 2, p. 303-315. 2011.

OVERBECK, et al. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**, p. 1-6, 2015.

PALMA, A. C.; LAURANCE, S. G. W. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go?. **Applied vegetation science**, v. 18, n. 4, p. 561-568, 2015.

PÁSZTOR, Y. C. **Sementes Florestais - Apontamentos**. Serviço florestal do Estado, Secr. Agr. Do Estado de São Paulo. São Paulo, 15p., 1959.

PELLIZZARO, K. F. et al. "Cerrado" restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 3, p. 681-693, 2017.

PEREIRA, S. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L.T. Establishment of Fabaceae tree species in a tropical pasture: influence of seed size and weeding methods. **Restoration Ecology**, v. 21, n. 1, p. 67-74, 2013.

PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de cerrado. **Scientia Florestalis**, v. 41, n. 99, p. 389-399, 2013.

PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Restoring Brazilian savana ground layer vegetation by topsoil and hay transfer. **Restoration Ecology**.

PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Growing faster and colonizing first: Evolutionary and ecological advantages of the tallest individuals within a cohort. **Austral Ecology**. v. 3, n. 1, p. 10-14, 2017.

PINHEIRO, E. S; DURIGAN, G. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 3, p. 441-454, 2009.

PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. **Forest Ecology and Management**, v. 87, n. 1-3, p. 127-138, 1996.

PIVELLO, V. R. et al. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 8, n. 9, p. 1281-1294, 1999.

PODGAISKI, L.; JUNIOR, M. M. S. J.; PILLAR, V. D. O uso de Atributos Funcionais de Invertebrados terrestres na Ecologia: o que, como e por quê? **Oecologia Australis**. 15(4): 835-853, Dezembro 2011.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da Semente**. Brasília: Agiplan, 289p., 1977.

POSADA, J. M. et al. Cattle and weedy shrubs as restoration tools for tropical mountain rainforest. **Restoration Ecology**, v. 8, n. 4, p. 370-379, 2000.

REIS, A. et al. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, v.1 n.1, p. 28-36, 2003.

REY BENAYAS, J. M. et al. Simulated effects of herb competition on planted *Quercus faginea* seedlings in Mediterranean abandoned cropland. **Applied Vegetation Science**, v. 6, n. 2, p. 213-222, 2003.

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

ROCHA, M. R.; GAEDKE, U.; VASSEUR, D. A. Functionally similar species have similar dynamics. **Journal of Ecology**, 9:1453-1459. 2011.

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

SALAZAR, A. et al. Differential seedling establishment of woody plants along a tree density gradient in Neotropical savannas. **Journal of Ecology**, v. 100, n. 6, p. 1411-1421, 2012.

SAMPAIO, A. B. et al. **Guia de restauração do Cerrado: volume 1 – semeadura direta**. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília, Rede de Sementes do Cerrado, 2015. 40 p.

SENTELHAS, P.C. et al., 2003. **Banco de Dados Climáticos do Brasil**. Embrapa Monitoramento por satélite. Piracicaba, 2003. Disponível em <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/autoria.html>> Acesso em: 7 set. 2018.

SILVA, R. R. P.; VIEIRA, D. L. M. Direct seeding of 16 Brazilian savanna trees: responses to seed burial, mulching and an invasive grass. **Applied Vegetation Science**, v. 20, n. 3, p. 410-421, 2017.

SILVA, R. R. P. et al. Direct seeding of Brazilian savanna trees: effects of plant cover and fertilization on seedling establishment and growth. **Restoration Ecology**, v. 23, n. 4, p. 393-401, 2015.

SKARPE, C. Dynamics of savanna ecosystems. **Journal of vegetation Science**, v. 3, n. 3, p. 293-300, 1992.

SOCIETY OF ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE AND POLICY WORKING GROUP. 2004. **Princípios da SER Internacional sobre a restauração ecológica**. Society for Ecological Restoration International, Tucson, AZ.

SOUZA, M. H. A. O.; SOARES, J. J. **Brotamento de espécies arbustivas e arbóreas, posteriormente a uma queimada, num cerradão**. In: Seminário Regional de Ecologia, 1983. Anais. p. 263-275.

ST-DENIS, A.; MESSIER, C.; KNEESHAW, D. Seed size, the only factor positively affecting direct seeding success in an abandoned field in Quebec, Canada. **Forests**, v. 4, n. 2, p. 500-516, 2013.

STEVENS, F. R. W.; THOMPSON, D. A.; GOSLING, P. G. **Research experience in direct sowing for lowland plantation establishment**. Forestry Commission Research Information Note No. 184. Forestry Commission, Edinburgh, 1990.

TOLEDO, F. F.; FILHO, J. M. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agron. Ceres, 1977. p. 224.

TUNJAI, P.; ELLIOTT, S. Effects of seed traits on the success of direct seeding for restoring southern Thailand's lowland evergreen forest ecosystem. **New Forests**, v. 43, n. 3, p. 319-333, 2012.

VELDMAN, J. W. et al. Where tree planting and forest expansion are bad for biodiversity and ecosystem services. **BioScience**, v. 65, n. 10, p. 1011–1018, 2015.

VIOLLE, C. et al. Let the concept of trait be functional! **Oikos**. 116:882-892. 2007.

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

WALTER, M. B. T. et al. O conceito de savana e de seu componente Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Editores técnicos) **Cerrado: Ecologia e Flora**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, cap. 1, p. 19-41. 2008.

WEIHER, E. et al. Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. **Journal of vegetation science**, v. 10, n. 5, p. 609-620, 1999.

WILLOUGHBY, I. et al. Factors affecting the success of direct seeding for lowland afforestation in the UK. **Forestry**, v. 77, n. 5, p. 467-482, 2004.