



**ESTRATÉGIAS DE REVEGETAÇÃO DE PASTAGEM DEGRADADA
EM PATOS DE MINAS – MG**

VINÍCIUS DE MORAIS MACHADO

TESE DE DOUTORADO

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

VINÍCIUS DE MORAIS MACHADO

**ESTRATÉGIAS DE REVEGETAÇÃO DE PASTAGEM DEGRADADA
EM PATOS DE MINAS – MG**

Tese submetida à Universidade de Brasília –
Faculdade de Tecnologia, como parte como
parte dos requisitos necessários para a obtenção
do grau de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Eloi Nappo

Brasília - DF
Fevereiro - 2018

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

“ESTRATÉGIAS E REVEGETAÇÃO DE PASTAGEM DEGRADADA EM
PATOS DE MINAS - MG”

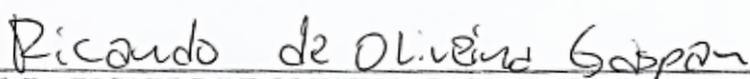
VINÍCIUS DE MORAIS MACHADO

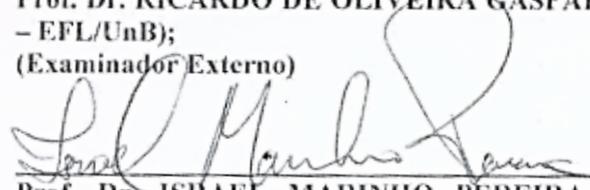
TESE DE DOUTORADO ACADÊMICO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR.

APROVADA POR:


Prof. Dr. MAURO ELOI NAPPO (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);
(Orientador)


Prof. Dr.ª ROSANA DE CARVALHO CRISTO MARTINS (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);
(Examinador Interno)


Prof. Dr. RICARDO DE OLIVEIRA GASPARG (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);
(Examinador Externo)


Prof. Dr. ISRAEL MARINHO PEREIRA (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM);
(Examinador Externo)

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

Brasília-DF, 28 de fevereiro de 2018.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

De DE MORAIS MACHADO, VINÍCIUS
Estratégias de revegetação de pastagem degradada em Patos
de Minas - MG / VINÍCIUS DE MORAIS MACHADO; orientador
MAURO ELOI NAPPO. -- Brasília, 2018.
88 p.

Tese (Doutorado - Doutorado em Ciências Florestais) --
Universidade de Brasília, 2018.

1. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. 2. CONSERVAÇÃO DA
NATUREZA. I. ELOI NAPPO, MAURO , orient. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MACHADO, V. M. (2018). Estratégias de revegetação de pastagem degradada em Patos de Minas – MG. Tese de Doutorado em Ciências Florestais. Publicação PPG/EFL. TD. 086/2018, Programa de Pós graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 88 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Vinícius de Moraes Machado

TÍTULO: Estratégias de revegetação de pastagem degradada em Patos de Minas – MG

GRAU: Doutor; ANO: 2018; ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Conservação da Natureza

Concedo à Universidade de Brasília-UnB permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestá-las somente para propósitos acadêmicos e científicos. Reservo outros direitos de publicação, de forma que nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem minha autorização por escrito.

Vinícius de Moraes Machado

Endereço eletrônico: viniciusfloresta@hotmail.com

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Mauro Eloi Nappo, pela orientação, ensinamentos, conselhos, abordagem de novas visões, confiança e liberdade para minhas escolhas quanto a esse trabalho e dedicação na orientação do mesmo.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos membros da banca examinadora na defesa da tese, Prof. Israel Marinho Pereira, Prof. Ricardo de Oliveira Gaspar e Prof^a. Rosana Carvalho Cristo Martins, pela disponibilidade em participar deste trabalho e por suas contribuições.

Ao Prof. Israel Marinho Pereira, por sua amizade, apoio, conselho e por ter despertado em mim e toda minha turma (graduação) em 2007 o desejo do aprimoramento científico. Sou muito grato a você pelo tempo dedicado à Iniciação Científica, Mestrado e estímulo ao Doutorado. Obrigado, nosso eterno Parainfo!

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, pelo meu aperfeiçoamento técnico científico.

A todos os professores que desde o primário dedicaram seu tempo a ensinar e transformar pessoas. Eterna gratidão a todos, sobretudo ao corpo docente do departamento de Engenharia Florestal – UnB e UFVJM.

A esse mundo de conhecimento chamado UnB.

Aos meus pais Regina Maria de Moraes Machado e Marcos Machado dos Santos e toda minha família (avós, tios(as) e primos(as)) por todo incentivo, orações, preocupações e por me lembrar, frequentemente, o quanto essa empreitada (doutorado) é nobre e infelizmente não acessível a todos. Sou grato aos ensinamentos que me fizeram dedicar e fazer valer a pena cada momento.

A Rayane Norrara Alves, com quem tenho vivido e dividido os melhores momentos de alegria. Exatamente hoje completamos dois anos de amor, felicidade, companheirismo, amizade e respeito um para com o outro. *“Do nosso amor a gente é que sabe”!* Obrigado pela compreensão e paciência. #sounós

A todos meus amigos, irmãos que escolhi; amigos que vem comigo desde sempre e desde agora. Tenho maior apreço pela amizade dedicada e conquistada por cada um de vocês. A amizade é o sentimento mais enraizado que existe dentro de mim. Por isso agradeço a todos pelo apoio e pelas histórias compartilhadas, e ênfase: *“A amizade nem mesmo a força do tempo irá destruir. Somos verdade. Nem mesmo este samba de amor pode nos resumir. Quero chorar o seu choro. Quero sorrir seu sorriso. Valeu por você existir, amigo!”*

A melhor equipe de campo! Esse trabalho é nosso! Aproveito aqui para agradecer, em especial, a Willian Geraldo da Silva, a princípio aluno, hoje amigo. Seu nome e sua dedicação tem que mencionados. Espero que tenha a mesma (ou mais) sorte que eu, nas escolhas de sua vida.

A todos meus alunos, a quem chamo de “meus meninos”, que em pouco tempo tornaram parte de mim. Agradeço sobretudo a convivência e parceira que temos feito ao longo desses anos.

Agradeço imensamente aos proprietários e funcionários da Fazenda Pântano – Família Ferrero na pessoa do Sr. Wagner Ferrero que permitiu a implantação do projeto em sua propriedade, e ainda me brindou de forma com que todas as análises desse estudo fossem realizadas sob provas do melhor café produzido no cerrado mineiro.

A todos que incentivaram esse trabalho por ações ou palavras.

A Deus que me proporcionou esse desafio e que em todos os momentos me abençoou, iluminou, guiou e guardou, “pois em tudo que há, Ele é!”.

Mantra da Gratidão

Obrigado à vida que me inspira, me renova e me dá chances de evoluir diariamente.

Obrigado ao lugar onde estou aqui e agora, pois esse lugar precisa de mim e eu dele.

Obrigado a todos os órgãos do meu corpo que funcionam em plena harmonia e perfeição.

Obrigado a casa onde moro, que me serve de refúgio e descanso.

*Obrigado às oportunidades de trabalho, conquistas, sucesso e evolução que se abrem diante
de mim diariamente.*

*Obrigado a cada dívida paga, porque dessa forma honro meu nome, honro meus
compromissos e meu dinheiro se multiplica.*

Obrigado a tudo aquilo que eu compro, adquiro, pois, é fruto do meu trabalho.

Obrigado a todas as pessoas que cruzam meu caminho.

*Obrigado às pessoas que me fizeram mal, porque assim desenvolvi força e coragem para
seguir sempre adiante.*

Obrigado às pessoas que me fizeram bem, porque assim me senti muito amado e abençoado.

*Obrigado a todas as oportunidades de sucesso financeiro e pessoal que recebo, identifico e
aceito.*

Obrigado a mim mesmo que encontro a gratidão em todas as pessoas, coisas e fatos.

*Obrigado ao Universo inteiro, que conspira a favor de cada pensamento meu, por isso
escolho com cuidado tudo aquilo que penso, falo ou desejo.*

*Obrigado ao Deus maravilhoso que existe dentro de mim, sou parte de sua divindade e por
isso espalho luz, amor e paz onde quer que eu esteja.*

Gratidão!

RESUMO GERAL

Estratégias de revegetação de pastagem degradada em Patos de Minas – MG

Autor: Vinícius de Moraes Machado

Orientador: Prof. Dr. Mauro Eloi Nappo

Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais

Brasília, 28 de fevereiro de 2018.

Os estudos de recuperação de áreas degradadas evoluíram quanto às técnicas utilizadas ao longo dos anos e ainda há uma lacuna a ser preenchida por técnicas que visam o reestabelecimento das áreas degradadas do bioma Cerrado. Tais estudos ganharam notória importância visto que minimizam os impactos ambientais ao passo que readequam áreas abandonadas ou com funções físicas, químicas, biológicas, e até mesmo econômicas, limitadas. O trabalho está estruturado em quatro capítulos que se diferenciam quanto as técnicas de recuperação utilizadas. Foi realizado uma investigação do banco de sementes do solo, que compreende as sementes em estado de dormência ou associadas à serapilheira, que em condições favoráveis, germinam e estabelece uma vegetação condizente com a composição potencial pós-degradação, chegando-se a conclusão de que o banco é caracterizado principalmente pela presença de espécies alóctones. Foi proposto o plantio de mudas em linhas utilizando diferentes condicionantes do solo para melhor desenvolvimento das mesmas, bem como, o plantio adensado em grupos de Anderson, na tentativa de promover o controle cultural das plantas infestantes no local de estudo. Nessas áreas em que se predominam as plantas infestantes o controle químico, por meio de herbicidas, principalmente à base de glyphosate torna-se mais eficiente e menos oneroso. Os herbicidas quando não aplicados com os equipamentos e recomendações adequadas podem gerar um efeito deriva resvalando nas mudas utilizadas no plantio de recuperação, causando danos às mesmas, logo, há a necessidade de encontrar espécies florestais que podem ser utilizadas na recuperação de áreas degradadas e que sejam menos sensíveis ao efeito da deriva do glyphosate, já que muitas áreas destinadas à recuperação são também limítrofes a campos agrícolas, de forma que torne possível facilitar o manejo das plantas infestantes promovendo o rápido desenvolvimento da espécie de interesse. Assim, o presente estudo tem por objetivo avaliar a composição e vigor do banco de sementes de solo, o desempenho das espécies sob diferentes condicionantes de solo, os grupos de Anderson e a sensibilidade de espécies nativas ao herbicida glyphosate no intuito de subsidiar programas de recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: Banco de sementes do solo. Condicionantes do solo. Grupos de Anderson. Seletividade de herbicidas.

ABSTRACT

Studies on the recovery of degraded areas have evolved in terms of the techniques used over the years and there is still a gap to be filled by techniques that aim to reestablish the degraded areas of the Cerrado biome. Such studies have gained significant importance since they minimize environmental impacts while re-establishing abandoned areas or limited physical, chemical, biological, and even economic functions. The work is structured in four chapters that differ as to the recovery techniques used. An investigation was carried out on the soil seed bank, which comprises the seeds in a state of dormancy or associated with the litter, which under favorable conditions germinate and establish a vegetation that is compatible with the potential composition after degradation, arriving at the conclusion that the bank is mainly characterized by the presence of alien species. It was proposed the planting of seedlings in lines using different soil conditioning factors for their better development, as well as, the densified planting in Anderson groups, in an attempt to promote the cultural control of weeds at the study site. In these areas where weed plants predominate, chemical control, through herbicides, mainly based on glyphosate, becomes more efficient and less costly. Herbicides, when not applied with the appropriate equipment and recommendations, can generate a drift effect in the seedlings used in the recovery plant, causing damage to them, so there is a need to find forest species that can be used in the recovery of degraded areas. are less sensitive to the effect of glyphosate drift, since many areas destined for recovery are also bordering on agricultural fields, so as to facilitate the management of weeds by promoting the rapid development of the species of interest. Thus, the present study aims to evaluate the composition and vigor of the soil seed bank, the performance of the species under different soil conditioners, the Anderson groups and the sensitivity of native species to the glyphosate herbicide in order to subsidize recovery programs of degraded areas.

Keywords: Soil seed bank. Soil conditioning. Groups of Anderson. Herbicide selectivity.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
CAPÍTULO I	21
DIAGNÓSTICO DA RESILIÊNCIA DE UMA ÁREA ANTROPIZADA POR MEIO DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO	21
RESUMO	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
CAPÍTULO II	38
PLANTIO INICIAL DE RECUPERAÇÃO COM ESPÉCIES DO CERRADO SOB CONDICIONANTES DE SOLO NO ALTO PARANAÍBA – MG	38
RESUMO	38
INTRODUÇÃO	39
MATERIAL E MÉTODOS	40
RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
CAPÍTULO III	52
PLANTIO EM GRUPOS DE ANDERSON VISANDO A RECUPERAÇÃO ECOLÓGICA EM ÁREAS DE PASTAGEM DESATIVADA	52
RESUMO	52
INTRODUÇÃO	53
MATERIAL E MÉTODOS	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

CAPÍTULO IV	71
EFEITOS DA DERIVA SIMULADA DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS DO BIOMA CERRADO	71
RESUMO	71
INTRODUÇÃO	72
MATERIAL E MÉTODOS	73
CONCLUSÕES	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I	21
Figura 1 - Mapa de localização da Fazenda Pântano entre os limites dos municípios de Coromandel e Patos de Minas, MG.	23
Figura 2 – Perímetro da Fazenda Pântano com ênfase na Reserva Legal.....	24
Figura 3 – Estrutura metálica vazada para coleta do banco de sementes no solo (a) e disposição das bandejas em casa de vegetação do Instituto Estadual de Florestas (IEF) contendo amostras do banco de sementes do solo.....	25
Figura 4 – Número cumulativo de plântulas emersas no banco de sementes de duas áreas de cerrado campo sujo na Fazenda Pântano em Patos de Minas - MG. Em que: Y = número de plântulas emersas, A = avaliação no período seco, B = avaliação no período chuvoso, (*) = significativo ao nível de 5% de significância e (n.s) = não significativo ao nível de 5% de significância.....	29
Figura 5 – Porcentagem de indivíduos quanto à origem de duas áreas de cerrado campo sujo, em duas épocas de coleta, na Fazenda Pântano em Patos de Minas - MG. Em que: ABIO = autóctone do bioma; ABRA = autóctone brasileira e ALOC = alóctone.....	30
Figura 6 – Porcentagem de indivíduos quanto à forma de vida das duas áreas de cerrado campo sujo, em duas épocas de coleta, na Fazenda Pântano em Patos de Minas - MG. Em que: AR = arbórea; GRAM = gramínea; H = herbáceo e SAR = arbustiva.....	32
CAPÍTULO II	38
Figura 1 – Variação da estrutura vertical entre a primeira medição (a) e segunda medição (b).	47
Figura 2 – Variação da área basal (a), da altura média dos indivíduos (b) e incremento em área seccional (m ²) (c) entre a primeira e a segunda medições.....	48
CAPÍTULO III	52
Figura 1 – Esquema de plantio em grupo de Anderson para 21 espécies. Sendo, Verde = espécie central, Vermelho = espécies da borda interna, Amarelo = espécies da borda externa 1, Laranja = espécies da borda externa 2, listadas na Tabela 1 e Azul = sementes de adubação verde e arbóreas.	56
Figura 2 – Mortalidade acumulada (N) para as espécies plantadas em grupos de Anderson em uma área de cerrado antropizado no município de Patos de Minas – MG.....	59
Figura 4 – Porcentagem de cobertura de copa exercida pelas espécies arbóreas (%CC) das espécies plantadas em grupos de Anderson em uma área de cerrado antropizado no município de Patos de Minas – MG.	62
Figura 5 – Porcentagem de cobertura exercida pelas gramíneas (%CG) nos grupos de Anderson em uma área de cerrado antropizado no município de Patos de Minas – MG.	63
Figura 6 – Fotografias tratadas no programa SisCob para os cinco tratamentos aos 12 e 18 meses após o plantio (m.a.p.), com seus respectivos valores de porcentagem de cobertura de copa, das espécies plantadas em grupos de Anderson em uma área de cerrado antropizado no município de Patos de Minas – MG.....	65

CAPÍTULO IV	71
Figura 1 – Intoxicação das mudas de <i>Calophyllum brasiliensis</i> (I), <i>Cytharexylum myrianthum</i> (II) e <i>Guazuma ulmifolia</i> (III), em função das doses de glyphosate, aos 7 (A), 14 (B) e 30 (C) dias após a aplicação dos tratamentos (DAT).	77
Figura 2 – Imagens das mudas de <i>Calophyllum brasiliensis</i> (I), <i>Cytharexylum myrianthum</i> (II) e <i>Guazuma ulmifolia</i> (III), para os tratamentos T1 (0 g ha ⁻¹), T2 (160 g ha ⁻¹), T3 (480 g ha ⁻¹) e T4 (1440 g ha ⁻¹) aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos.	79
Figura 3 – Secção transversal do limbo de <i>Calophyllum brasiliense</i> submetidas a diferentes doses de glyphosate. Em que: A = Tratamento T1; B = Tratamento T2; C = Tratamento T3; D = Tratamento T4; EAD = epiderme da face adaxial; EAB = epiderme da face abaxial; PP = parênquima paliçádico e PL = parênquima lacunoso.	82
Figura 4 – Alterações estruturais na nervura mediana e lâmina foliar de <i>Calophyllum brasiliense</i> em secção transversal, submetidas a diferentes doses de glyphosate. Em que A = nervura mediana em T1; CO = colênquima; XL = xilema; FL = floema; PA = parênquima; B = nervura mediana em T2; C = limbo em T2; EAD = epiderme da face adaxial; EAB = epiderme da face abaxial; PP = parênquima paliçádico; PL = parênquima lacunoso; AC = acúmulo de compostos intensamente corados; D = nervura media alterada em T2; * = colapso das células do parênquima lacunoso; Pontas de seta = tecidos de cicatrização e Estrela = necrose no tecido foliar.	83
Figura 5 – Secção transversal do limbo de <i>Citharexylum myriathum</i> submetidas a diferentes doses de glyphosate. Em que: A = Tratamento T1; B = Tratamento T2; C = Tratamento T3; D = Tratamento T4; EAD = epiderme da face adaxial; EAB = epiderme da face abaxial; PP = parênquima paliçádico; PL = parênquima lacunoso e * = colapso das células do parênquima lacunoso.	84
Figura 6 – Secção transversal do limbo de <i>Guazuma ulmifolia</i> submetidas a diferentes doses de glyphosate. Em que: A = Tratamento T1; B = Tratamento T2; C = Tratamento T3; D = Tratamento T4; EAD = epiderme da face adaxial; EAB = epiderme da face abaxial; PP = parênquima paliçádico; PL = parênquima lacunoso e CM = células com mucilagem.	85

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I	21
Tabela 1 – Listagem das espécies e respectivas famílias botânicas presentes no banco de sementes do solo em duas áreas de cerrado campo sujo na Fazenda Pântano em Patos de Minas - MG. Em que: AR = arbórea; GRAM = gramíneas; H = herbáceo; SAR = arbustiva; ABIO = autóctone do bioma; ABRA = autóctone brasileira; ALOC = alóctone; D = ambiente degradado, R = ambiente referência, S = coleta época seca e C = coleta época chuvosa.	27
Tabela 2 – Valores de diversidade de Shannon (H'), equabilidade de Pielou (J) e riqueza (S) para o banco de sementes de duas áreas de cerrado campo sujo na Fazenda Pântano em Patos de Minas - MG.	33
Tabela 3 – Similaridade de Sorensen (SO) para o banco de sementes de duas áreas de cerrado campo sujo na Fazenda Pântano em Patos de Minas - MG.	34
CAPÍTULO II	37
Tabela 1 – Seleção das espécies utilizadas em um plantio de recuperação, com as respectivas famílias botânicas, espécies, nomes populares, altura (Alt), hábito (Háb.), classe sucessional (Cl. Suc.), grupo funcional (G. Func.), síndrome de dispersão, síndrome de dispersão (SD), árvore (Árv), não pioneira (NP), espécie de diversidade (D), autocórica (AUT), zoocórica (ZOO) e anemocórica (ANE).	41
Tabela 2 – Sobrevivência (S%) em estágio inicial de recuperação por tratamento 10 e 20 meses após plantio (m.a.p.) e média geral de sobrevivência.	42
Tabela 3 – Desdobramento da sobrevivência aos 10 meses após plantio da interação entre condicionantes do solo e espécies na recuperação de uma área de reserva legal no bioma cerrado em Patos de Minas - MG. Em que: T1 = adição manual de 1 L planta ⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L ⁻¹ ; T2 = adição manual da mistura de 0,5 L planta ⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L ⁻¹ mais 0,5 L planta ⁻¹ adubo orgânico; T3 = adição manual de 1 L planta ⁻¹ de adubo orgânico curtido (rejeitos da seleção e limpeza do café) e T4 = sem adição de condicionantes do solo (testemunha).	43
Tabela 4 – Desdobramento da sobrevivência aos 20 meses após plantio da interação entre condicionantes do solo e espécies em área em estágio inicial de recuperação de uma reserva legal no bioma cerrado em Patos de Minas - MG. Em que: T1 = adição manual de 1 L planta ⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L ⁻¹ ; T2 = adição manual da mistura de 0,5 L planta ⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L ⁻¹ mais 0,5 L planta ⁻¹ adubo orgânico; T3 = adição manual de 1 L planta ⁻¹ de adubo orgânico curtido (rejeitos da seleção e limpeza do café) e T4 = sem adição de condicionantes do solo (testemunha).	44
Tabela 5 – Médias de altura paras as espécies trabalhadas, por tratamento, aos 20 meses após plantio em área em estágio inicial de recuperação de uma reserva legal no bioma cerrado em Patos de Minas - MG. Em que: T1 = adição manual de 1 L planta ⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L ⁻¹ ; T2 = adição manual da mistura de 0,5 L planta ⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L ⁻¹ mais 0,5 L planta ⁻¹ adubo orgânico; T3 =	

adição manual de 1 L planta⁻¹ de adubo orgânico curtido (rejeitos da seleção e limpeza do café) e T4 = sem adição de condicionantes do solo (testemunha)..... 46

Tabela 6 – Médias de diâmetro para as espécies trabalhadas, por tratamento, aos 20 meses após plantio em área em estágio inicial de recuperação de uma reserva legal no bioma cerrado em Patos de Minas - MG. Em que: T1 = adição manual de 1 L planta⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L⁻¹; T2 = adição manual da mistura de 0,5 L planta⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L⁻¹ mais 0,5 L planta⁻¹ adubo orgânico; T3 = adição manual de 1 L planta⁻¹ de adubo orgânico curtido (rejeitos da seleção e limpeza do café) e T4 = sem adição de condicionantes do solo (testemunha)..... 46

CAPÍTULO III..... 38

Tabela 1 – Listagem das espécies arbóreas utilizadas para o plantio nos grupos de Anderson classificadas em grupos sucessional, funcional e posição de plantio dentro do núcleo. Em que: CS = classe sucessional; NP = não pioneira, P = pioneira, GF = grupo funcional, D = espécies de diversidade e E = espécies estruturantes..... 57

CAPÍTULO IV 71

Tabela 1 – Classe e notas de referência para a avaliação visual da fitotoxicidade (intoxicação visual aparente) em plantas após a aplicação de herbicida. 75

Tabela 2 – Taxa de crescimento relativo (TCR) em altura e diâmetro para as espécies *Calophyllum brasiliensis*, *Cytharexylum myrianthum* e *Guazuma ulmifolia* em função das doses de glyphosate aos 90 dias após a aplicação do produto. 80

Tabela 3 – Valores de F e teste de médias Tukey a 5% de significância para a micromorfometria dos tecidos foliares de *Calophyllum brasiliensis* (A), *Cytharexylum myrianthum* (B) e *Guazuma ulmifolia* (C) em função das doses de glyphosate aos 30 dias após a aplicação do produto. Em que: GL = graus de liberdade, EAD = epiderme da face adaxial, PP = parênquima paliçádico, PL = parênquima lacunoso, EAB = epiderme da face abaxial e LMB = limbo..... 81

INTRODUÇÃO GERAL

Em meio as diversas riquezas de um país, muitas estão resguardadas às condições de biodiversidade que o mesmo possui, e neste sentido, o Brasil, país com dimensões continentais, oferece, em muitos aspectos, matéria prima para movimentar as diversas áreas da economia mundial.

Dentre as atividades de maior relevância, pode-se destacar o setor agropecuário, que somente no ano de 2015, participou com aproximados 23% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, conforme balanço realizado pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (SILVA JUNIOR, 2016).

Embora apresente imensa biodiversidade, o Cerrado vem sendo modificado, por meio de atividades produtivas e/ou exploratórias de larga escala. Estas se manifestam mais contundentes em grandes setores como no agropecuário. Tais atividades visam suprir as necessidades de bem-estar de uso comum, que, muitas vezes quando não seguidas as legislações vigentes, contradizem e ferem o princípio da sustentabilidade, e privam o direito público ao ambiente ecologicamente equilibrado para a vida (FREITAS, 2011).

Assim, a ciência da recuperação de áreas degradadas ganhou notoriedade na tentativa de minimizar tais impactos ou mesmo readequar áreas até então abandonadas e direcioná-las a uma nova utilização, seja esta conservacionista ou produtiva. Os estudos de recuperação de áreas degradadas evoluíram quanto às técnicas utilizadas ao longo dos anos e ainda há uma lacuna a ser preenchida por técnicas que visam o reestabelecimento do bioma Cerrado.

Dentre as técnicas de recuperação de áreas degradadas que devem ser promovidas de forma a priorizar a resiliência de uma área, sobretudo anteriormente ocupada por atividades agrícolas, tem-se o uso do banco de sementes do solo (BS), que apresenta como principal vantagem, a possibilidade de restabelecer no local degradado um ecossistema que se assemelha, pelas espécies contidas, àquele que existia antes da sua degradação, além de poder ser retirado da própria área ou de áreas remanescentes próximas, tornando o processo de recuperação mais eficiente e menos oneroso.

Contudo, em casos com alto grau de degradação, em áreas anteriormente voltadas as práticas agrícolas (pastagens), a presença das plantas infestantes, principalmente as gramíneas exóticas, torna-se um empecilho à recuperação. Assim, o BS pode não ser suficiente para recuperação da área (JACOVAK, 2007), sendo necessária a aplicação conjunta de outras técnicas, como a implantação de uma comunidade de espécies arbóreas, por meio do plantio de mudas.

A maioria das áreas destinadas à recuperação dentro do setor agrícola são pastagens abandonadas ou mal utilizadas, em que predominam a presença de espécies exóticas com caráter invasor. Isto dificulta o crescimento das espécies arbóreas implantadas e da regeneração natural (RESENDE; LELES, 2017). Além de competirem pelos recursos de crescimento (nutrientes, água e luz), algumas espécies exóticas são alelopáticas (SILVA et al., 2009) e possuem grande potencial de inibirem a germinação de sementes, bem como o crescimento de espécies autóctones.

Em áreas que se pretende recuperar, predominantemente ocupadas por gramíneas exóticas invasoras, há a necessidade do constante manejo, pois tratam-se de espécies que dispersam e persistem em detrimento das espécies endêmicas, causando alterações nos processos ecológicos. Algumas características que permitem que as espécies exóticas se tornem potenciais invasoras são: a alta taxa de crescimento vegetativo, a grande produção de sementes com fácil dispersão, a alta longevidade das sementes no solo, a alta taxa de germinação, bem como, as alterações das condições naturais de fertilidade do solo inerentes a esses ambientes.

Para tanto, deve-se buscar formas de manejo (cultural, mecânico, químico ou o conjunto desses) que amenizam o impacto das espécies exóticas invasoras sobre a área a ser recuperada (MARTINS et al., 2011). Assim, o controle cultural tem sido adotado como forma de modificar a entrada de luz nesses sistemas em função do sombreamento, por meio da escolha adequada das espécies, densidade e arquitetura de plantio das mudas, sendo que em locais onde o potencial infestante das espécies alóctones é maior, tenta-se promover o rápido sombreamento dessas, limitando seu crescimento (LELES et al., 2015), favorecendo ainda a sobrevivência e o desenvolvimento das autóctones de interesse.

Ainda nesse sentido, autores como Reis et al. (2003; 2007), Bechara et al. (2016), defendem que a arquitetura de plantio das mudas deve ser realizada seguindo a proposta fundamentada por Anderson (1953), a qual determina o plantio de mudas em esquema piramidal, fazendo uso de espécies com características que engatilha a sucessão ecológica, podendo formar núcleos de diversidade. A ideia do plantio em grupos espaçados de Anderson vai ao encontro do conceito de nucleação, em que determinadas espécies permitem uma significativa melhoria nas qualidades ambientais, possibilitando o aumento da probabilidade de ocupação deste ambiente por outras espécies mais exigentes em recursos, benéficas à área degradada e ao seu reestabelecimento.

Uma alternativa para realizar o controle das espécies alóctones infestantes nas áreas em processo de recuperação é o controle químico, via a utilização de herbicidas, que pode ser utilizado isoladamente ou somado ao controle cultural. Para tanto, é necessário que estes

produtos não ajam sobre as espécies de interesse (ação seletiva), exercendo ação somente sobre as espécies alvo (plantas infestantes). Sabe-se que o uso de herbicidas no controle de plantas infestantes normalmente melhora as condições de crescimento das plantas de interesse e reduzem os custos de intervenção, fatos que explicam a adoção desse método em atividades agrícolas e florestais (LELES et al., 2017). A ação dos herbicidas sobre as espécies florestais ainda é incipiente, para tanto, é necessário conhecer os efeitos fitotóxicos que os mesmos causam sobre tais plantas.

Logo, há a necessidade de encontrar espécies florestais que podem ser utilizadas na recuperação de áreas degradadas e que sejam menos sensíveis ao efeito deriva de herbicidas tais como o glyphosate. Para Leite et al. (2014), o glifosato é um dos herbicidas mais utilizados em razão de sua elevada eficiência sobre um grande espectro de plantas infestantes. Essa alta eficiência tem relação direta com sua elevada capacidade de redistribuição na planta, que após sua absorção pelas folhas e caulículos novos, age nos vários sistemas enzimáticos, inibindo o metabolismo de aminoácidos.

Dentro deste contexto, este trabalho está organizado em quatro capítulos, em que objetivou-se avaliar diferentes técnicas para a recuperação de uma de uma área degradada de cerrado campo sujo antropizado, visando a descoberta e aplicabilidade de novas metodologias com as características supracitadas.

O primeiro capítulo, intitulado **“Diagnóstico da resiliência de uma área antropizada por meio do banco de sementes do solo”** caracteriza o banco de sementes do solo quanto a sua composição florística, vigor, diversidade e viabilidade de utilização no processo de recuperação. No segundo capítulo, **“Plantio inicial de recuperação com espécies do Cerrado sob condicionantes de solo no Alto Paranaíba – MG”**, aborda o processo inicial de recuperação de uma área degradada por meio do plantio convencional em linha, utilizando diferentes condicionantes do solo a fim de melhorar o desenvolvimento das espécies plantadas. Para o terceiro capítulo, **“Plantio em grupos de Anderson visando a recuperação ecológica em áreas de pastagem desativada”**, objetiva a eficiência do plantio em grupos de Anderson na revegetação de uma área degradada de Cerrado antropizado visando, sobretudo, o controle cultural das espécies alóctones infestantes. Por fim, o quarto capítulo denominado **“Efeitos da deriva simulada do herbicida glyphosate em mudas de espécies nativas do bioma Cerrado”**, aborda o efeito deriva provocado pelo herbicida glyphosate na sensibilidade das mudas de *Calophyllum brasiliensis*, *Cytherexylum myrianthum* e *Guazuma ulmifolia*.

Assim, o presente estudo tem por objetivo avaliar a composição e vigor do banco de sementes de solo, o desempenho das espécies sob diferentes condicionantes de solo, os grupos

de Anderson e a sensibilidade de espécies nativas ao herbicida glyphosate no intuito de subsidiar programas de recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, M. L. Spaced-Group planting. 1953. **Unasylva**. 7(2). Disponível em <www.fao.org/forestry/site/unasylva/en> Acesso em 28 de outubro de 2017.
- BECHARA, F. C.; DICKENS, S. J.; FARRER, E. C.; LARIOS, L.; SPOTSWOOD, E. N.; MARIOTTE, P.; SUDING, K. N. Neotropical rainforest restoration: comparing passive, plantation and nucleation approaches. **Biodiversity and Conservation**, 25(11), 2016.
- FREITAS, J. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. Belo Horizonte: Forum, 2011, 340p.
- JAKOVAC, A. C. C. **O uso do banco de sementes florestal contido no topsoil como estratégia de recuperação de áreas degradadas**. Campinas: UNICAMP, 2007. 152 p. Tese (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- LEITE; S. M. M; SOUZA; E. F; SOUZA, K. F. Efeito de doses de glifosato associado à espalhante adesivo e sulfato de amônio no controle de capim pé-de-galinha e grama seda. **UNIMAR CIÊNCIAS**, v.23 n. (1-2). p.61-65, 2014.
- LELES, P. S. S.; MACHADO, A. F. L.; SILVA, A. P.; SANTOS, F. A. M. Uso de herbicidas na restauração florestal. In: RESENDE, A. S.; LELES, P. S. S., Eds, **Controle de plantas daninhas em restauração florestal**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 45 – 61.
- LELES, P. S. S; OLIVEIRA NETO, S. N; ALONSO, J. M. Restauração florestal em diferentes espaçamentos. In: LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. (Ed.) **Restauração florestal e a Bacia do Rio Guandu**. Seropédica: Editora Rural, 2015. p. 101-153.
- MARTINS, C. R; VALL HAY, J. D; WALTER, B. M. T; PROENÇA, C. E. B; VIVALDI, L. J. O impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do cerrado sentido restrito. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 73-90, 2011.
- REIS, A.; TRES, D. R.; SCARIOT, E. C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, PR, n.55, p. 67-73, 2007.
- REIS, A; BECHARA, F. C; ESPÍNDOLA, M. B; VIEIRA, N. K; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: Nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, v.1, n1: p.28-36, 2003.
- RESENDE, A. S.; LELES, P. S. S. O problema do controle de plantas daninhas na restauração florestal. In: RESENDE, A. S.; LELES, P. S. S., Eds, **Controle de plantas daninhas em restauração florestal**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 45 – 61.
- SILVA JUNIOR, J. M. Por uma classe média rural forte. **Revista AGROBRASIL – Balanço Brasileiro do Agronegócio 2016/17**, Santa Cruz do Sul, v.1, 2016.

SILVA, R. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; LEAL, L.; SILVA, A. S. Ocorrência de fungos micorrízicos em espécies florestais na região central do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.15, n.1-4, p.65-70, jan-dez, 2009.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DA RESILIÊNCIA DE UMA ÁREA ANTROPIZADA POR MEIO DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO

RESUMO

A crescente demanda pelos recursos naturais tem suprimido as vegetações naturais, reduzindo-as ao longo do tempo. A recuperação da vegetação em um ambiente degradado ocorre, sobretudo, por meio da sucessão ecológica, em que os propágulos presentes no banco de sementes é o mecanismo responsável pela retomada organizacional dos componentes principais do sistema natural que refletirá na expressão e condução da regeneração natural da área. O objetivo desse trabalho foi caracterizar o banco de sementes do solo quanto a sua composição florística, vigor, diversidade e indicador da viabilidade da recuperação de uma área de cerrado degradada por meio da regeneração natural. A área de estudo está localizada no distrito de Pântano de Santa Cruz na Reserva Legal da Fazenda Pântano município de Patos de Minas. A área experimental foi dividida em dois ambientes, adjacentes, diferenciados quanto ao grau de intervenção antrópico dos mesmos, assim caracterizados: Ambiente 1 (Ambiente degradado) - área de pastagem desativada com 19 ha, apresentando como matriz de entorno plantio de café e Ambiente 2 (ambiente referência). O procedimento de coleta das amostras de solo ocorreu em duas estações (seca e chuvosa), sendo avaliados durante 270 dias cada. Foram utilizados os parâmetros: diversidade de Shannon-Weaver (H'), equabilidade de Pielou (J) e similaridade de Sorensen (SO). Para o H' foi aplicado o teste t de Hudson para o índice de diversidade de Shannon para avaliar as diferenças entre as áreas e épocas de coleta. Para as duas áreas foram encontradas 39 espécies divididas em 36 gêneros e 16 famílias botânicas, destas, 30 espécies foram encontradas no ambiente degradado e 22 no referência. Verificou a predominância de espécies alóctones de caráter invasor (*Melinis minutiflora* P. Beauv. e *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webste). Para o ambiente degradado, em ambas as coletas, o número de plântulas emersas foi superior ao ambiente referência no final da avaliação para o período chuvoso. Para o ambiente referência, no período chuvoso, ocorreu maior número de indivíduos de espécies autóctones. Assim, o banco de sementes revela que a área apresenta baixa capacidade de regeneração natural, sendo necessário a adoção de outras técnicas na recuperação desta.

Palavras-chave: Recuperação de áreas degradadas. Sucessão ecológica. *Urochloa decumbens*.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda pelos recursos naturais tem suprimido as vegetações naturais, reduzindo-as ao longo do tempo. Esse processo mostra-se mais intensificado no Cerrado, principalmente na região do Alto Paranaíba (CHELOTTI; ROSOLEN, 2014), que por ser um dos polos de maior desenvolvimento agrícola e pecuário de Minas Gerais, tem seu uso e cobertura do solo alterado constantemente para atender o setor produtivo.

Rosa e Sano (2014) mostram que a ocupação do solo predominante na bacia do Rio Paranaíba é composta por pastagens, ocupando uma área de 41,1% da bacia, seguida pela cobertura vegetal natural (29,4%) e pelas culturas anuais (21,7%). Muitas dessas pastagens encontram-se abandonadas e com presença de focos erosivos nos mais diversos estágios, sendo a recuperação dessas uma ferramenta capaz e alternativa para reverter processos de degradação ao mesmo tempo que mantém os princípios da sustentabilidade.

Os ecossistemas não podem ser entendidos isoladamente, é inescusável ter uma visão holística das interações decorrentes do ecossistema degradado com seus componentes. Somente é possível concluir um processo de restauração quando ocorrer o fechamento organizacional de todos os componentes principais do sistema degradado (AUMOND; MAÇANEIRO, 2014). Assim, aproveitar o potencial de resiliência (autorregeneração) das áreas a serem recuperadas facilitam a conservação ou recomposição local (MARTINS, 2009).

A busca pela elaboração e aplicação de ações que visam à recuperação de áreas degradadas e a conservação ambiental ao mesmo tempo em que atende as demandas da sociedade, encontram subsídio no planejamento ambiental (BALDASSARINI; NUNES, 2014). Assim, para avaliar o potencial de regeneração natural de uma área, deve ser estudada a presença da chuva de sementes (sementes dispersas recentemente), o banco de sementes do solo e o banco de plântulas (MIRANDA et al., 2011).

O banco de sementes do solo compreende as sementes em estado de dormência ou associadas à serapilheira, nos solos de florestas e de habitats arbustivos, produzidas localmente e por aquelas transportadas pelos diversos meios de dispersão, e que germinam quando as condições se tornam favoráveis (BASKIN; BASKIN, 1989). Ele é condizente com a composição potencial pós-degradação, isto é, a vegetação que se estabelece é versátil com o tipo de variação ambiental imposta pelas atividades que modificaram as condições naturais (BAIDER et al., 2001).

A recuperação da vegetação em um ambiente degradado ocorre, sobretudo, por meio da sucessão ecológica, em que os propágulos presentes no banco de sementes é o mecanismo

responsável pela retomada organizacional dos componentes principais do sistema natural que refletirá na expressão e condução da regeneração natural da área. Assim, a principal vantagem do banco de sementes como técnica de recuperação é a de restabelecer no local degradado um ecossistema que se assemelha, pelas espécies contidas, àquele que existia antes da sua degradação (BAIDER et al., 2001), desde que o mesmo não esteja contaminado com espécies invasoras, principalmente alóctones.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi caracterizar o banco de sementes quanto a sua composição florística, vigor, diversidade e viabilidade de utilização no processo de recuperação de uma área degradada no município de Patos de Minas - MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no distrito de Pântano de Santa Cruz na Reserva Legal da Fazenda Pântano município de Patos de Minas, microrregião predominada pela cultura cafeeira, com sede sob as coordenadas geográficas de 18°37'54.00"S e 46°49'27.20"W (Figura 1).

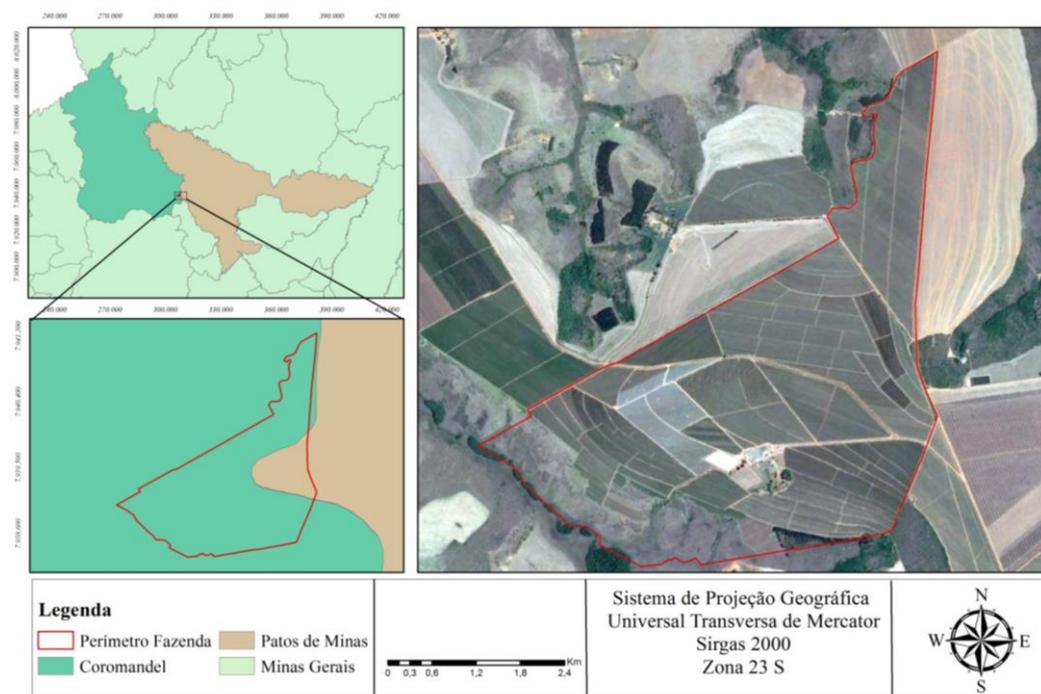


Figura 1 - Mapa de localização da Fazenda Pântano entre os limites dos municípios de Coromandel e Patos de Minas, MG.
Fonte: Autor (2018).

A Reserva Legal da Fazenda Pântano, objeto de estudo, perfaz um total de 42 ha com vegetação predominante de cerrado campo sujo (RIBEIRO; WALTER, 2008). Destes 42 ha,

19 ha encontram-se antropizados, ocupado com pastagem, substancialmente pelas espécies (*Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens*).

O distrito de Pântano de Santa Cruz está inserido em uma região de clima mesotérmico, de variedade Aw na classificação de Köppen, com temperatura média de 21,8°C, precipitação média anual (última década) de 1638 mm, com verão chuvoso que se estende de outubro a abril/maio e uma estação seca compreendida entre os meses maio/junho a setembro (SANTOS; RIBEIRO, 2004).

Amostragem do banco de sementes

A área experimental foi dividida em dois ambientes, adjacentes, diferenciados quanto ao grau de intervenção antrópico dos mesmos, assim caracterizados: Ambiente 1 (Ambiente degradado) - área de pastagem desativada com 19 ha, apresentando como matriz de entorno plantio de café e Ambiente 2 (ambiente referência) - área de cerrado, fitofisionomia de e uma campo sujo com 23 ha, apresentando em sua maioria gramíneas nativas com pequenos maciços de gramíneas exóticas (Figura 2).



Figura 2 – Perímetro da Fazenda Pântano com ênfase na Reserva Legal.
Fonte: Autor (2018).

O delineamento experimental utilizado na casa de vegetação foi inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2x2, sendo estudado o efeito dos dois ambientes e das duas épocas de coleta do banco de sementes, com 15 repetições.

A coleta das amostras de solo para a avaliação do banco de sementes (BS) ocorreu em duas épocas: estação seca (julho/2015), com temperatura média máxima mensal de 18,3°C e precipitação média de 6,0 mm; e estação chuvosa (janeiro/2016) coincidindo com o período de dispersão de sementes, com temperatura média máxima mensal de 22,1°C e precipitação média de 402,1 mm (INMET, 2017).

Em cada ambiente, para cada época de avaliação, foram coletadas 15 amostras de solos de forma aleatória (sorteio dos pontos amostrais) com o auxílio de um gabarito (estrutura metálica vazada com 25 x 25 x 5 cm). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e transportadas para o viveiro de mudas do Instituto Estadual de Florestas de Patos de Minas - MG, onde foram transferidas para bandejas plásticas de 3,1 dm³ (Figura 3).

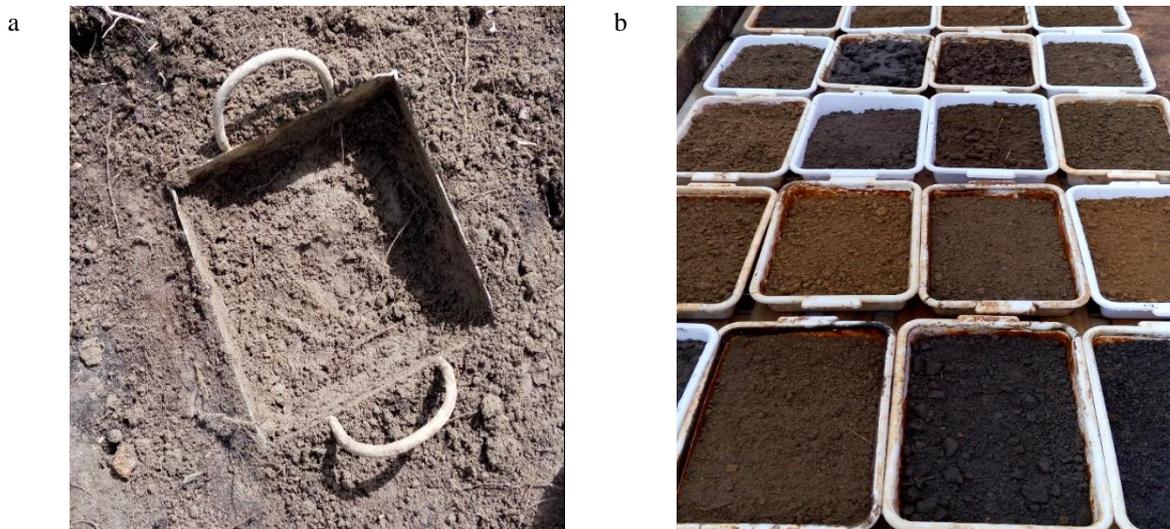


Figura 3 – Estrutura metálica vazada para coleta do banco de sementes no solo (a) e disposição das bandejas em casa de vegetação do Instituto Estadual de Florestas (IEF) contendo amostras do banco de sementes do solo. Fonte: Autor (2015).

Posteriormente, as bandejas foram dispostas na casa de vegetação onde receberam três irrigações diárias por microaspersão, totalizando uma lâmina d'água de 10,3 mm dia⁻¹. Como forma de controle, para verificar ou não a presença de contaminação com sementes externas dentro da casa de vegetação, foram adicionadas quatro bandejas plásticas contendo apenas areia esterilizada.

A avaliação do BS foi realizada por meio do método indireto (BASKIN; BASKIN, 1989), que quando prontamente identificadas considerando o sistema do Angiosperm Phylogeny Group II (APG, 2003), foram contabilizadas e retiradas das bandejas. Plântulas não identificadas, exceto as gramíneas, foram repicadas para substratos em sacolas plásticas,

mantidas na casa de vegetação, para que após seu desenvolvimento, permitissem sua identificação.

Após identificadas, as espécies foram classificadas quanto à forma de vida, nas categorias: arbórea, arbustiva, herbáceo ou herbáceo graminoso, conforme adotado por outros autores (UHL; BUSCHBACHER, 1985; GROMBONE-GUARATINI; RODRIGUES, 2002), e quanto a origem em alóctone, autóctone brasileira e autóctone do bioma.

Assim, a contagem das plântulas que emergiram oriundas do BS foi realizada por um período de 270 dias para cada época do estudo, divididas em dez avaliações, sendo as duas primeiras aos 15 e 30 dias após a instalação dos experimentos e as demais, mensalmente, até completar o período de análise.

Análise de dados

A análise da composição florística para o BS foi realizada para cada ambiente de estudo, em cada época de avaliação. Para tanto foram utilizados os parâmetros: diversidade de Shannon-Weaver (H'), equabilidade de Pielou (J) e similaridade de Sorensen (SO). Para o H' foi aplicado o teste t de Hudson para o índice de diversidade de Shannon (MAGURRAN, 2011) para avaliar as diferenças do BS entre as áreas e épocas de coleta.

Os valores contabilizados para o número de plântulas emersas totais durante o período de avaliação foram comparados por meio da análise de variância, após serem submetidos à transformação ($\log(n+1)$) para atingir normalidade (MELO et al., 2007) e posteriormente comparados por meio do teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Os cálculos foram realizados no software *Statistic 7.0*.

Foram calculados o índice de velocidade de emergência (IVE) e o tempo médio de germinação (T_m) adaptado de Edmond e Drapala (1965) para o BS de cada ambiente, considerando o tempo inicial a data da coleta das amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento foi garantida a não contaminação do BS por sementes externas ao banco avaliado em ambos os ambientes e épocas de coleta, visto que, não houve germinação no substrato esterilizado (controle).

Na Tabela 1, observa-se a relação das famílias botânicas, espécies, forma de vida, origem e respectivos ambientes e estação de coleta onde foram listadas as espécies encontradas.

Tabela 1 – Listagem das espécies e respectivas famílias botânicas presentes no banco de sementes do solo em duas áreas de cerrado campo sujo na Fazenda Pântano em Patos de Minas - MG. Em que: AR = arbórea; GRAM = gramíneas; H = herbáceo; SAR = arbustiva; ABIO = autóctone do bioma; ABRA = autóctone brasileira; ALOC = alóctone; D = ambiente degradado, R = ambiente referência, S = coleta época seca e C = coleta época chuvosa.

Família botânica	Espécie	Forma de vida	Origem	Ambiente	Estação
Acanthaceae	<i>Justici apectoralis</i> Vault	H	ALOC	R	S
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i> Colla	H	ALOC	D	S,C
Asteraceae	<i>Bidens subalternans</i> DC.	H	ALOC	D	S
	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	H	ALOC	D	C
	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	H	ALOC	D	C
	<i>Melampodium paniculatum</i> Gardner	H	ALOC	R	S
	<i>Pluchea sagittalis</i> (Lam.) Cabrera	H	ABIO	D,R	S,C
	<i>Soliva pterosperma</i> (Juss.) Less.	H	ABIO	D,R	S,C
	<i>Tagetes minuta</i> L.	SAR	ABIO	D,R	S,C
	<i>Vernonanthura phosphorica</i> (Vell.) H.Rob.	AR	ABIO	R	S,C
Compositae	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	H	ALOC	D	S
Euphorbiaceae	<i>Croton urucurana</i> Baill.	AR	ABRA	R	C
	<i>Ricinus communis</i> L.	SAR	ABRA	R	S,C
Fabaceae	-				
Mimosoideae	<i>Inga edulis</i> Mart.	AR	ABIO	R	C
FabaceaeFaboideae	<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.	H	ALOC	D	S
Lamiaceae	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit	SAR	ABRA	D,R	S,C
	<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br.	SAR	ALOC	D	S,C
Malvaceae	<i>Chorisia speciosa</i> St. Hil.	AR	ABIO	D	C
	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	SAR	ALOC	D	C
	<i>Sida glaziovii</i> K. Schum.	SAR	ABIO	D,R	S,C
	<i>Sida urens</i> L.	H	ABRA	D,R	S,C
Melastomataceae	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	AR	ALOC	R	C
Myrsinaceae	<i>Rapanea guianensis</i> Aubl.	AR	ABIO	R	C
Onagraceae	<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt.) H. Hara	SAR	ABRA	R	S,C
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	GRAM	ALOC	D	S,C
	<i>Eragrostis pilosa</i> (L.) P. Beauv.	H	ALOC	D	S,C
	<i>Luziola peruviana</i> Juss. ex J.F. Gmel.	H	ABRA	D,R	S,C

Família botânica	Espécie	Forma de vida	Origem	Ambiente	Estação
	<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	GRAM	ALOC	D	S,C
	<i>Paspalum maritimum</i> Trin.	H	ABRA	D,R	S,C
	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	H	ALOC	D	S,C
	<i>Pennisetum purpureum</i> Schum. cv. Mott	GRAM	ALOC	D	S
	<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.	H	ALOC	D	S,C
	<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D. Webste	GRAM	ALOC	D,R	S,C
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	H	ALOC	D,R	S,C
Rubiaceae	<i>Diodia teres</i> Walter	H	ALOC	D	S,C
	<i>Spermacoce latifolia</i> Aubl.	H	ABIO	D,R	S,C
Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i> (L.) Pers.	H	ABRA	D,R	S,C
	<i>Solanum americanum</i> Mill.	H	ABRA	D,R	S,C
	<i>Solanum lycocarpum</i> A. St. - Hil.	AR	ABIO	D	C

Fonte: Autor (2018).

Para as duas áreas foram encontradas 39 espécies divididas em 36 gêneros e 16 famílias botânicas, destas, 30 espécies foram encontradas no ambiente degradado e 22 no referênciã. As espécies da família Poaceae e Asteraceae foram as mais representativas em riqueza, com 9 e 8 espécies, respectivamente em ambos os ambientes. A predominância de espécies dessas famílias se dá principalmente pela estratégia de adaptação a diferentes ecossistemas, uma vez que seus representantes possuem elevada quantidade de produção de frutos, sendo a maioria destes alados - alcançando grandes distâncias; estas possuem altas taxas de produção de sementes que favorecem a ampla dispersão de suas espécies (MACHADO FILHO, 2015).

Para Ikeda et al. (2007) as áreas abertas, com maior luminosidade favorecem a germinação de sementes da família Asteraceae. Kissmann; Groth (1997) citam que o predomínio de espécies da família Poaceae é devido as características intrínsecas das mesmas, que consequentemente aumentam sua capacidade de estabelecimento em diversos ambientes.

O total de plântulas emersas na área de estudo foi de 1.571 (418,93 ind m⁻²), sendo 643 e 679 indivíduos para o ambiente degradado no período seco e chuvoso, respectivamente, e de 103 e 146 indivíduos para o ambiente referênciã no período seco e chuvoso, respectivamente.

A quantidade plântulas emersas em um banco é variável visto diversos fatores como o estágio sucessional (LINDNER, 2009), o histórico de perturbação da área, o bioma onde está inserida e a sazonalidade do BS (GROMBONE-GUARATINI; RODRIGUES, 2002).

A análise de variância para o número de indivíduos emersos no BS apresentou diferença significativa (*) ao nível de 5% de significância para o fator ambiente ($F = 34,580^*$) e não significativo ($n.s$) para o fator época ($F = 0,186^{n.s}$) e a interação entre os fatores ($F = 0,001^{n.s}$). Quando aplicado o teste Skott-Knott ao nível de 5% de significância de erro para o fator ambiente, o mesmo indicou superioridade para o número de sementes germinadas no ambiente degradado em relação ao ambiente referência.

Na Figura 4 é apresentada a regressão pelo método dos mínimos quadrados ordinários para a quantidade acumulada de plântulas para as duas épocas de coleta dos BS (seco e chuvoso), enfatizando a diferença significativa entre o ambiente degradado e referência ($p < 0,05$).

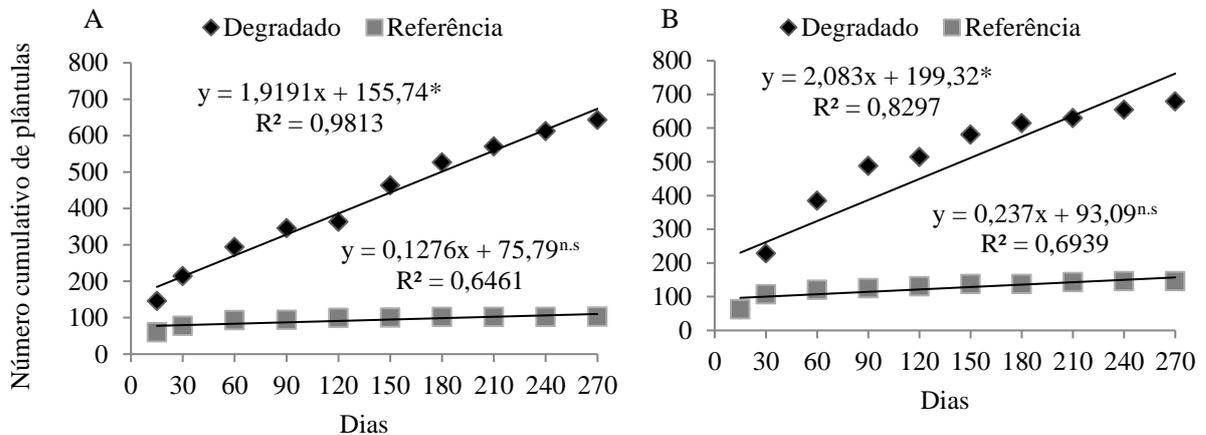


Figura 4 – Número cumulativo de plântulas emersas no banco de sementes de duas áreas de cerrado campo sujo na Fazenda Pântano em Patos de Minas - MG. Em que: Y = número de plântulas emersas, A = avaliação no período seco, B = avaliação no período chuvoso, (*) = significativo ao nível de 5% de significância e (n.s) = não significativo ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autor (2018).

Verifica-se pela Figura 4 que para o ambiente degradado, em ambas as coletas, o número de plântulas emersas foi superior ao ambiente referência no final da avaliação, em 624% superior para o período seco (Figura 4-A) e em 465% para o período chuvoso (Figura 4-B).

A elevada superioridade é explicada pelas características inerentes das espécies germinadas no ambiente degradado, representado em grande maioria pelas gramíneas exóticas, pertencentes à família Poaceae. Estas espécies são heliófilas e possuem metabolismo C_4 , sendo aptas a colonizar áreas abertas de campos e os cerrados brasileiros; produzem elevada quantidade de sementes com alta viabilidade que se dispersam facilmente por anemocoria possibilitando a ocupação e o desenvolvimento em extensas áreas. De difícil remoção, incluindo a tolerância à herbivoria, apresentam comportamento oportunista e competem diretamente com as espécies nativas do bioma cerrado (COUTINHO, 1982; BARUCH et al., 1985; PIVELLO et al., 1999).

A elevada densidade de gramíneas exóticas, principalmente exercida pela gramínea alóctone *Urochloa decumbens* é citada por outros autores como uma espécie potencialmente inibidora dos processos de sucessão ecológica das espécies autóctones (MACHADO et al., 2013), enfatizado por Nave (2005) que cita que a *Urochloa decumbens* exerce forte competição com as espécies arbóreas nativas. Os efeitos nocivos das gramíneas alóctones, não se restringem à competição com as plantas nativas. A fauna também pode ser afetada, especialmente pela substituição de espécies que lhes serviam de alimento, ou pela modificação de habitat (DEVELEY et al., 2005), além de produzirem elevada quantidade de biomassa, que quando secas são altamente inflamáveis, desencadeando incêndios de grandes proporções com consequentes perdas de biodiversidade.

Áreas degradadas com BS rico em espécies invasoras interferem no desenvolvimento da vegetação arbustivo-arbórea, pois as invasoras podem vir a colonizar a área competindo e inibindo a resiliência das espécies autóctones, afetando a sustentabilidade do ecossistema (MARTINS, 2001).

A Figura 5 expressa a divisão em porcentagem dos indivíduos listados em relação à origem de ocorrência para os dois ambientes estudados nas duas épocas de coleta.

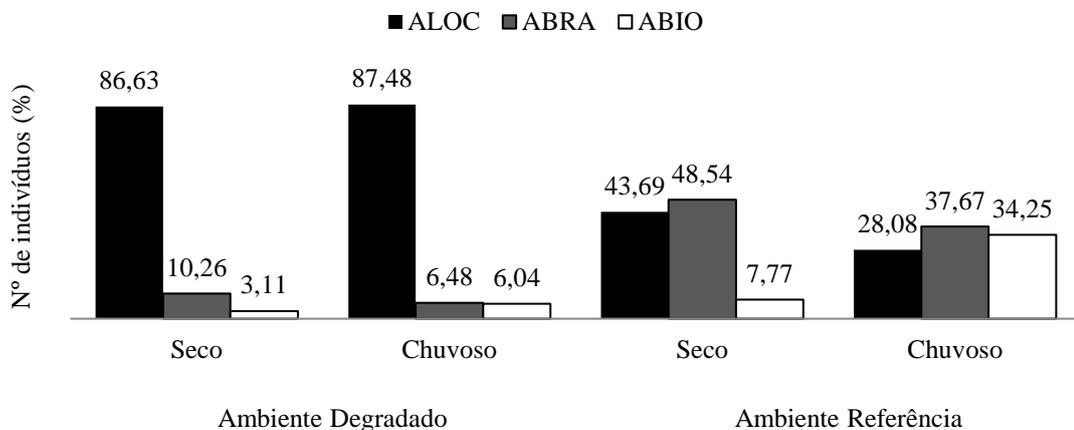


Figura 5 – Porcentagem de indivíduos quanto à origem de duas áreas de cerrado campo sujo, em duas épocas de coleta, na Fazenda Pântano em Patos de Minas - MG. Em que: ABIO = autóctone do bioma; ABRA = autóctone brasileira e ALOC = alóctone.

Fonte: Autor (2018).

Verifica-se que para o ambiente degradado em ambas as épocas de coleta a maior parte das plântulas emersas são alóctones, com aproximadamente 87% da representatividade (576 indivíduos). Brandão et al. (2016) enfatizam que a elevada presença de espécies alóctones no BS, pode estar relacionada com o ciclo de vida dessas, a grande produtividade de sementes, mecanismos eficientes de dispersão, além de, um dossel mais aberto (como o do presente estudo) facilitar a dispersão e a incorporação das sementes no solo.

Para o ambiente referência, observa-se uma redução na porcentagem média total de plântulas emersas (36% equivalentes a 43 indivíduos) e redução também entre as épocas de avaliação para as espécies alóctones, além do aumento dessas porcentagens para as espécies autóctones do bioma em questão (Figura 5).

Embora o número total de indivíduos no ambiente referência seja menor que no degradado, foi sob essas condições, que permitiu a maior germinação de sementes autóctones do bioma, sobretudo no período chuvoso. Em destaque, cita-se a presença de um exemplar de *Rapanea guianensis* (pororoca) e *Vernonanthura phosphorica* (assa peixe), ambas de ocorrência em matas ciliares do bioma Cerrado e presentes em maiores exemplares em uma mata ciliar adjacente ao ambiente referência; induzindo que o BS está recebendo, por chuva de sementes ou outros meios, propágulos dessa mata. Ainda sobre as espécies em destaque, chama-se a atenção para a importância ecológica das mesmas; o assa peixe atrai abelhas que são importantes polinizadoras e dispersoras da espécie, além de útil para apicultores em virtude do néctar e pólen; já a pororoca é altamente atrativa à fauna local em função da produção de seus frutos (LORENZI, 2016), que pode contribuir diretamente para aumentar a dispersão.

Para Brocket al. (2003), as condições ambientais secas são fundamentais para aumentar a capacidade das sementes em permanecerem dormentes no solo, aumentando assim a viabilidade (vigor) do BS, sendo estas potencialmente aptas a germinar no início do período chuvoso. Gallagher e Gardina (1997) enfatizam que em habitats com condições extremamente secas, a germinação pode ser até mesmo inibida. Destaca-se no presente estudo que, embora o número de plântulas observadas no BS não esteja associado estatisticamente à época de coleta, o período chuvoso foi o que proporcionou maior germinação das espécies autóctones favorecendo o enriquecimento do banco.

Verifica-se que o Tm no ambiente referência foi em média de 43 dias enquanto no ambiente degradado, devido à superioridade de indivíduos emersos associados ao banco, o mesmo foi de 98 dias, indicando a persistência e longevidade dessas sementes (alóctones) na área. O IVE apresentou uma superioridade três vezes maior para o ambiente degradado em relação ao referência ($IVE_{\text{degradado}} = 15,07$ e $IVE_{\text{referência}} = 5,02$), indicando que as sementes do ambiente degradado, maioria alóctones, são mais vigorosas; conseqüentemente tornando-as mais competitivas em relação às autóctones, corroborando com o descrito acima de que as espécies alóctones agem como potenciais inibidoras da expressão das sementes autóctones.

Quando avaliados a forma de vida das espécies encontradas no BS, verifica-se uma presença maciça das gramíneas (58%), principalmente representadas pelas espécies *Melinis*

minutiflora e *Urochloa decumbens* para a área degradada e uma representatividade majoritária das herbáceas (71%) no ambiente referência (Figura 6).

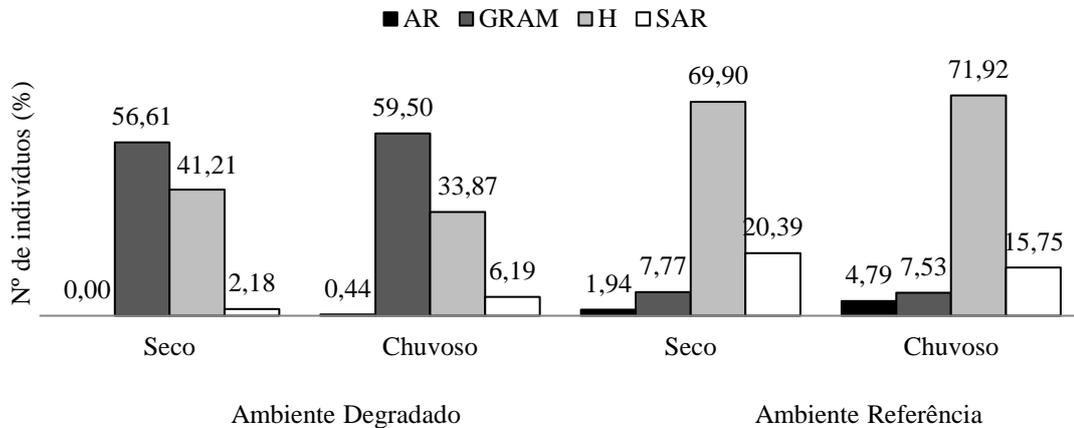


Figura 6 – Porcentagem de indivíduos quanto à forma de vida das duas áreas de cerrado campo sujo, em duas épocas de coleta, na Fazenda Pântano em Patos de Minas - MG. Em que: AR = arbórea; GRAM = gramínea; H = herbáceo e SAR = arbustiva.

Fonte: Autor (2018).

Em um modelo teórico, as herbáceas são encarregadas de estabelecer o processo inicial de sucessão ecológica, ocupando os espaços abertos na comunidade, revegetando-a (ARAÚJO et al., 2004); que embora favorável, em elevadas quantidades, sobretudo se alóctones para a área, podem desencadear processos de inibição e dificultar o desenvolvimento das espécies arbóreas ou arbustivas, indicando a necessidade do manejo de forma antrópica (OLIVEIRA et al., 2015).

Ademais, quando esse processo advém das espécies alóctones, sobretudo com caráter invasor, este pode inibir a regeneração natural, seja pelo seu desenvolvimento acelerado e/ou pela capacidade de competir, extrair e exaurir os recursos necessários ao desenvolvimento dos indivíduos germinados (MARTINS, 2009), ou mesmo em razão dos seus efeitos alelopáticos (SOUZA et al., 2006). Logo, medidas de manejo devem ser adotadas visando minimizar espécies alóctones no BS principalmente para o ambiente degradado, facilitando a chegada de novas espécies de interesse.

Para Franco et al. (2012), a presença das espécies herbáceas invasoras pode ser consequência do histórico de uso agrícola, como também da fragmentação ambiental, que aumenta a vulnerabilidade da área visto a perturbação antrópica no seu entorno. Para Araújo et al. (2004) em áreas degradadas, a predominância de sementes de espécies herbáceas, ocorre com maior frequência nos BS, em decorrência dos distúrbios intensos, ocorridos no passado.

A Tabela 2 indica os valores de diversidade, equabilidade e riqueza observados nas amostras do BS coletado nas áreas de estudo.

Tabela 2 – Valores de diversidade de Shannon (H'), equabilidade de Pielou (J) e riqueza (S) para o banco de sementes de duas áreas de cerrado campo sujo na Fazenda Pântano em Patos de Minas - MG.

	Degradado		Referência	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
H'	2,016	1,769	2,463	2,533
J	0,643	0,564	0,888	0,846
S	23	23	17	20

Fonte: Autor (2018).

Verifica-se que o índice de diversidade (H') é significativamente superior pelo teste t de Hudson para o índice de diversidade de Shannon para o ambiente referência em relação ao degradado ($p < 0,001$). Observando as épocas de coleta, há diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso para o ambiente degradado ($p < 0,001$) ocasionado principalmente pela maior densidade do número de sementes para a coleta do período seco. Entre as épocas de coleta para o ambiente referência, não foi observado diferença mínima significativa para o H' ($p > 0,001$), demonstrando ainda, uniformidade (equabilidade) entre as espécies mais abundantes (dominantes) no levantamento do BS.

O aumento no índice de diversidade entre os períodos de coleta para o ambiente referência pode estar relacionado ao aumento da riqueza (MAGURRAN, 2011) visto que esse índice concede maior peso a quantidade de espécies presentes na área, bem como, o decréscimo desse índice no ambiente degradado ser oriundo da redução na uniformidade de composição, sendo que as espécies *Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens* exercem alta abundância nessas áreas. Os H' encontrados no presente estudo são superiores aos mencionados por Ikeda et al. (2008) quando trabalharam em área de cerrado *sensu stricto* em parcelas naturais, pós fogo e pastagem.

Destaca-se maior riqueza no ambiente degradado, para ambas as coletas, em comparação ao referência que pode ser explicada pelo fato do manejo diferenciado dado a esta área, que desde 2012 vem sendo alvo de medidas que visam à recuperação desse ambiente. Dentre essas medidas, algumas árvores isoladas, anteriormente plantadas, das espécies *Chorisia speciosa* (paineira) e *Solanum lycocarpum* (lobeira), atraem a avifauna (poleiros naturais) que auxilia na dispersão de sementes bem como, contribuem para o BS com seus próprios propágulos, fator este confirmado pela presença de dois indivíduos de *S. lycocarpum* e de um de *C. speciosa* no BS coletado no período chuvoso para o ambiente degradado. Ainda, em relação a maior riqueza, está o fato da intervenção constante em uma faixa de 498 m² que servia como área de manobra para os tratores que trabalhavam no cultivo do café. Estes tratores promoviam a limpeza da área, por ação física, proporcionando espaço e entrada luz para o

estabelecimento de novas espécies, em suma, daninhas para o café: *Bidens subalternans* (Picão), *Conyza canadensis* (Avoadinha) e *Sida glaziovii* (Guaxuma-branca), espécies estas amostradas no BS.

Avaliando a matriz de similaridade de Sorensen (Tabela 3) observa-se que não há similaridade florística ($SO > 0,50$) entre o ambiente degradado e referência, independentemente da época de avaliação, destacando a baixa semelhança florística entre as áreas (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG 1974). Por seguinte, a baixa semelhança entre os ambientes, explica-se pelo próprio histórico de degradação.

Tabela 3 – Similaridade de Sorensen (SO) para o banco de sementes de duas áreas de cerrado campo sujo na Fazenda Pântano em Patos de Minas - MG.

		Degradado		Referência	
		Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Degradado	Seco	1,00	0,53	0,30	0,34
	Chuvoso	-	1,00	0,26	0,30
Referência	Seco	-	-	1,00	0,64
	Chuvoso	-	-	-	1,00

Fonte: Autor (2018).

Avaliando a similaridade florística do BS individualmente para cada ambiente, mas considerando épocas de coletas diferentes, verifica-se similaridade de 64% para o ambiente referência entre o período seco e chuvoso, ou seja, 64% das espécies amostradas nesse ambiente ocorrem concomitantemente nos períodos avaliados, indicando uma estabilidade do banco entre estes períodos; sendo a maioria representadas por espécies herbáceas e apenas uma da forma de vida arbórea (*Vernonanthura phosphorica*). A similaridade entre as épocas de avaliação para o ambiente em questão somados à maciça presença de espécies autóctones no BS demonstram que o mesmo pode ser considerado mais estável quando comparado ao ambiente degradado, inibindo ou minimizando a chegada de espécies alóctones nessa área.

CONCLUSÕES

1. O número de plântulas emersas amostradas no BS no ambiente degradado mostrou superioridade em relação ao referência, sendo predominantemente composto por espécies alóctones de caráter invasor (*Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens*), o que inviabiliza a recuperação desta área por meio da regeneração natural.
2. Embora o número total de indivíduos no ambiente referência seja menor que no degradado, foi nesse ambiente, sobretudo no período chuvoso, que ocorreu a maior

germinação de espécies autóctones do bioma, conseqüentemente expressando maior diversidade.

3. No ambiente degradado predominou espécies com forma de vida graminóides e para o ambiente referência, forma de vida herbáceo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APG II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.141, p.399–436, 2003.
- ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J.; BARROS, P. L. C.; BRENA, D. A. Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas em floresta estacional decidual ripária, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 128-141, 2004.
- AUMOND, J. J; MAÇANEIRO, J. P. Abordagem sistêmica e aplicação de rugosidades para desencadear propriedades emergentes em restauração de solos degradados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, V.24, n. 3, p. 759-764. 2014.
- BAIDER, C; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. The soil seed bank during Atlantic forest regeneration in Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, V.61, n. 1, p. 35-44, 2001.
- BALDASSARINI, J. S; NUNES. J. O. R. A intervenção em prol da recuperação de áreas degradadas por erosão hídrica na microbacia hidrográfica da Água Três Unidos no município de Vera Cruz – SP. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 174-190, 2014.
- BARUCH, Z.; LUDLOW, M. M.; DAVIS, R. Photosynthetic responses of native and introduced C₄ grasses from Venezuelan savannas. **O ecologia**, V. 67, n. 3, p. 388-393, 1985.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. **Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology**. In: LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L.; (Eds.). *Ecology of soil seed bank*. London: Academic Press, 1989. p. 53-65.
- BRANDÃO, J. F. C.; MARTINS, S. V.; BRANDÃO, I. J. Potencial de regeneração de uma área invadida por *Pteridium aquilinum* no Parque Nacional do Caparaó. **Floresta**, Curitiba, V.46, n. 4, p. 543 - 552. 2016.
- BROCK, M. A.; NIELSEN, D. L.; SHIEL, R. J.; GREEN, J. D.; LANGLEY, J. D. Drought and aquatic community resilience: the role of eggs and seeds in sediments of temporary wetlands. **Freshwater Biology**: p.1207-1218, 2003.
- CHELOTTI, M; C; ROSOLEN, V; Dinâmica da agropecuária e uso da terra na mesorregião do triângulo mineiro/Alto Paranaíba (MG). **CAMPO-TERRITÓRIO: Revista de Geografia Agrária**, Uberlândia, V.9, n.18 p. 1-19, 2014.
- COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos da saúva no cerrado - os murundus de terra, as características psamofíticas das espécies de sua vegetação e a sua invasão pelo capim-gordura. **Revista Brasileira Botânica**, v.42, n. 1, p. 147-153, 1982.
- DEVELEY, P. F.; CAVANA, D. D; PIVELLO, V. R. “As aves da Gleba Cerrado Pé-de-Gigante”. In: PIVELLO, V. R; VARANDA, E. M. (eds.) **Cerrado Pé-de- Gigante, Parque Estadual de Vassununga – Ecologia e Conservação**. Pp.122–134. São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 2005.

- EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra see d. **Proceedings of the American Journal Society for Horticultural Science**. 1965.71: 428-434.
- FRANCO, B. K. S.; MARTINS, S. V.; FARIA, P. C. L.; RIBEIRO, G. A. Densidade e composição florística do banco de sementes de um trecho de floresta estacional semidecidual no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, V.36, n.3, p.423-432, 2012.
- GALLAGHER, R. S.; CARDINA, J. 1997. Soil water thresholds for photoinduction of redroot pigweed germination. **Weed Science** V.45, p. 414-418.
- GROMBONE-GUARATINI, M. T.; RODRIGUES, R. R. Seed bank and seed rain in a seasonal semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.18, n.2, p.759-774, 2002.
- IKEDA, F. S.; MITJA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. Bancos de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília V.42, p.1545-1551, 2007.
- IKEDA, F. S.; MITJA, D.; VILELA, L.; SILVA, J. C. S. Banco de sementes em cerrado *sensu stricto* sob queimada e sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.43, n.6, 2008.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - **Dados meteorológicos**, disponível em: <http://www.inmet.gov.br/> acesso dia 12 de junho de 2017.
- KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, 1997. Tomo I. 824p.
- LINDNER, A. A rapid assessment approach on soil seed banks of Atlantic forest sites with different disturbance history in Rio de Janeiro, Brazil. **Ecological Engineering**, Amsterdam, V.35, n.5, p.829-8935, 2009.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Plantarum, 2016. v.3, 384 p.
- MACHADO FILHO, H. O.; COUTO, E. A.; BEZERRA, C. P.; MELO, J. I. M. Composição e similaridade da flora associada a sítios antropizados do município de João Pessoa - Paraíba. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, V.33, n. 1, p. 57-66, 2015.
- MACHADO, V. M.; SANTOS, J. B.; PEREIRA, I. M.; LARA, R. O.; CABRAL, C. M.; AMARAL, C. S. Avaliação do banco de sementes de uma área em processo de recuperação em cerrado campestre. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 303-312, 2013.
- MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Curitiba: Editora da UFPR; 2011. 262p.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em Áreas de Preservação Permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2009. 270p.
- MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2001. v. 1. 255p.
- MELO, A. C. G.; DURIGAN, G.; GORENSTEIN, M. R. Efeito do fogo sobre o banco de sementes em faixa de borda de Floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, V.21, n. 4, p. 927-934, 2007.

- MIRANDA, L. P. M.; TARSITANO, M. A. A.; ALVES, M. C.; RODRIGUES, R. A. F. Custo para implantação de *Astronium fraxinifolium* Schott em área degradada utilizando-se adubos verdes e lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n. 4, p. 475-480, 2011.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. John Wiley & Sons, New York. 1974, 28 p.
- NAVE, A. G. **Banco de sementes autóctone e alóctone, resgate de plantas e plantio de vegetação nativa na Fazenda Intermontes, município de Ribeirão Grande, SP**. 2005. 218f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.
- OLIVEIRA, M. A. M.; OLIVEIRA, A. C.; ROSSI, L.; CATHARINO, E. L. M.; GOMES, E. P. C.; SANTOS JUNIOR, N. A. Dinâmica da regeneração natural em uma floresta baixa de restinga degradada. **Hoehnea**, São Paulo, V.42, n. 4, p. 759-774, 2015.
- PIVELLO, V. R.; SHIDA, C. N.; MEIRELLES, S. T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to biodiversity. **Biodiversity Conservation**, V. 8, n. 1, p. 1281-1294, 1999.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. V.2. p. 151-212.
- ROSA, R.; SANO, E. E. Uso da terra e cobertura vegetal na bacia do Rio Paranaíba. **CAMPO-TERRITÓRIO: Revista de Geografia Agrária**. Uberlândia, MG, V.9, n. 19, p. 32-56, 2014.
- SANTOS, E. R.; RIBEIRO, A. G. Clima e agricultura no município de Coromandel (MG). **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia. V.5, n. 13, p. 122 -140. 2004.
- SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; ROSOLEM, C. A. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, V.24, p.657-658, 2006.
- UHL, C.; BUSCHBACHER, R. A disturbing synergism between cattle ranch burning practices and selective tree harvesting in the eastern Amazon. **Biotropica**. v.17, p. 265-268. 1985.

CAPÍTULO II

PLANTIO INICIAL DE RECUPERAÇÃO COM ESPÉCIES DO CERRADO SOB CONDICIONANTES DE SOLO NO ALTO PARANAÍBA – MG

RESUMO

O Cerrado com uma área de 204 milhões de ha é a maior, a mais rica e, possivelmente, a mais ameaçada savana neotropical do mundo. Projetos que minimizam ou retornam as condições ambientais favoráveis nestas áreas tornam-se necessários na tentativa de conservar e manter o bioma. A utilização da adubação química e/ou orgânica, mesmo em espécies nativas do Cerrado que são adaptadas a solos de baixa fertilidade, pode promover uma resposta positiva no desenvolvimento do plantio. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o processo inicial de recuperação de uma área degradada do bioma Cerrado por meio do plantio com espécies, submetidas à diferentes condicionantes de solo. A área experimental, de dois hectares, está localizada na Reserva Legal da Fazenda Pântano (Alto Paranaíba - MG), com vegetação predominante, no local, classificada como campo sujo. Iniciou o preparo da área de plantio, realizando o controle da matocompetição em área total e posteriormente a cada 45 dias nas linhas de plantio utilizando herbicida a base de glyphosate ($1,44 \text{ kg ha}^{-1}$) aplicado com bomba costal. A área foi preparada para o plantio de oito espécies do bioma Cerrado, utilizando o delineamento experimental em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 4x8, com seis repetições. Os quatro tratamentos constituíram-se de três condicionantes de solo: hidrogel, adubo orgânico, adição de hidrogel e adubo orgânico e testemunha. Aos 10 e 20 meses após o plantio, as mudas foram avaliadas quanto à sobrevivência, altura, diâmetro, incremento em altura e área basal. A média geral de sobrevivência para a área em estudo foi de aproximadamente 71% e 55% após os 10 e 20 meses do plantio, respectivamente. O condicionante hidrogel foi significativamente inferior para a sobrevivência das espécies plantadas. As espécies plantadas na presença do adubo orgânico ($S\% = 87,50\%$) ou sem a adição de nenhum condicionante ($S\% = 83,33\%$) foram estatisticamente superiores. A espécie *Myracrodruon urundeuva* apresentou 100,00% de sobrevivência em todos os condicionantes submetidos. Em relação a altura e o diâmetro, não foram observadas diferenças significativas. Conclui-se que a espécie *Myracrodruon urundeuva* foi a que melhor se adaptou aos diferentes condicionantes, em ambas as avaliações. E que o condicionante hidrogel não contribuiu para a sobrevivência das mudas plantadas.

Palavras-chave: Hidrogel. Incremento em altura. Sobrevivência.

INTRODUÇÃO

O Cerrado com uma área de 204 milhões de ha é a maior, a mais rica e, possivelmente, a mais ameaçada savana neotropical do mundo (AQUINO; MIRANDA, 2008). De acordo com Lapola et al. (2014), diversos fatores como a facilidade à mecanização, falta de fiscalização e alta diversidade, corroboram para que o Cerrado continue a ser o bioma brasileiro com os maiores índices em desmatamento. Contrário a essa frente de degradação, projetos que minimizam ou retornam as condições ambientais favoráveis nestas áreas tornam-se necessários na tentativa de conservar e manter o bioma (SHEORAN et al., 2010).

Os tradicionais modelos de recuperação citados por Felfili (2007) são baseados na produtividade dos mesmos, em que o diâmetro e a altura das plantas são os principais indicadores de monitoramento do programa de recuperação. Logo, busca-se fundamentar-se na aceleração do processo de sucessão ecológica, na qual as comunidades vegetais evoluem com o tempo devido às mudanças em sua composição e estrutura, tornando-se progressivamente mais complexas, diversificadas e estáveis (GANDOLFI, 2007).

Nas últimas décadas, os plantios de recuperação de áreas degradadas têm se diversificado quanto às técnicas utilizadas. Nesse sentido, a busca por modelos que considerem os diversos grupos ecológicos e/ou funcionais, que primam por resgatar as interações entre os organismos do sistema e que abrem espaço para a rápida sucessão ecológica, seguidas por novos eventos ocasionais, são cada vez mais alvos de pesquisas científicas (SUHARTOYO et al., 2012).

A escolha adequada das espécies a compor a recuperação dessas áreas torna-se essencial para atingir os objetivos de trazer a estes locais as condições mínimas necessárias para seu autodesenvolvimento (FILHO et al., 2013). Assim, é indicado optar por uma composição entre grupos ecológicos, escolhendo espécies atrativas à fauna, que proporcionem proteção e sombreamento ao solo, que associada a forma de arranjá-las no campo, contribuirá para a diversidade do ecossistema em processo de recuperação.

Entretanto, a recuperação de uma área degradada via plantio de mudas é um processo oneroso, apesar disso, tal técnica representa o modelo mais utilizado nos projetos de recuperação (KAGEYAMA; GANDARA, 2000), já que muitas empresas responsáveis por grandes obras ainda a prioriza como a principal tentativa de reverter o processo de degradação.

Não obstante, condicionantes do solo podem ser utilizados para garantir o sucesso do plantio convencional de mudas, minimizando suas perdas em campo. A utilização da adubação química e/ou orgânica, mesmo em espécies nativas do Cerrado que são adaptadas a solos de baixa fertilidade, pode promover uma resposta positiva no desenvolvimento do plantio (BUCCI

et al., 2006; GOLDSTEIN et al., 2013). O uso de hidrogéis, tem sido recomendado como medida para reduzir a mortalidade das mudas por déficit hídrico nos períodos de seca (SHOOSHTARIAN et al., 2012), visto sua capacidade em aumentar a retenção de água no solo e disponibilizá-la lentamente para as plantas.

Mediante ao exposto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a sobrevivência e crescimento inicial de mudas utilizadas na recuperação de uma reserva legal no bioma Cerrado por meio do plantio de enriquecimento com espécies autóctones, submetidas a diferentes condicionantes de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no distrito de Pântano de Santa Cruz na Fazenda Pântano (18°37'54.00"S e 46°49'27.20"W), microrregião predominada pela cultura cafeeira, situada nos municípios de Coromandel e Patos de Minas, região do Alto Paranaíba – MG. A Reserva Legal da Fazenda Pântano (42 ha) possui vegetação predominante classificada como campo sujo (RIBEIRO; WALTER, 2008), sendo 19 ha ocupados por pastagem. A região é de clima mesotérmico, de variedade Aw na classificação de Köppen, com temperatura média de 21,8°C possui uma estação seca compreendida entre os meses maio/junho a setembro (SANTOS; RIBEIRO, 2004). A precipitação média anual foi de 978 mm.

A área experimental perfaz 2 ha e anteriormente à implantação do experimento estava completamente recoberta por gramíneas, em sua maioria alóctones (*Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens*), mas também havia resquícios de capim nativo (não identificado).

Procedimentos do plantio

Iniciou o preparo da área de plantio, realizando o controle da matocompetição em área total e posteriormente a cada 45 dias nas linhas de plantio. Para ambos os casos, utilizou-se herbicida a base de glyphosate (1,44 kg ha⁻¹) aplicado com bomba costal.

Durante o primeiro mês de instalação do experimento na área de plantio e adjacências foi realizado o controle de formigas cortadeiras com iscas formicidas à base de fipronil 0,016%.

Posteriormente, com o auxílio de um subsolador acoplado a um trator realizou-se a abertura das oito linhas de plantio a uma profundidade aproximada de 70 cm, distantes entre si por 4 m. Juntamente com a etapa de abertura dos sulcos e considerando os resultados das análises de fertilidade do solo, efetuou-se a adubação nos sulcos utilizando NPK 12-5-3 mais

0,14% de boro e 0,5% de magnésio equivalente a 200 g planta⁻¹ para todas as mudas, independente do tratamento as quais foram submetidas.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 4x8, com seis repetições. Os tratamentos constituíram-se de quatro condicionantes de solo, sendo: (T1) adição manual de 1 L planta⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L⁻¹; (T2) adição manual de 1 L planta⁻¹ de adubo orgânico curtido (rejeitos da seleção e limpeza do café); (T3) adição manual da mistura de 0,5 L planta⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L⁻¹ mais 0,5 L planta⁻¹ adubo orgânico e (T4) sem adição de condicionantes do solo (testemunha). Cada tratamento foi constituído por duas linhas de 100 m de comprimento, espaçadas em 4 m entre si, composto por 48 mudas, distribuídas em 8 espécies com 6 repetições (Tabela 1).

Tabela 1 – Seleção das espécies utilizadas em um plantio de recuperação, com as respectivas famílias botânicas, espécies, nomes populares, altura (Alt), hábito (Háb.), classe sucessional (Cl. Suc.), grupo funcional (G. Func.), síndrome de dispersão, síndrome de dispersão (SD), árvore (Árv), não pioneira (NP), espécie de diversidade (D), autocórica (AUT), zoocórica (ZOO) e anemocórica (ANE).

Família	Espécie	Nome popular	Alt (m)	Háb.	Cl. Suc.	G. Func.	SD
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira-preta / aroeira-do-campo; aroeira-verdadeira / aroeira-vermelha / urundeúva	6 a 14	Árv	NP	D	AUT
Fabaceae-Caesalpinioideae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá-da-mata	15 a 20	Árv	NP	D	ZOO
Fabaceae-Faboideae	<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.	cabreúva / cabreúva-vermelha / bálsamo	12 a 26	Árv	NP	D	ANE
Fabaceae-Mimosioideae	<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul.	angico-do-Cerrado	8 a 16	Árv	NP	D	AUT
Fabaceae-Mimosioideae	<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	vinhático / vinhático-do-campo / candeia	6 a 30	Árv	NP	D	AUT
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro / cedro-rosa / cedrinho	8 a 30	Árv	NP	D	ANE
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg	gabioba-árvore / guabioba / guabiobeira-de-árvore	4 a 20	Árv	NP	D	ZOO
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	jenipapo	8 a 14	Árv	NP	D	ZOO

Fonte: Barbosa (2015).

Avaliação dos dados

A Sobrevivência (S%) consistiu em contabilizar os indivíduos vivos aos 10 e 20 meses após seu plantio no campo, sendo avaliada por espécie e por tratamento. A normalidade dos dados de S% foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. As médias gerais de sobrevivência aos 10 e 20 meses após o plantio (m.a.p.) foram comparadas pelo teste t. Já para cada período de avaliação, a variável S% foi submetida a análise de variância pelo teste F e comparação de

médias pelo teste Scott-Knott, ambos a 5% de significância, com uso do programa Statistic 2010.

A altura de cada muda foi mensurada considerando-se a distância entre a base até a extremidade da última folha existente. Para a mensuração do diâmetro, foi considerado o diâmetro a altura do solo (DAS), sendo este obtido com auxílio de um paquímetro digital.

As variáveis altura e diâmetro aos 20 m.a.p., para cada espécie, foram submetidas à análise de variância pelo teste F e as comparações de médias ao teste Scott-Knott, ambos a 5% de significância, com uso do programa Statistic 2010.

Tais dados, também subsidiaram a análise das estruturas vertical e horizontal nas duas medições em cada tratamento. Para o primeiro caso, os dados de altura das mudas foram agrupados em classe com 40 cm de amplitude.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o período de avaliação, composto por 20 meses, verificou-se a permanência de todas as espécies no sistema. Na Tabela 2 são apresentados os resultados de sobrevivência para cada tratamento com suas respectivas médias, sendo estas realizadas 10 e 20 m.a.p., bem como as médias gerais de sobrevivência após os períodos avaliados.

Tabela 2 – Sobrevivência (S%) em estágio inicial de recuperação por tratamento 10 e 20 meses após plantio (m.a.p.) e média geral de sobrevivência.

Tratamentos								
Espécie	Hidrogel		Hidrogel + Adubo Orgânico		Adubo Orgânico		Testemunha	
	10 m.a.p.	20 m.a.p.	10 m.a.p.	20 m.a.p.	10 m.a.p.	20 m.a.p.	10 m.a.p.	20 m.a.p.
<i>A. falcata</i>	16,67	0,00	83,33	50,00	83,33	66,67	66,67	66,67
<i>M. urundeuva</i>	100,00	66,67	100,00	83,33	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>M. peruiferum</i>	50,00	50,00	100,00	50,00	100,00	100,00	83,33	33,33
<i>C. fissilis</i>	16,67	16,67	33,33	33,33	33,33	16,67	100,00	83,33
<i>C. xanthocarpa</i>	50,00	50,00	50,00	50,00	83,33	83,33	33,33	33,33
<i>H. courbaril</i>	33,33	16,67	66,67	50,00	100,00	50,00	100,00	66,67
<i>G. americana</i>	50,00	50,00	66,67	66,67	100,00	100,00	83,33	66,67
<i>P. foliolosa</i>	50,00	16,67	50,00	33,33	100,00	50,00	100,00	66,67
Médias por tratamentos	45,83	33,34	68,75	52,08	87,50	70,83	83,33	66,67
Média geral de sobrevivência							10 m.a.p.	20 m.a.p.
							71,35	55,21

Fonte: Autor (2018).

A média geral de sobrevivência para a área em estudo foi de aproximadamente 71% aos 10 m.a.p. e de 55% aos 20 m.a.p., valores estes que diferiram entre si pelo teste t de médias

(teste t; $p = 0,0023$) indicando maior S% aos 10 m.a.p.. A redução, em média, de 16% da sobrevivência entre as avaliações é decorrente da baixa precipitação e competição com as gramíneas invasoras presentes, principalmente *Urochloa decumbens* (braquiária).

Rizhsky et al. (2004) citam que condições ambientais estressantes, tais como elevada temperatura e períodos de seca prolongados inibem a abertura dos estômatos, limitando a perda de água nas plantas, que por sua vez suprime a fotossíntese, consequentemente, reduz as chances de sobrevivências das plantas.

Sano e Fonseca (2003), trabalhando com plantio em áreas de Cerrado, observaram valores superiores a 85% de sobrevivência para três espécies nativas após 10 anos de avaliação. Esses valores não são consenso entre autores visto que a taxa de sobrevivência varia de acordo com as características das áreas a serem recuperadas (com a intensidade da degradação). Pinto et al. (2007) obtiveram índice de 57% de sobrevivência em plantios realizados em pastos degradados após 14 meses de avaliação; Oliveira et al. (2015), 88% em reserva legal degradada de cerrado sentido restrito, e ambos autores, destacam tais índices como satisfatórios para as áreas em questão.

A análise de variância a diferença significativa entre a interação condicionantes do solo e espécies para S% aos 10 e 20 m.a.p. ($p < 0,01$). Quando a S% passa a ser analisada em função dos tratamentos aplicados, percebe-se que nas linhas de plantio onde foi adicionado somente o condicionante hidrogel, a S% foi significativamente inferior quando comparado aos tratamentos que não receberam a adição do polímero, conforme indicado na Tabela 3.

Tabela 3 – Desdobramento da sobrevivência aos 10 meses após plantio da interação entre condicionantes do solo e espécies na recuperação de uma área de reserva legal no bioma cerrado em Patos de Minas - MG. Em que: T1 = adição manual de 1 L planta⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L⁻¹; T2 = adição manual da mistura de 0,5 L planta⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L⁻¹ mais 0,5 L planta⁻¹ adubo orgânico; T3 = adição manual de 1 L planta⁻¹ de adubo orgânico curtido (rejeitos da seleção e limpeza do café) e T4 = sem adição de condicionantes do solo (testemunha).

	<i>A. falcata</i>		<i>M. urundeuva</i>		<i>M. peruiferum</i>		<i>C. fissilis</i>		<i>C. xanthocarpa</i>		<i>H. courbaril</i>		<i>G. americana</i>		<i>P. foliolosa</i>	
T1	16,67	bB	100,00	aA	50,00	bB	16,67	bB	50,00	bB	33,33	bB	50,00	bB	50,00	bB
T2	83,33	aA	100,00	aA	100,00	aA	33,33	bB	50,00	bB	66,67	bB	66,67	bB	50,00	bB
T3	83,33	aA	100,00	aA	83,33	aA	33,33	bB	83,33	aA	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA
T4	66,67	aB	100,00	aA	83,33	aA	100,00	aA	33,33	bB	100,00	aA	83,33	aA	100,00	aA

Fonte: Autor (2018).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Fato que explica a menor S% dos tratamentos com hidrogel está relacionado à sua aplicação no campo; previa-se para o momento da aplicação, uma baixa precipitação na área

(veranico) que não se confirmou. Consequentemente, o excesso de água em contato com as raízes causou a podridão das mesmas ocasionando morte a das plantas. Saad et al. (2009), relataram o efeito prejudicial da adição do hidrogel no desenvolvimento de plantas jovens. Rego et al. (2004) citam que o excesso hídrico ocasiona a redução da pressão de oxigênio (hipoxia) ou a falta total ou parcial do mesmo (anoxia), consequentemente dificultando a respiração das plantas, reduzindo assim a produção de energia necessária para a síntese, translocação e absorção dos compostos orgânicos. A falta de oxigênio nas raízes provoca a redução na fotossíntese e prejudica a conversão da matéria orgânica, pelos microrganismos, em formas solúveis que a planta pode reutilizar, interferindo em seu desenvolvimento.

Carvalho et al. (2013) enfatizam que tanto a falta quando o excesso de água pode limitar o desenvolvimento da muda. Sousa et al. (2013) observaram em seus estudos que a qualidade da muda, mensurado por meio do Índice de Qualidade de Dickson (IQD), foi menor em mudas que receberam maior dosagem do polímero, refletindo em pior desenvolvimento.

Destaca-se que as espécies plantadas na presença do adubo orgânico ($S\% = 87,50\%$) ou sem a adição de nenhum condicionante (testemunha) ($S\% = 83,33\%$) foram estatisticamente superiores aos 10 m.a.p. (Tabela 2), enfatizando que a escolha adequada das espécies somados à manutenção da área de plantio são suficientes para um bom índice de pegamento das mesmas em campo.

As espécies *Genipa americana* (Jenipapo), *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira do Sertão), *Myroxylon peruiferum* (Bálsamo), *Plathymenia foliolosa* (Vinhático) e *Hymenaea courbaril* (Jatobá da mata) obtiveram $S\%$ de 100%, aos 10 m.a.p., quando foram plantadas na presença do adubo orgânico; e a espécie *Cedrela fissilis* foi a que menor apresentou adaptabilidade a esse condicionante, com $S\%$ de 33,33%.

Ainda, na Tabela 3 é possível observar que a espécie *Myracrodruon urundeuva* apresentou 100,00% de sobrevivência em todos os condicionantes submetidos, bem como foi a única espécie significativamente superior quando plantada no hidrogel.

Analisando a Tabela 4 é possível observar que na presença do hidrogel (T1), as espécies apresentaram, novamente, os menores valores de sobrevivência.

Tabela 4 – Desdobramento da sobrevivência aos 20 meses após plantio da interação entre condicionantes do solo e espécies em área em estágio inicial de recuperação de uma reserva legal no bioma cerrado em Patos de Minas - MG. Em que: T1 = adição manual de 1 L planta⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L⁻¹; T2 = adição manual da mistura de 0,5 L planta⁻¹ de hidrogel (ForthGel®) à 5 g L⁻¹ mais 0,5 L planta⁻¹ adubo orgânico; T3 = adição manual de 1 L planta⁻¹ de adubo orgânico curtido (rejeitos da seleção e limpeza do café) e T4 = sem adição de condicionantes do solo (testemunha).

	A. <i>falcata</i>	M. <i>urundeuva</i>	M. <i>peruiferum</i>	C. <i>fissilis</i>	C. <i>xanthocarpa</i>	H. <i>courbaril</i>	G. <i>americana</i>	P. <i>foliolosa</i>				
T1	0,00	bB	66,67	aA	50,00	bA	16,67	bB	50,00	bA	16,67	bB

T2	50,00	aA	83,33	aA	50,00	bA	33,33	bA	50,00	bA	50,00	aA	66,67	bA	33,33	bA
T3	66,67	aB	100,00	aA	100,00	aA	16,67	bC	83,33	aA	50,00	aB	100,00	aA	50,00	aB
T4	66,67	aA	100,00	aA	33,33	bB	83,33	aA	33,33	bB	66,67	aA	66,67	bA	66,67	aA

Fonte: Autor (2018).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

De igual modo, a espécie *Myracrodruon urundeuva* apresentou maior sobrevivência ($S\% = 70,00$), sendo significativamente superior as demais. O uso de *Myracrodruon urundeuva* tem se intensificado em áreas em processo de recuperação uma vez que sua sobrevivência é elevada. A exploração predatória da *Myracrodruon urundeuva* tem sido recorrente pela busca dos seus mais diferentes usos, logo, intensificar o plantio dessa espécie em áreas de recuperação trará não somente benefícios diretos à área, bem como, auxiliará na perpetuação desta espécie que encontra-se ameaçada de extinção, conforme a Instrução Normativa MMA nº 6, de 23 de setembro de 2008 (BRASIL, 2008).

As menores $S\%$, aos 20 m.a.p. foram para as espécies *Cedrela fissilis* e *Plathymentia foliolosa* (Tabela 4) que são espécies de ocorrência em matas o que justifica sua elevada mortalidade. Carnevali et al. (2016) observaram 25% de sobrevivência, 70 dias após o plantio, para a espécie *Cedrela fissilis* em área de Cerrado – MS, e EMBRAPA (2006) relata baixa sobrevivência para o vinhático em plantios iniciais de recuperação em áreas de Cerrado.

Na presença do condicionante hidrogel mais adubo orgânico (T3) verifica-se que as espécies *G. americana* e *Myracrodruon urundeuva* obtiveram 100,00% de sobrevivência e que de modo geral, com exceção a *Cedrela fissilis* ($S\% = 16,67\%$), foi o tratamento que aos 10 e 20 m.a.p. melhor contribuiu para a sobrevivência das espécies plantadas.

Em relação a altura e o diâmetro, não foram observadas diferenças significativas 10 m.a.p., com exceção da espécie *Anadenanthera falcata* que nesta avaliação, a altura e o diâmetro no T1 foram significativamente inferiores, visto que tal espécie já apresentava elevada mortalidade (Tabela 3). Observando os valores da Tabela 5, verifica-se que na presença do hidrogel aos 20 m.a.p., seja no T1 ou T3, houve respostas significativamente maiores somente para a espécie *Myracrodruon urundeuva* quando comparado aos demais tratamentos, enquanto para as espécies *Anadenanthera falcata*, *Myroxylon peruiferum*, *Hymenaea courbaril* e *Genipa americana*, quando na presença do hidrogel isolado (T1), apresentaram as menores médias em altura. Verifica-se ainda que os tratamentos não influenciaram no crescimento em altura para as espécies *Cedrela fissilis*, *Campomanesia xanthocarpa* e *Plathymentia foliolosa*.

Tabela 5 – Médias de altura para as espécies trabalhadas, por tratamento, aos 20 meses após plantio em área em estágio inicial de recuperação de uma reserva legal no bioma cerrado em Patos de Minas - MG. Em que: T1 = adição manual de 1 L planta⁻¹ de hidrogel (ForthGel[®]) à 5 g L⁻¹; T2 = adição manual da mistura de 0,5 L planta⁻¹ de hidrogel (ForthGel[®]) à 5 g L⁻¹ mais 0,5 L planta⁻¹ adubo orgânico; T3 = adição manual de 1 L planta⁻¹ de adubo orgânico curtido (rejeitos da seleção e limpeza do café) e T4 = sem adição de condicionantes do solo (testemunha).

	A. <i>falcata</i>	M. <i>urundeuva</i>	M. <i>peruiferum</i>	C. <i>fissilis</i>	C. <i>xanthocarpa</i>	H. <i>courbaril</i>	G. <i>americana</i>	P. <i>foliolosa</i>
T1	0,00 c	65,00 a	37,00 b	97,00 a	46,02 a	31,01 b	28,67 b	59,00 a
T2	67,33 a	35,00 b	76,16 a	90,30 a	48,75 a	66,67 a	50,00 a	51,50 a
T3	38,75 b	74,42 a	54,33 a	86,02 a	49,64 a	34,67 b	49,33 a	47,67 a
T4	64,40 a	59,93 b	58,50 a	73,89 a	49,00 a	44,75 b	48,09 a	50,67 a

Fonte: Autor (2018).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Destaca-se que o T2 foi o que mais contribuiu para o crescimento em altura, exceto para a espécie *Myracrodruon urundeuva*, comportamento semelhante ao da variável diâmetro (Tabela 6), sendo que para as demais espécies o mesmo não foi influenciado pelos tratamentos utilizados.

Tabela 6 – Médias de diâmetro para as espécies trabalhadas, por tratamento, aos 20 meses após plantio em área em estágio inicial de recuperação de uma reserva legal no bioma cerrado em Patos de Minas - MG. Em que: T1 = adição manual de 1 L planta⁻¹ de hidrogel (ForthGel[®]) à 5 g L⁻¹; T2 = adição manual da mistura de 0,5 L planta⁻¹ de hidrogel (ForthGel[®]) à 5 g L⁻¹ mais 0,5 L planta⁻¹ adubo orgânico; T3 = adição manual de 1 L planta⁻¹ de adubo orgânico curtido (rejeitos da seleção e limpeza do café) e T4 = sem adição de condicionantes do solo (testemunha).

	A. <i>falcata</i>	M. <i>urundeuva</i>	M. <i>peruiferum</i>	C. <i>fissilis</i>	C. <i>xanthocarpa</i>	H. <i>courbaril</i>	G. <i>americana</i>	P. <i>foliolosa</i>
T1	0,00 b	27,74 a	13,37 a	14,02 a	31,08 a	8,31 a	10,57 a	17,13 a
T2	10,57 a	10,27 b	19,06 a	16,85 a	28,05 a	21,80 a	17,62 a	13,88 a
T3	12,50 a	14,19 b	13,37 a	16,12 a	34,67 a	14,11 a	11,38 a	15,09 a
T4	13,56 a	14,06 b	9,95 a	15,64 a	44,75 a	14,44 a	9,64 a	15,27 a

Fonte: Autor (2018).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Avaliando-se a estrutura vertical para cada tratamento em cada medição, pode-se notar uma concentração dos indivíduos na classe inferior para os tratamentos 2 e 3, uma maior quantidade de indivíduos na classe intermediária para o tratamento 4 e uma maior quantidade de indivíduos na classe superior para o tratamento 1, considerando-se a primeira medição (Figura 1). Tal padrão não permaneceu na segunda medição. Para o tratamento 1, houve uma diminuição na proporção de indivíduos nas classes intermediária e superior, o que pode ser explicado pela elevada mortalidade observada para tal tratamento.

Para os demais tratamentos, houve diminuição na proporção de indivíduos na classe inferior e aumento na classe superior, o que indica um comportamento próximo ao esperado em relação ao crescimento das mudas com consequente ingresso de indivíduos nas classes superiores de classe.

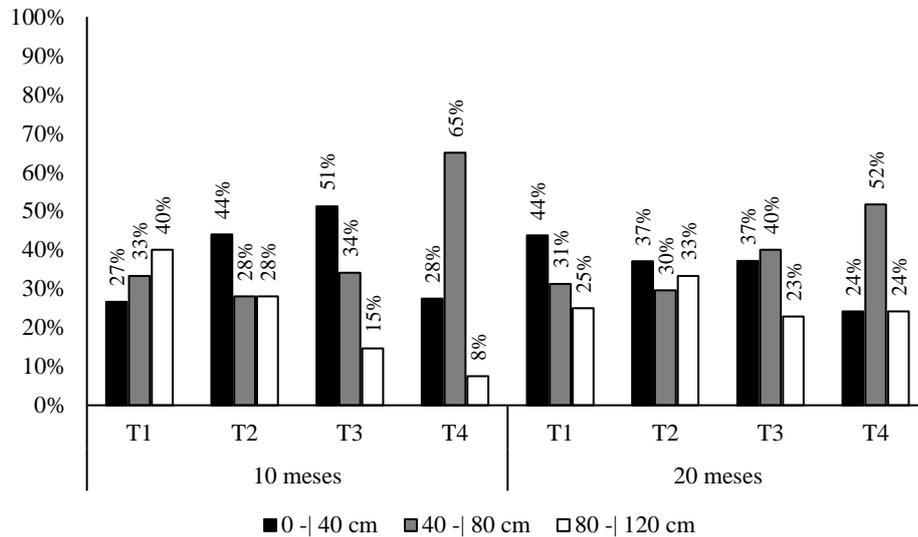


Figura 1 – Variação da estrutura vertical entre a primeira medição (a) e segunda medição (b).
Fonte: Autor (2018).

Avaliando-se os valores de área basal para os diferentes tratamentos nas duas medições (Figura 2-a), pode-se notar que o T3 apresentou maior área basal aos 10 meses, o que não refletiu em maior área basal aos 20 meses. Um dos tratamentos que apresentaram maior incremento ao longo do tempo foi o T1 (Figura 2-c), aumentando a ocupação em área basal em cerca de 749%, isso pode ser explicado pela medição de indivíduos da espécie *Campomanesia xanthocarpa* que, durante a primeira mensuração (10 m.a.p.) foram consideradas mortas, pois não apresentavam folhas e conseqüentemente não foram medidas na primeira avaliação. A maior área basal verificada em T2 e T3 deve-se ao maior crescimento em diâmetro das espécies *Myracrodruon urundeuva* e *Plathymenia foliolosa* na adição de adubo orgânico, com ou sem a presença do hidrogel. Kratka e Correia (2015) destacam que a *Myracrodruon urundeuva* apresentou o melhor índice de crescimento (diâmetro e altura) na adição de 25% de esterco bovino ao substrato de cultivo em condições controladas.

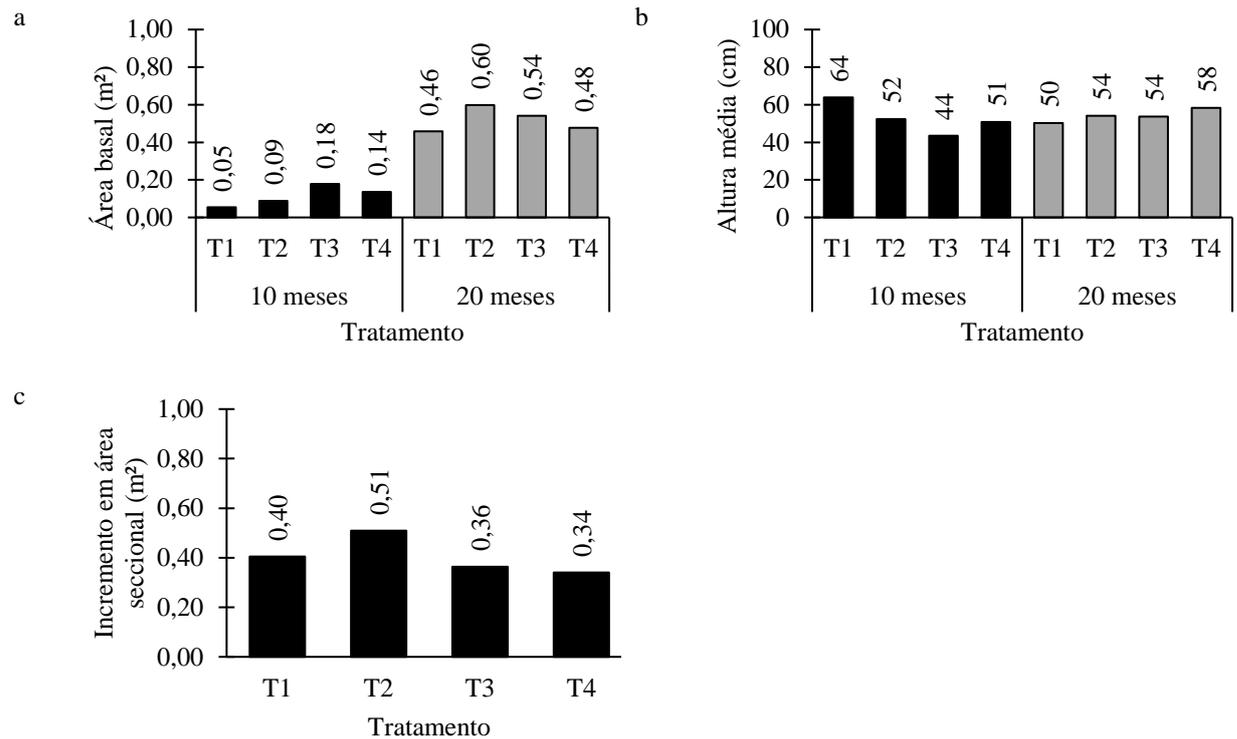


Figura 2 – Variação da área basal (a), da altura média dos indivíduos (b) e incremento em área seccional (m²) (c) entre a primeira e a segunda medições.

Fonte: Autor (2018).

Apesar disso, a altura média por tratamento teve pequena variação entre as duas medições, com uma maior homogeneidade na segunda medição. Houve redução da altura média em T1, reflexo da elevada mortalidade em relação aos demais tratamentos (Figura 2-b).

CONCLUSÕES

1. Nota-se um comportamento diferente para cada espécie na presença dos condicionantes utilizados, sendo que a espécie *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira-preta) foi a de maior sobrevivência, aos 10 e 20 m.a.p., independente do tratamento submetido.
2. A média geral de sobrevivência para a área foi de aproximadamente 71% e 55% após os 10 e 20 m.a.p.. respectivamente.
3. O condicionante hidrogel não contribuiu para a sobrevivência das mudas plantadas.
4. A mistura de hidrogel e adubo orgânico (T3) foi o tratamento que aos 10 e 20 m.a.p. melhor contribuiu para a sobrevivência das espécies plantadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, F. G.; MIRANDA, H. B. M. 2008. Consequências ambientais da fragmentação de habitats no Cerrado. In **Cerrado: ecologia e flora**. (SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P., eds.). Embrapa-CPAC, Planaltina, p.385-398.
- BARBOSA, L. M. Restauração ecológica: novos rumos e perspectivas. In: VI Simpósio de Restauração Ecológica, 2015, São Paulo. **Anais**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2015. p.436.
- BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº. 006 de 23 de setembro de 2008**. Disponível em: [http:// portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/ MMA_IN_N_6.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/MMA_IN_N_6.pdf). Acesso em 28 fev.2015.
- BUCCI, S. J., SCHOLZ, F. G., GOLDSTEIN, G., MEINZER, F. C., FRANCO, A. C., CAMPANELLO, P. I., VILLALOBOS-VEGA, R., BUSTAMANTE, M., MIRALLES WILHELM, F. Nutrient availability constrains the hydraulic architecture and water relations of savannah trees. **Plant Cell and Environment**, v. 29, n. 12, p. 2153-2167, 2006.
- CARNEVALI, N. H. S.; SANTIAGO, E. F.; DALOSO, D. M.; CARNEVALI, T. O.; OLIVEIRA, M. T. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 46, n. 2, p. 277 - 286, abr. / jun. 2016.
- CARVALHO, R. P.; CRUZ, M. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.2, p. 518-526, 2013.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola. **Cerrado Brasil**, 2006. Disponível em < http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2006/bolpd/bolpd_169.pdf> Acesso em 3 de março de 2016.
- FELFILI, J. M. Recuperação de áreas degradadas no Cerrado, com espécies nativas do Bioma: Quebrando Paradigmas. **Revista Opiniões**, São Paulo, v. 7, 2007.
- FILHO, N. L.; SANTOS, G. R.; FERREIRA, R. L. Comparando técnicas de nucleação utilizadas na restauração de áreas degradadas na Amazônia Brasileira. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v.37, n.4, p.587-597, 2013.
- GANDOLFI, S. Modelos de RAD: Sucessão ecológica. In: BARBOSA, L. M.; SANTOS JUNIOR, N. A. dos (Orgs.). **A botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas públicas ambientais**. São Paulo, Sociedade Botânica do Brasil, p. 542-544. 2007.
- GOLDSTEIN, G.; BUCCI, S. J.; SCHOLZ, F. G. Why do trees adjust water relations and hydraulic architecture in response to nutrient availability? **Tree Physiology**, v. 33, n. 3, p. 238-240, 2013.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. EDUSP. São Paulo, 15.2, p. 249-269, 2000.

- KRATKA, P. C.; CORREIA, C. R. M. A. Crescimento inicial de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v.39, n.3, p.551-559, 2015.
- LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 1, p. 27-35, 2014.
- OLIVEIRA, M. C.; RIBEIRO, J. F.; PASSOS, F. B. AQUINO, F. G.; OLIVEIRA, F. F.; RODRIGUES DE SOUSA, S. S. Crescimento de espécies nativas em um plantio de recuperação de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 25-32, 2015.
- PINTO, J. R.; CORREIA, C. R.; FAGG, C. W; FELFILI, J. M. Sobrevivência de espécies vegetais nativas do Cerrado, implantadas segundo o Modelo MDR Cerrado para recuperação de áreas degradadas. **In: VIII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2007, Caxambu. Anais**. Caxambu: SOCIEDADE DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2007.
- REGO, J. L; VIANA T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; BASTOS, F. G. C.; GONDIM, R. S. Efeitos de níveis de irrigação sobre a cultura do crisântemo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, n. 35, p. 302-308, 2004.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. **In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. v.2. p.151-212. 2008.
- RIZHSKY, L.; LIANG, H.; SHUMAN, J.; SHULAEV, V.; DAVLETOVA, S.; MITTLER, R. When Defense Pathways Collide. The response of Arabidopsis to a combination of drought and heat stress. **Plant Physiology**, Rockville, v. 134, n. 4, p. 1683 - 1696, 2004.
- SAAD, J. C. C.; LOPES, J. L. W.; SANTOS, T. A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.404-411, 2009.
- SANO, S. M.; FONSECA, C. E. L. **Taxa de sobrevivência e frutificação de espécies nativas do Cerrado**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/ EMBRAPA- Cerrados EMBRAPA - Cerrados, Planaltina. 2003
- SANTOS, E. R. RIBEIRO, A. G. Clima e agricultura no município de Coromandel (MG). **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia – MG. p.122-140. 2004.
- SHEORAN, V.; SHEORAN, A. S.; POONIA, P. Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: a review. **The International Journal of Soil, Sediment and Water: Documenting the Cutting Edge of Environmental Stewardship**. 3:1-20. 2010.
- SHOOSHTARIAN, S.; ABEDI-KUPAI, J.; TEHRANIFAR, A. Evaluation of Application of Superabsorbent Polymers in Green Space of Arid and Semi-Arid Regions with emphasis on Iran. **International Journal of Forest, Soil and Erosion**, v.2, n.1, p.24-36, 2012.
- SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; SOUSA, J. R. L.; MEWS, C. L.; SOUZA, A. M. Incorporação de polímero hidroretentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) SPEG. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16, p.1270-1278, 2013.

SUHARTOYO, H.; MUNAWARA, W. Returning biodiversity of rehabilitated forest on a coal mined site at Tanjung Enim, South Sumatra. **Proceedings of the Society for Indonesian Biodiversity – International Conference 2012**; 1: 126-130.

CAPÍTULO III

PLANTIO EM GRUPOS DE ANDERSON VISANDO A RECUPERAÇÃO ECOLÓGICA EM ÁREAS DE PASTAGEM DESATIVADA

RESUMO

A conversão das áreas naturais de Cerrado para campos agrícolas de alta produtividade, modificaram as condições edáficas beneficiando o estabelecimento de gramíneas forrageiras alóctones que causam um entrave no processo de recuperação, sendo necessário seu manejo para o reestabelecimento das espécies de interesse. O manejo cultural pode ser realizado fundamentado na proposta de Anderson, a qual determina o plantio de modo adensado utilizando espécies arbustivas e arbóreas autóctones que possuem rápido crescimento e ampla copa já nos primeiros anos de vida, promovendo o rápido sombreamento do solo, dificultado a colonização e crescimento das gramíneas invasoras. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a eficiência do plantio em grupos de Anderson na recuperação ecológica de uma área pastagem degradada no cerrado visando o controle cultural das gramíneas exóticas invasoras. A área foi dividida em três blocos e em cada bloco alocados 20 grupos de Anderson composto por 21 covas espaçadas entre si por 1 m, sendo nestas plantadas 17 espécies arbóreas e nas outras quatro covas, realizada a semeadura da mistura de espécies de adubação verde com sementes de espécies arbóreas. Com o auxílio de uma estrutura metálica de 3 m, os núcleos foram fotografados para quantificar a porcentagem de cobertura de copa exercida pelas espécies arbóreas (%CC) e a porcentagem de cobertura exercida pelas gramíneas (%CG). Também foram coletados a altura, contabilizadas a mortalidade de mudas e quantificada a regeneração natural dentro dos grupos. De um total de 1020 plantas a mortalidade geral foi de 116 (11,37%), sendo que 28,45% destes correspondem a espécie *Dendropanax cuneatus*. Quando a %CC foi superior à 60% nos grupos houve redução significativa da porcentagem de gramíneas exóticas nos mesmos; a partir do 13º mês após o plantio, exceto para o Tratamento 3, o controle das gramíneas no interior dos grupos foi realizado pelo sombreamento das espécies plantadas. As espécies, *Cariniana estrellensis*, *Chloroleucon tortum*, *Inga edulis*, *Luehea divaricata* e *Peltophorum dubium*, apresentaram 100% de sobrevivência nos grupos enfatizando que estas devem ser priorizadas em projetos de recuperação com área semelhante à do presente estudo.

Palavras-chave: Controle cultural. Porcentagem de cobertura de copa. *Urochloa decumbens*.

INTRODUÇÃO

A expansão da agropecuária ainda tem sido realizada com uso intensivo de agrotóxicos, fertilizantes e corretivos, irrigação sem controle, pisoteio excessivo de animais, monocultura e cultura em grande escala, uso inadequado de fatores de produção, traduzido, no caso específico, no emprego de alta tecnologia química e pesada mecanização (CUNHA et al., 2008), podendo gerar problemas ambientais sobretudo quando não respeitada a legislação. Na conversão das áreas naturais de Cerrado para campos agrícolas de alta produtividade tais operações modificaram as condições edáficas beneficiando o estabelecimento de gramíneas forrageiras alóctones.

Principalmente em áreas com fitofisionomias mais abertas e ensolaradas, sobretudo após sofrerem degradação, estas gramíneas encontram condições climáticas favoráveis (especialmente regime de chuvas e temperatura) para se dispersarem. A eficiência fotossintética dessas espécies somados à sua intensa produção de sementes com alta viabilidade, formando um banco de sementes denso no solo, à elevada capacidade de dispersão e germinação, e a capacidade de se adaptarem a solos menos férteis, caracterizam seu comportamento oportunista, fazendo com que as gramíneas possam competir com vantagens e deslocar as espécies nativas do bioma Cerrado (D'ANTONIO; VITOUSEK, 1992; PIVELLO et al., 1999). Ogden e Rejmánek (2005) citam que a entrada de uma espécie exótica em um ambiente previamente não ocupado por ela é denominado de invasão biológica.

Nas áreas antropizadas por atividades agropecuárias e posteriormente deixadas ao abandono, tornando-se degradadas pois, pouco servem para abrigar e/ou proteger os recursos naturais como: flora, fauna, paisagem, recursos hídricos, produção de bens e serviços entre outros. A recolonização ocorre majoritariamente por gramíneas e herbáceas, muitas dessas alóctones e de caráter invasor (SILVA et al., 2013). Estas invasoras são beneficiadas pela alteração na razão de recursos que se originou pela atividade antrópica (BRETON et al., 2005), podendo citar como exemplo as alterações na fertilidade do solo devido as correções e adubações empregadas nas culturas anteriores, condicionamento físico do solo pelo revolvimento do mesmo, aporte de matéria orgânica e condições microclimáticas.

Assim, espécies de melhor adaptabilidade as novas condições do ambiente e maior eficiência no uso dos recursos, são capazes de excluir as espécies nativas (PIVELLO, 2011), sendo necessária a intervenção antrópica para cessar as causas de degradação e promover a recuperação desses ecossistemas. Em áreas predominantemente ocupadas por gramíneas exóticas invasoras, há a necessidade do constante manejo para minimizar a competição por

recursos, possibilitando que as mudas plantadas sejam capazes de desenvolver e vencer a competição estabelecida com as espécies exóticas, em especial as gramíneas, não consolidando nessas nativas a morte. Silveira et al. (2013) destacam que no bioma Cerrado o problema se agrava, uma vez que o crescimento das espécies arbóreas é naturalmente lento e o tempo necessário para controle das gramíneas encarece sobremaneira a recuperação.

Diante deste contexto, desenvolver uma cobertura arbóreo-arbustiva desejável, não é um processo simples, visto que ecossistemas degradados perdem seus meios naturais de regeneração biótica ou os mesmos tornam-se lentos (SHONO et al., 2007; RODRIGUES et al., 2011). Logo, devem-se buscar formas de manejo que amenizam o impacto das espécies exóticas invasoras (MARTINS et al., 2011) sobre as nativas, uma vez que, ao contrário de diversos problemas ambientais que se atenuam com o passar do tempo, a contaminação biológica tende a multiplicar e espalhar, desencadeando problemas em longo prazo que se agravam, e/ou, não permite a recomposição natural dos ecossistemas afetados conforme observado pela Comissão Nacional da Biodiversidade – CONABIO (2009).

Diversas técnicas têm sido utilizadas com o intuito de recuperar ambientes degradados, dentre elas, destacam-se as que buscam a compreensão dos complexos mecanismos existentes entre as interações ecológicas e os fatores ambientais (PARROTTA; KNOWLES, 1999; RODRIGUES; GANDOLFI, 2004; MARTINS et al., 2011). Deste modo, tem-se a nucleação, que personifica uma das formas de implantar a sucessão ecológica em áreas degradadas, recuperando as principais características da paisagem, bem como as condições microclimáticas e suas interações (REIS et al., 2003). Ainda, no que concerne ao incremento das interações interespecíficas, Reis e Kageyama (2008) defendem a nucleação como o método mais promissor para a recuperação de áreas degradadas.

O uso do plantio de mudas fundamentado na proposta de Anderson (1953), a qual determina o plantio de modo adensado, em esquema piramidal, utilizando espécies com características que engatilham a sucessão ecológica, formando núcleos de diversidade, vai ao encontro do conceito da nucleação já que determinados núcleos agem significativamente na melhoria das qualidades ambientais locais, propiciando a chegada de novas espécies (YARRANTON; MORRISON, 1974). Além do uso de espécies que possuem função de favorecer o processo de dispersão, visto sua associação com a fauna, produção de frutos, melhoria das condições edáficas entre outros, têm-se as com características que permitem o controle cultural das plantas daninhas (LELES et al., 2015; SCERVINO; TOREZAN, 2015), como exemplo as pertencentes ao grupo das espécies de preenchimento/estruturantes, que de acordo com Rodrigues et al. (2009), são as espécies arbustivas e arbóreas autóctones que

possuem rápido crescimento e ampla copa já nos primeiros anos de vida, promovendo o rápido sombreamento do solo, dificultado a colonização e crescimento das gramíneas invasoras.

Assim, o plantio em grupos de Anderson, proporciona o rápido recobrimento da área pelas espécies pertencentes ao grupo das estruturantes, ao passo que com o decorrer do tempo essas diminuem e aumenta a chegada das espécies de diversidade, sendo aquelas de desenvolvimento lento e baixa produção de copa (RODRIGUES et al., 2009). Martins (2009) ressalta que uma vez estabelecido o sub-bosque este irá agir no controle das gramíneas exóticas invasoras. Além disso, possibilita aumentar a heterogeneidade espacial de agrupamentos vegetais da área, como ocorre na natureza (BECHARA; REIS, 2009).

Diante ao exposto, o estudo teve por objetivo, verificar a eficiência do plantio em grupos de Anderson na revegetação de uma área degradada de cerrado campo sujo antropizado visando o controle cultural das gramíneas exóticas invasoras.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no distrito de Pântano de Santa Cruz na Fazenda Pântano município de Patos de Minas – MG, microrregião predominada pela cultura cafeeira, com sede sob as coordenadas geográficas de 18°37'54.00"S e 46°49'27.20"W e área experimental de 2 hectares predominante de cerrado campo sujo (RIBEIRO; WALTER, 2008). O distrito de Pântano de Santa Cruz está inserido em uma região de clima mesotérmico, de variedade Aw na classificação de Köppen, com temperatura média de 21,8°C, precipitação média anual (última década) de 1638 mm, com verão chuvoso que se estende de outubro a abril/maio e uma estação seca compreendida entre os meses maio/junho a setembro (SANTOS; RIBEIRO, 2004).

Antes da instalação do experimento (2015), a área estava completamente recoberta por gramíneas, em sua maioria exótica (*Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens*), mas também havia resquícios de capim nativo.

Para o controle das gramíneas presentes na área, aos 90 e 45 dias anteriores ao plantio, foi aplicado o herbicida glyphosate (1,44 kg ha⁻¹) em área total. Após a vegetação ter sido dessecada, houve a roçada mecanizada para posterior implantação do experimento. A área foi dividida em três blocos (3000 m²) e em cada bloco alocados 20 grupos de Anderson, de 52 m² cada, distantes 20 m entre si em todas as direções em relação aos pontos centrais. Cada núcleo, de arquitetura piramidal, foi composto por 21 covas espaçadas entre si por 1 m conforme Anderson (1953), sendo 17 covas destinadas ao plantio de mudas e quatro para semeadura da mistura de espécies de adubação verde com sementes de espécies arbóreas (Figura 1). A

semeadura foi utilizada como forma de preencher as 21 covas sem que repetissem espécies no mesmo tratamento, além da incorporação de matéria orgânica que as mesmas possuem.

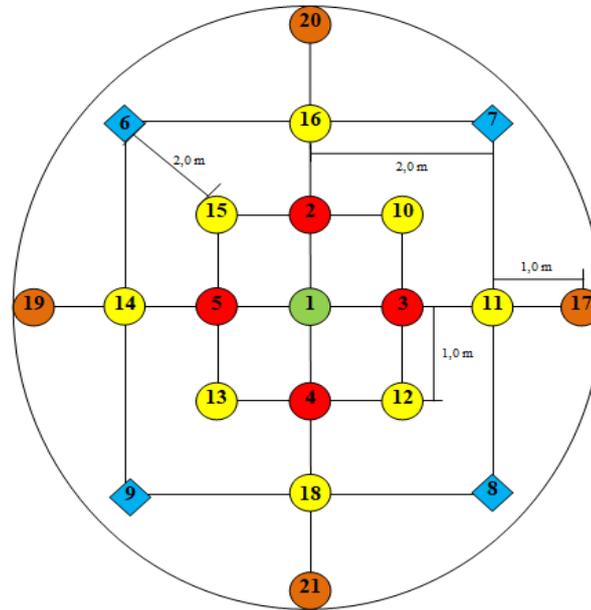


Figura 1 – Esquema de plantio em grupo de Anderson para 21 espécies. Sendo, Verde = espécie central, Vermelho = espécies da borda interna, Amarelo = espécies da borda externa 1, Laranja = espécies da borda externa 2, listadas na Tabela 1 e Azul = sementes de adubação verde e arbóreas.
Fonte: Autor (2018).
Adaptado de Anderson (1953).

O plantio das mudas nos grupos (Figura 1, cores: verde, vermelho, amarelo e laranja) e sementes (Figura 1, cor azul), ocorreu em dezembro de 2015, sendo para as mudas, abertas covas (30 x 40 x 40 cm) com auxílio de uma paceta e preenchidas com 2L de esterco bovino curtido; já para as sementes, covas (10 x 10 x 10 cm) sem adição de esterco. O plantio seguiu cinco tratamentos (Tabela 1), diferenciados entre si em relação ao grupo sucessional (pioneira e não pioneira) e o grupo funcional (estruturante e diversidade) de cada espécie, em delineamento em blocos casualizados, esquema fatorial 5x3 (5 tratamentos x 3 épocas de avaliação) com três blocos e vinte repetições.

A escolha das espécies se deu por levantamento florístico *in loco* e em área adjacente conforme orientação de Felfili et al. (2008) (Tabela 1). Porém, para atender a demanda de plantio e a limitação de mudas disponíveis, foi necessário utilizar outras espécies, não listadas no levantamento florístico, mas de ocorrência na mesma bacia hidrográfica, que sempre que possível, foram computadas no grupo das não pioneiras para não influenciar na dinâmica das copas (CARPANEZI; CARPANEZI, 2006).

Tabela 1 – Listagem das espécies arbóreas utilizadas para o plantio nos grupos de Anderson classificadas em grupos sucessional, funcional e posição de plantio dentro do núcleo. Em que: CS = classe sucessional; NP = não pioneira, P = pioneira, GF = grupo funcional, D = espécies de diversidade e E = espécies estruturantes.

Família / Nome científico	Nome popular	CS	GF	Tratamento (Posição)*
Anacardiaceae				
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira do sertão	NP	D	2(2)
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira mansa	P	E	2(13);3(1); 4(14);5(14)
Araliaceae				
<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	Maria mole	P	D	1(20);2(19);3(18);4(17);5(18)
Bignoniaceae				
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê roxo	NP	D	1(11);2(10)
<i>Handroanthus serratifolia</i> (Vahl) S. Grose	Ipê amarelo	NP	D	1(12);3(10)
<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê branco	NP	D	1(13);2(11);3(11)
Boraginaceae				
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. Exsteud.	Louro da serra	NP	D	2(21);3(20);4(19);5(19)
Lecythidaceae				
<i>Calophyllum brasiliensis</i> Cambess.	Guanandi	NP	D	1(2);3(5)
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) O. Kuntze.	Jequitibá	NP	D	3(4);5(3)
Leguminosae-Caesalpinoideae				
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng) Taub.	Canafístula	P	D	1(15);4(11);5(11)
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Guapuruvu	P	D	2(14);3(14);4(1);5(15)
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S Irwin & Barneby	Fedegoso	P	E	2(15);3(15);4(15);5(1)
Leguminosae-Mimosoideae				
<i>Albizia niopoides</i> (Benth.) Burkart var. niopoides	Farinha seca Vinhático	P	D	4(21);5(21)
<i>Chloroleu contortum</i> (Mart.) Pittier	espinho	P	D	1(3);4(2)
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Tamboril	P	E	2(1);3(13);4(13);5(13)
<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá branco	NP	E	1(14);4(10)
Leguminosae-Papilionoideae				
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Baru	P	D	1(4);4(3);5(4)
<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.	Bálsamo	NP	D	2(3);5(5)
Malvaceae				
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Açoita cavalo	P/NP	E	1(5)
Meliaceae				
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	NP	D	1(10);5(10)
Myrtaceae				
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum	Craveiro da mata	NP	D	1(18);2(17);3(16);5(17)
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá	NP	E	2(5);4(5)
Rubiaceae				
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich.	Marmelada	NP	D	1(17);2(16)
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schldl.) K.Schum.	Jenipapo cavalo	P	D	1(19);2(18);3(17);4(16)

Família / Nome científico	Nome popular	CS	GF	Tratamento (Posição)*
Salicaceae				
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	Cambroé	NP	D	1(21);2(20);3(19);4(18)
Sapindaceae				
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Camboatá	NP	D	3(3);5(2)
<i>Talisia esculenta</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	Pitomba	NP	D	3(2)
Sapotaceae				
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	Guapeva	NP	D	2(4);4(4)
Sterculiaceae				
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutamba	P	E	3(21);4(20);5(20)
Verbenaceae				
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	Tamanqueiro	P	D	1(16);5(16)
<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.	Tucaneira	P	D	1(1);2(12);3(12);4(12);5(12)

Fonte: Autor (2018).

*Número fora dos parênteses refere-se aos tratamentos utilizados, enquanto, números dentro dos parênteses, ao posicionamento de plantio dentro do núcleo de Anderson.

A quantidade total de indivíduos plantados foi de 1020 mudas de espécies nativas do bioma Cerrado, conforme Figura 1 e ainda semeadas nas 240 covas restantes em partes iguais em toda a área experimental, 12 kg de sementes entre espécies para adubação verde (*Cajanus cajan* (2,0 kg), *Crotalaria juncea* (2,0 kg), *Mucuna aterrima* (3,0 kg) e *Raphanus sativus* (3,0 kg)) e arbóreas nativas (*Chorisia speciosa* (0,5 kg), *Myracrodruon urundeuva* (0,3 kg), *Myroxylon peruiferum* (0,7 kg) e *Plathyenia reticulata* (0,5 kg)).

O controle às formigas cortadeiras foi realizado em área total e o repasse, sempre que necessário dentro dos grupos. Já a capina manual ocorreu de forma pontual nos grupos de acordo com a necessidade de cada área, em área interna (total) e externa aos mesmos (0,5 m de raio) durante os primeiros seis meses de avaliação.

Com o auxílio de uma estrutura metálica de 3 m, os grupos foram fotografados, com uma câmera *GoPro Plus* lente olho de peixe, ângulo de 180°, com distância focal e horário padronizados, aos 6, 12 e 18 meses após o plantio (m.a.p) para quantificar a porcentagem de cobertura de copa exercida pelas espécies arbóreas (%CC) e a porcentagem de cobertura exercida pelas gramíneas (%CG), por meio do programa SisCob1.0. Também foi realizado, nesses mesmos meses, o desbaste das espécies de adubação verde, com posterior incorporação no solo. Nas mesmas datas citadas foi mensurada a altura de cada muda considerando a distância entre a base da muda (rente ao solo) até a extremidade da última folha existente.

Foi realizada uma análise descritiva dos dados de mortalidade acumulada, altura, %CC e %CG; e quantificada como regeneração natural todos os indivíduos que entraram no sistema

e que não foram plantados e semeados nos grupos de Anderson, a quantidade de indivíduos germinados e a mortalidade dos indivíduos ao final do período de avaliação dentro dos grupos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a mortalidade acumulada, em número de indivíduos observados (N) nos diferentes tratamentos.

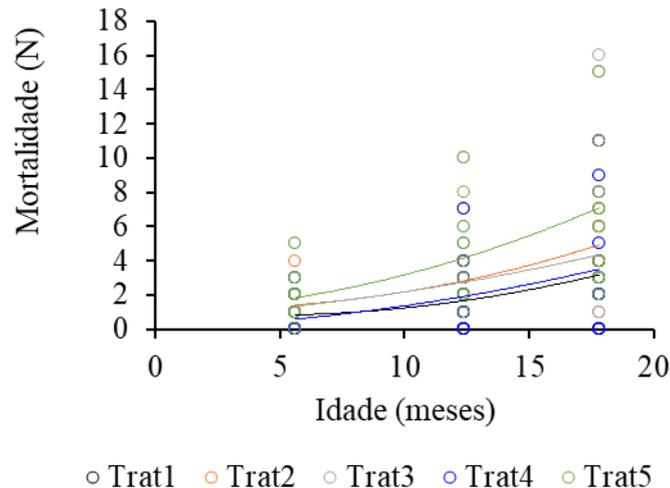


Figura 2 – Mortalidade acumulada (N) para as espécies plantadas em grupos de Anderson em uma área de cerrado antropizado no município de Patos de Minas – MG.
Fonte: Autor (2018).

A Figura 2 indica que a mortalidade se comportou de maneira diferente no período avaliado, sendo a menor mortalidade no tratamento 1 (18 indivíduos) e a maior no tratamento 5 (35 indivíduos), aos 18 meses após o plantio (m.a.p).

De um total de 1020 plantas a mortalidade geral foi de 116 (11,37%). Do total de indivíduos mortos 28,45% correspondem as espécies *Dendropanax cuneatus*, presente em todos os tratamentos, e *Aegiphila sellowiana* (Tratamento 1 e 5). No Tratamento 5, das 12 mudas destas espécies plantadas somente uma sobreviveu. Estas espécies, que embora pioneiras e adaptadas ao bioma em questão, podem ter apresentado maior mortalidade por terem sido plantadas na borda dos grupos, posições 16, 17, 18, 19 e 20 (Figura 1 e Tabela 1), sofrendo com o efeito de borda abiótico (radiação solar, ventos, umidade etc.) ou físico (aumento na densidade de indivíduos estimulado pelos efeitos abióticos) (MURCIA, 1995). Redding et al. (2003) citam que mudas plantadas na borda são expostas constantemente a ventos, elevadas temperaturas e radiação solar com consequente redução da umidade. Ademais, no presente estudo, as mudas da borda mantiveram contato direto com as gramíneas exóticas invasoras presentes entre os grupos, desfavorecendo-as na competição por recursos, uma vez que as mudas sobreviventes

presentes nas bordas, em geral, apresentaram menor desenvolvimento em altura em todos os tratamentos como: *Alibertia edulis*, *Casearia lasiophylla*, *Cordia trichotoma* e *Pimenta pseudocaryophyllus*.

Em área adjacente ao presente estudo (Capítulo 2, não publicado), embora trabalhando com espécies diferentes, mas pertencentes a mesma bacia hidrográfica, quando as mudas foram plantadas em linhas, no espaçamento de 4 x 4 m, a mortalidade foi de 45,00% aos 20 m.a.p, inferindo que a mortalidade apresentada neste estudo é inferior, possivelmente devido à interação e microclima favorável a essas espécies dentro do núcleo. Bechara (2006) destaca que no plantio em grupos de Anderson o efeito da mortalidade de mudas no campo é minimizado em relação ao modelo tradicional.

Ressalta-se que as espécies, *Cariniana estrellensis*, *Chloroleucon tortum*, *Inga edulis*, *Luehea divaricata* e *Peltophorum dubium*, apresentaram 100% de sobrevivência durante o período avaliado, indicando que estas são consideradas espécies chaves para a recuperação de áreas semelhantes ao presente estudo. Salomão et al. (2013) destacam que as espécies chaves são capazes de controlar a estrutura de uma comunidade devido sua abundância, distribuição espacial, porte e capacidade de cobertura de uma área, o que as tornam facilitadoras para o estabelecimento de outras espécies. Das espécies citadas, exceto *Cariniana estrellensis*, ocorrem no Tratamento 1, corroborando que neste tratamento foi o que apresentou menor mortalidade durante as avaliações (Figura 2).

A Figura 3 mostra o comportamento da altura (cm) para o período avaliado, inferindo uma maior diferenciação da mesma na última leitura (18º m.a.p.).

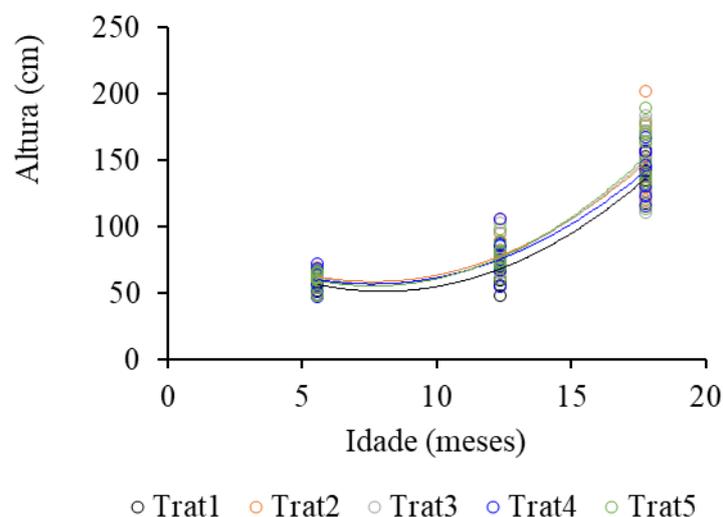


Figura 3 – Altura média (cm) para as espécies plantadas em grupos de Anderson em uma área de cerrado antropizado no município de Patos de Minas – MG.

Fonte: Autor (2018).

Verifica-se nos tratamentos de maior altura que oito dentre as 17 (47,06%) espécies plantadas são comuns entre eles, e que independentemente da posição na qual foram plantadas, as comparações das médias individuais de altura para cada espécie por tratamento não apresentaram variações, induzindo que a composição das espécies escolhidas para cada tratamento reflete em maior ou menor altura.

A menor média de altura para o Tratamento 1 é devido principalmente a ausência de espécies como: *Guazuma ulmifolia*, *Schizolobium parahyba* e *Senna macranthera*. Essas espécies, nos demais tratamentos foram as que, em todas as avaliações, apresentaram-se entre as quatro espécies com as maiores médias de altura, seguidas por *Cytherexylum myrianthum*.

As espécies destacadas são pertencentes à classe sucessional das pioneiras que em condições iniciais de plantio, normalmente, tendem a destacar-se em crescimento em altura. O mesmo foi observado por Sampaio et al. (2012) quando relacionado o crescimento das pioneiras em relação as não pioneiras.

Ainda em relação à altura, observa-se em todos os tratamentos, que dentre as espécies de maior destaque estão as da família Leguminosae-Caesalpinoideae, além da baixa mortalidade. A adaptabilidade dessa família, sobretudo em áreas degradadas torna-se positivo visto que algumas plantas promovem a associação com fungos micorrizos às bactérias do gênero *Rizobium*, destacado por Montagnini e Sancho (1994) e por Chada et al. (2004) como um fator relevante em áreas em processo de recuperação. Silva et al. (2009) citam que as espécies *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* possuem micorrizas arbusculares em suas raízes e que quando comparadas às plantas sem micorrizas, apresentam menor estresse nutricional, maior disponibilidade de água, densidade e longevidade de suas raízes, além de sofrerem menos às ações de patógenos; consequentemente adaptando-se melhor à ambientes com recursos escassos.

Vale mencionar que em modelos de recuperação de áreas degradadas o desenvolvimento em altura não é um bom parâmetro de avaliação, já que fundamentar-se na biometria, pode acarretar em uma perspectiva reducionista dos aspectos ecológicos. Porém, no presente estudo, enfatiza-se a avaliação da altura devido sua associação com a capacidade de produzir copa (STERBA, 2006), ou seja, indiretamente, a altura se relaciona com a função ecológica de cada espécie, no sentido de promover maior cobertura do solo, inibindo a entrada de gramíneas invasoras facilitando a regeneração natural. Durlo (2001) observou comportamento semelhante quando trabalhou na Floresta Estacional Decidual do Rio Grande do Sul, com a espécie

Cabraela canjerana (Well.) Mart verificando que a medida que as árvores crescem em altura, aumentam em porcentagem de copa e diâmetro de copa.

Comparando os dados de mortalidade (Figura 2) com a altura (Figura 3) por tratamento, verifica-se uma tendência diretamente proporcional entre as variáveis. Tal comparação permite inferir que a quantidade de mudas, 21 plantas por grupo, no espaçamento de 1 x 1 m, pode não ser o mais adequado para a área em questão. A quantidade de mudas utilizadas e o espaçamento adequado entre estas, bem como a distância entre os grupos de Anderson devem ser alvo de estudos que visam facilitar sua aplicabilidade na prática.

A porcentagem de cobertura de copa exercida pelas espécies arbóreas (%CC) são mostrados na Figura 4.

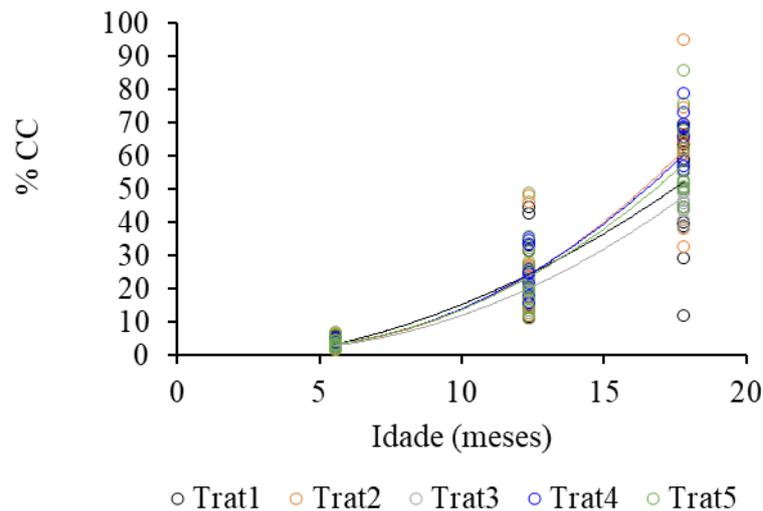


Figura 4 – Porcentagem de cobertura de copa exercida pelas espécies arbóreas (%CC) das espécies plantadas em grupos de Anderson em uma área de cerrado antropizado no município de Patos de Minas – MG. Fonte: Autor (2018).

A %CC apresenta-se menor %CC para o Tratamento 3, em média 47,74% no 18º m.a.p. A baixa %CC nesse tratamento, deve-se a perda de 19 indivíduos plantados, sendo oito deles os mais representativos em altura (*Calophyllum brasiliensis* (4), *Schizolobium parahyba* (2) e *Senna macranthera* (2)); além da presença de indivíduos que apresentaram os menores desenvolvimento em altura e produção de copa (*Handroanthus serratifolia* e *Talisia esculenta*, ambas as espécies com função de diversidade em áreas em recuperação, ou seja, baixa produção de copa nos primeiros anos de plantio).

Analisando os dados de mortalidade, altura e %CC, infere que o aumento da mortalidade para o Tratamento 5, liberou espaço favorecendo o desenvolvimento em altura das plantas remanescentes, principalmente a partir do 13º m.a.p., o que também refletiu em aumento na

%CC nesse tratamento (Figura 4). Já para o Tratamento 1 foi possível observar um comportamento inverso, enfatizando a necessidade de estabelecer em trabalhos posteriores, a ideal quantidade de mudas por núcleo e o espaçamento entre estas.

Os Tratamentos 2 e 4 apresentaram %CC superior a 60% aos 18 m.a.p., fato que contribuiu para a redução das gramíneas exóticas dentro dos grupos (Figura 5).

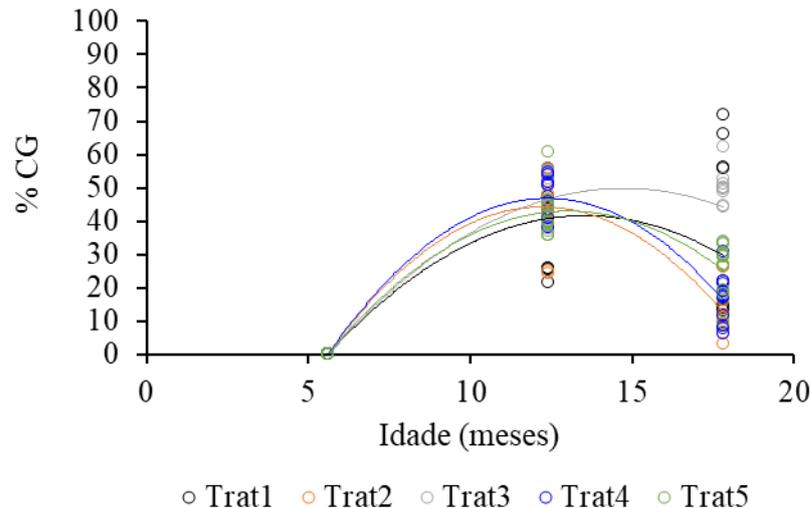


Figura 5 – Porcentagem de cobertura exercida pelas gramíneas (%CG) nos grupos de Anderson em uma área de cerrado antropizado no município de Patos de Minas – MG.
Fonte: Autor (2018).

Observando os dados da Figura 4 e 5, é possível perceber que a medida que aumenta a %CC nos grupos, independente do tratamento, reduz diretamente a porcentagem de cobertura exercidas pelas gramíneas (%CG) nestes, ao nível tal que as gramíneas não competem mais com as mudas plantadas, sejam pelo fato de estarem em pequenas proporções dentro dos grupos e também, pelas espécies plantadas possuírem maiores alturas.

Destaca-se que a elevada %CC e conseqüente redução %CG para o Tratamento 2 e 4 está relacionada ao desenvolvimento específico de algumas espécies (*Cytherexylum myrianthum*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Schizolobium parahyba* e *Senna macranthera*). Estas espécies apresentaram elevado desenvolvimento de copa e se destacaram em crescimento em altura e diâmetro quando comparada as demais, justificando sua classificação no grupo funcional das espécies estruturantes. Tais espécies devem ser priorizadas nos processos de recuperação visando o rápido recobrimento da área que desfavorece o desenvolvimento de espécies competidoras como gramíneas e lianas, pelo sombreamento rápido da área em recuperação, ao passo que criam um ambiente favorável aos indivíduos pertencentes ao grupo

de diversidade, que serão responsáveis pela autorrecuperação da área. Bechara et al. (2007) também destacam que esses grupos são capazes de eliminar as espécies do gênero *Urochloa*.

Após o 13º m.a.p, exceto para o Tratamento 3, o controle foi realizado pelo próprio sombreamento das espécies plantadas, sendo que a composição em estrutura e função das espécies nos grupos podem ser as responsáveis por esse sucesso. Independente do modelo, quando verificado o sombreamento acima de 47% promovido pela cobertura das copas, as gramíneas exóticas invasoras não exerceram competição direta dentro do núcleo, ou seja, se desenvolveram em pequenas manchas dentro do mesmo, as quais não causaram danos por abafamento as mudas de interesse. A redução da %CG dentro dos grupos pode ter corroborado para o baixo índice de mortalidade apresentado nesse esquema de plantio (11,37%).

Na Figura 6 é mostrada a evolução na %CC entre o 12º e 18º m.a.p para os cinco tratamentos propostos.

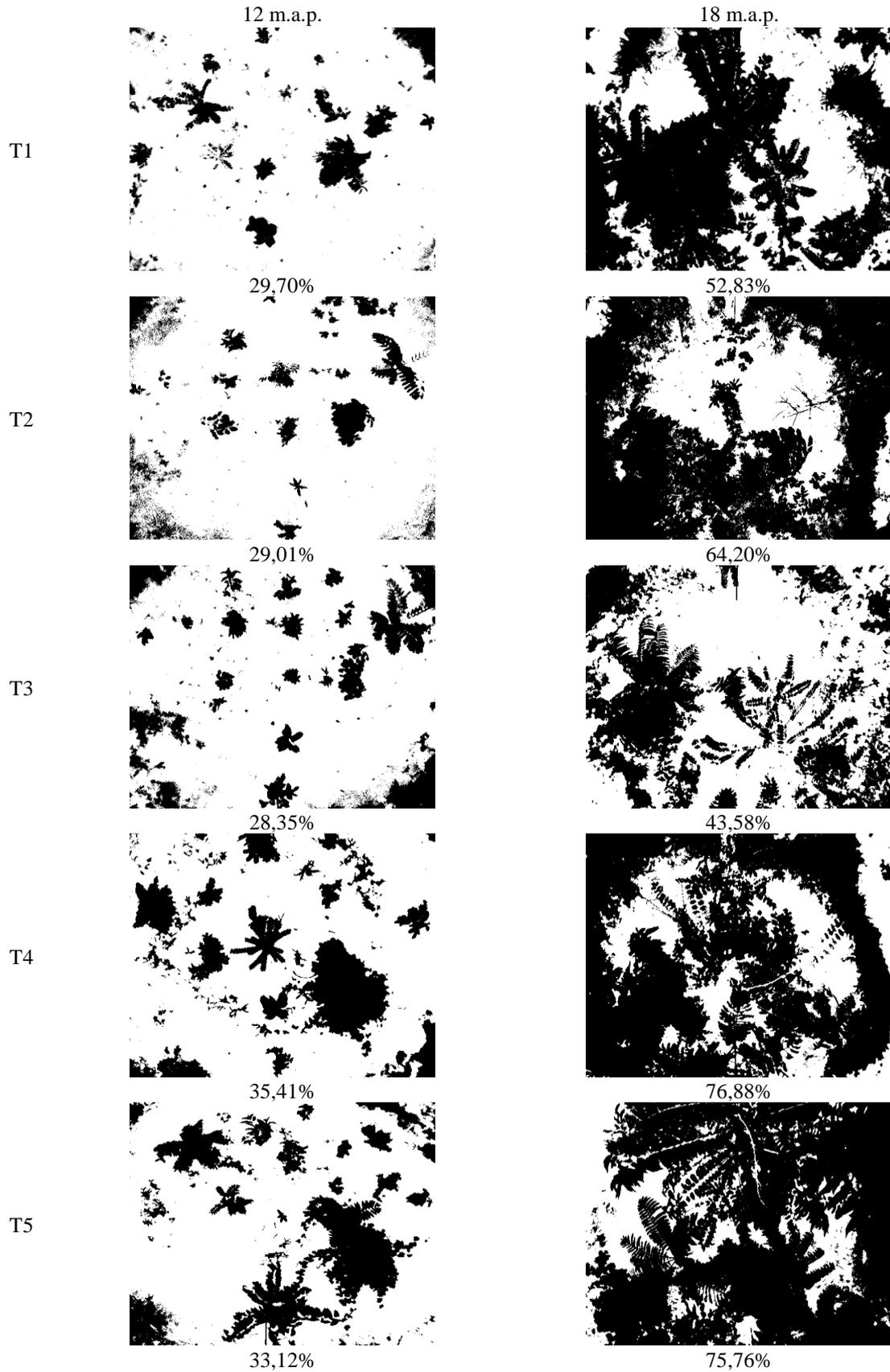


Figura 6 – Fotografias tratadas no programa SisCob para os cinco tratamentos aos 12 e 18 meses após o plantio (m.a.p.), com seus respectivos valores de porcentagem de cobertura de copa, das espécies plantadas em grupos de Anderson em uma área de cerrado antropizado no município de Patos de Minas – MG.
Fonte: Autor (2018).

Observa-se que ao decorrer das avaliações a %CC foi crescente em todos os tratamentos. Aumentar a porcentagem de sombreamento em áreas que se pretende recuperar significa indiretamente, gerar mudanças que poderão favorecer a introdução e desenvolvimento de espécies de estágios sucessionais mais avançados (ARAÚJO et al., 2005). O rápido fechamento do dossel é importante, principalmente nos primeiros 12 meses ou menos de plantio, pois a redução da luminosidade incidente no solo controla de forma cultural a matocompetição favorecendo o desenvolvimento das espécies de interesse (GUILHERME, 2000; MARTINS et al., 2004; CARPANEZI; CARPANEZI (2006)). Os últimos autores ainda ressaltam que após os cinco primeiros anos, o dossel deve abrir lentamente (autodesbaste) permitindo a germinação das sementes trazidas de forma natural à área, principalmente por pássaros, bem como proporcionar a expressão da regeneração natural.

Em relação ao controle de gramíneas exóticas invasoras é constante a necessidade de intervenção para o estabelecimento das espécies de interesse em plantios convencionais (BARBOSA et al., 2008; TOREZAN; MANTOANI, 2013). Já nos plantios em grupos de Anderson, Bechara (2006) destaca que o controle deve ser realizado apenas em casos de elevada infestação.

As espécies *Guazuma ulmifolia* e *Senna macranthera* juntamente a *Schinus terebinthifolius*, apresentaram produção de sementes e frutos nesses dois anos de avaliação, resultando em 27 indivíduos regenerantes dessas espécies, sendo 18 desses no Tratamento 5, reiterando a necessidade da adequação do espaçamento de plantio. Plantas que possuem a função de constante produção de frutos, denominadas de plantas bagueiras, são importantes em modelos recuperação devido sua atratividade à fauna visando à dispersão de sementes em áreas adjacentes (REIS et al., 1999).

Embora a quantificação dos frutos e sementes não tenha sido objetivo do presente estudo, no período de avaliação, a espécie *Senna macranthera* frutificou duas vezes e a *Schinus terebinthifolius* permaneceu com sementes na maior parte do tempo após o 9º mês de plantio, sendo que nos grupos que continham essas espécies foram encontrados ninhos de diferentes espécies de pássaros, sobretudo nas espécies citadas - pássaros em pousio e se alimentando.

No total dos grupos avaliados foi verificada a entrada de 28 indivíduos de *Chorisia speciosa* (Paineira), dez de *Myroxylon peruiferum* (Bálsamo) e 13 de *Plathymenia reticulata* (Vinhático) distribuídos entre os tratamentos, oriundas da sementeira realizada nas 240 covas (Figura 1), mais oito indivíduos de *Solanun lycocarpum* (Lobeira) advindos de outros meios de dispersão, sendo seis destes no Tratamento 5 e dois no Tratamento 2, enfatizando que o plantio

de mudas pode ser consorciado com outras técnicas, e que, o controle da matocompetição (controle cultural) permitiu a germinação e o estabelecimento dessas plantas na área.

Espera-se que com o maior desenvolvimento das copas dentro dos grupos e a possibilidade da chegada de novos indivíduos, via regeneração natural, os grupos comecem a se expandirem em direção aos outros (REIS et al., 2007), de forma a uni-los, proporcionando sombreamento entre os grupos. Caso isso ocorra, acredita-se que primeiramente eliminando ou reduzindo a massa de gramíneas no solo entre os grupos, as sementes presentes no banco ou na chuva de sementes possam vir a germinar, desencadeando o processo de sucessão natural.

Assim, a nucleação possui grande potencial para a recuperação de áreas degradadas e embora os ganhos e acertos de tais programas devam ser observados sobre uma perspectiva de 60 a 100 anos, mas, uma vez que a utilização da técnica de nucleação é recente (5 a 10 anos) e acredita-se em sua eficiência, não se pode esperar sua consolidação para que órgãos públicos, nacionais e internacionais, difundam os benefícios que a mesma exerce, de modo a impulsionar a sucessão ecológica (BECHARA et al., 2016).

CONCLUSÕES

1. O arranjo das mudas em grupos de Anderson promoveu rápido recobrimento da área, aumentando a porcentagem de cobertura do solo promovido pelas copas das espécies arbóreas, inibindo a entrada de gramíneas exóticas no interior dos grupos, principalmente nos Tratamentos 2 e 4 em relação aos demais.
2. As espécies *Cariniana estrellensis*, *Chloroleucon tortum*, *Inga edulis*, *Luehea divaricata* e *Peltophorum dubium*, apresentaram 100% de sobrevivência nos grupos, enfatizando que estas devem ser priorizadas em projetos de recuperação com área semelhante a do presente estudo.
3. Foi observada a entrada de 86 indivíduos arbóreos, sendo 51 desses oriundos da semeadura realizada nos grupos de forma antrópica e os demais, de regeneração natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, M. L. Spaced-Group planting. 1953. **Unasylva**. 7(2). Disponível em: <www.fao.org/forestry/site/unasylva/en> Acesso em 28 de outubro de 2017.
- ARAÚJO, F. S.; MARTINS, S. V.; NETO, J. A. M.; LANI, J. L.; PIRES, I. E. Florística da vegetação arbustivo - arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, vol.29, n.6, p.983-992, 2005.

- BARBOSA, E. G.; PIVELLO, V. R.; MEIRELES, S. T. Allelopathic evidence in *Brachiaria decumbens* and its potential to invade the Brazilian cerrados. **Brazilian archives of biology and technology**, v.51, n. 4, p. 825-831, July /Aug. 2008.
- BECHARA, F. C. 2006. **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Recursos Florestais, ESALQ-USP, Piracicaba.
- BECHARA, F. C.; DICKENS, S. J.; FARRER, E. C.; LARIOS, L.; SPOTSWOOD, E. N.; MARIOTTE, P.; SUDING, K. N. Neotropical rainforest restoration: comparing passive, plantation and nucleation approaches. **Biodiversity and Conservation**, 25(11), 2016.
- BECHARA, F. C.; FILHO, E. M. C.; BARRETTO, K. D.; GABRIEL, V. A.; ANTUNES, A. Z.; REIS, A. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras de biodiversidade. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n.1, p. 9-11. 2007.
- BECHARA, F. C.; REIS, A. Unidade demonstrativa de restauração ecológica de restinga arbórea contaminada por *Pinus* no Parque Florestal do Rio Vermelho. In: TRES, D. R.; REIS, A. **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto**. 1ª Ed., Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 374 p., 2009.
- BRETON, J. L., JOURDAN, H., CHAZEAU, J.; ORIVEL, J.; DEJEAN, A. Niche Opportunity and Ant Invasion: The Case of *Wasmannia auropunctata* in a New Caledonian Rain Forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 21, p.93 –8, 2005.
- CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. **Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no Estado do Paraná, em solos não degradados**. Embrapa Florestas, Colombo, 2006, 57 p. Documentos 136.
- CHADA, S. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.801-809, 2004.
- CONABIO. 2009. **Resolução CONABIO nº 5 de 21 de outubro de 2009**. Dispõe sobre a Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras. Disponível na internet. http://www.institutohorus.org.br/download/marcos_legais/Resolucao_CONABIO_n5_EEI_dez_2009.pdf
- CUNHA, N. R. S.; LIMA, J. E. L.; GOMES, M. F. M.; BRAGA, M. J. A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. vol.46; n.2; 2008.
- D'ANTONIO C. M., VITOUSEK P. M. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. **Annual Review of Ecology and Systematics**. n 23, p.63-87. 1992.
- DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabraela canjerana* (Well.) Mart. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, p.141-149, 2001.
- FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; PINTO, J. R. R. Recuperação de áreas degradadas no Cerrado com espécies nativas do bioma e de uso múltiplo para formação de corredores ecológicos e uso sustentável. In: **Bases para a recuperação de áreas degradadas na Bacia do São Francisco** / FELFILI, J. M.; SAMPAIO, J. C.; CORREIA, C. R. M. A. (orgs.). – Brasília: Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD), 2008.
- GUILHERME, F. A. G. Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria, Brasília, DF. **Revista Cerne**, v.6, n.1, p.60-66, 2000.

- LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; ALONSO, J. M. Restauração florestal em diferentes espaçamentos. In: LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. (Ed.) **Restauração florestal e a Bacia do Rio Guandu**. Seropédica: Editora Rural, 2015. p. 101-153.
- MARTINS, C. R.; VALL HAY, J. D.; WALTER, B. M. T.; PROENÇA, C. E. B.; VIVALDI, L. J. O impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do cerrado sentido restrito. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 73-90, 2011.
- MARTINS, C. R.; LEITE, L. L.; HARIDASAN, M. Capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. **Revista Árvore**, v.28, n.5, p.739-747, 2004.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa, MG. Aprenda Fácil, 146 p., 2009.
- MONTAGNINI, F.; SANCHO, F. Nutrient budgets of young plantations with native trees: strategies for sustained management. In: BENTHEY, W.; GOWEN, M. (Ed.). **Forest sources and wood-based biomass energy as rural development assets**. New Delhi: Oxford & IBH Publishing, 1994, p.213-233.
- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution** 10: 58-62.
- OGDEN, J. A. E.; REJMÁNEK, M. Recovery of native plant communities after the control of a dominant invasive plant species, *Foeniculum vulgare*: implications for management. **Biological Conservation**, v.125, p.427-439, 2005.
- PARROTTA, J. A.; KNOWLES, O. H. Restoration of tropical moist forests on bauxitemined lands in the Brazilian Amazon. **Restoration Ecology**. v.7, n.2, p.103-116. 1999.
- PIVELLO, V. R. 2011. Invasões biológicas no cerrado brasileiro. Efeito da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. **Ecologia Info**. Disponível em <<http://www.ecologia.info/cerrado.htm>> Acesso em 02 de novembro de 2017.
- PIVELLO, V. R.; SHIDA, C. N.; MEIRELLES, S. T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to biodiversity. **Biodiversity & Conservation**. n. 8, p.1281-1294. 1999.
- REDDING, T. E.; HOPE, G. D.; FORTIN, M. J.; SCHMIDT, M. G.; BAILEY, W. G. Spatial patterns of soil temperature and moisture across subalpine forest-clearcut edges in the southern interior of British Columbia. **Canadian Journal of Soil Science** 83: p.121-130, 2003.
- REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear em dados de experimento com delineamento em blocos casualizados. **Revista Ceres**, v.57, p.315-320, 2010.
- REIS, A.; TRES, D. R.; SCARIOT, E. C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, PR, n.55, p. 67-73, 2007.
- REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: Nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, v.1, n1: p.28-36, 2003.
- REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA et al. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu, FEPAF, 340 p. 2008.
- REIS, A.; ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. 1999. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as Interações planta-animal. **Caderno n°14**. Série Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. São Paulo.

- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 2. p. 151-212.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H. F.(eds) **Matas Ciliares Conservação e Recuperação**. v.1, p.235-247, EDUSP, 2004.
- RODRIGUES, R. R; GANDOLFI, S; NAVE, A. G; ARONSON, J; BARRETO, T. E; VIDAL, C. Y.; BRANCALION, P. H. S. Large-scale ecological restoration of high diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 1605-1613, 2011.
- RODRIGUES, R. R; LIMA, R. A. F; GANDOLFI, S; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v.142, p.1242–1251. 2009.
- SALOMÃO, R. P; SANTANA, A. C; BRIENZA JÚNIOR, S. Seleção de espécies da floresta ombrófila densa e indicação da densidade de plantio na restauração florestal de áreas degradadas na Amazônia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 139-151, 2013.
- SAMPAIO, M. T. F; POLO, M.; BARBOSA, W. Estudo do crescimento de espécies de árvores semidecíduas em uma área ciliar revegetada. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.5, p.879-885, 2012.
- SANTOS, E. R.; RIBEIRO, A. G. Clima e agricultura no município de Coromandel (MG). **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v.5, n. 13, p. 122 -140. 2004.
- SCERVINO, R. P.; TOREZAN, J. M. D. Factors affecting the genesis of vegetation patches in anthropogenic pastures in the Atlantic forest domain in Brazil. **Plant Ecology & Diversity**, v. 8, n. 4, p. 475-482, 2015.
- SHONO, K.; DAVIES, S. J; CHUA, Y. K. Performance of 45 native tree species on degraded lands in Singapore. **Journal of Tropical Forest Science**, n19 p.25–34, 2007.
- SILVA, R. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; LEAL, L.; SILVA, A. S. Ocorrência de fungos micorrízicos em espécies florestais na região central do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.15, n.1-4, p.65-70, jan-dez, 2009.
- SILVA, R. R.; COELHO, F. T. A.; ANJOS, M. A.; FILHO, V. F. Controle do Capim-gordura nas Áreas de Recuperação Ambiental da Mineração Corumbaense Reunida (MCR), Corumbá – MS. **Biodiversidade Brasileira**, 3(2): 237-242, 2013.
- SILVEIRA, E. R.; MELO, A. C. G.; CONTIÉRI, W. A.; DURIGAN, G. Controle de gramíneas exóticas em plantio de restauração do Cerrado. In: DURIGAN, G.; RAMOS, V.S (Orgs), **Manejo Adaptativo: primeiras experiências na Restauração de Ecossistemas**. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2013. p. 5-7.
- STERBA, H. **Waldwachstumskunde: Skriptum zur Lehrveranstaltung 420.020**. Wien: Universität für Bodenkultur, Institut für Waldwachstums forschung, 2006. 129 p.
- TOREZAN, J. M. D; MANTOANI, M. C. Controle de gramíneas no sobosque de florestas em restauração. In: DURIGAN, G.; RAMOS, V. S (Orgs), **Manejo Adaptativo: primeiras experiências na Restauração de Ecossistemas**. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2013. p. 1-4.
- YARRANTON, G. A; MORRISON, R. G. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. **Journal of Ecology**, v. 62, n.2, p. 417-428, 1974.

CAPÍTULO IV

EFEITOS DA DERIVA SIMULADA DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS DO BIOMA CERRADO

RESUMO

O plantio de mudas como forma de recuperar ambientes degradados ainda é umas das práticas mais utilizadas na recuperação de áreas degradadas, nestas áreas, a presença das plantas infestantes mostra-se um entrave na recuperação sendo necessário seu controle, que tem sido mais efetivo quando realizado de forma química por meio do uso de herbicidas, principalmente à base de glyphosate. O objetivo deste trabalho foi avaliar a sensibilidade das espécies *Calophyllum brasiliensis*, *Cytharexylum myrianthum* e *Guazuma ulmifolia* ao glyphosate. O estudo foi realizado no viveiro de mudas do Instituto Estadual de Florestas (IEF) do município de Patos de Minas – MG. Para análises foram utilizadas, 240 indivíduos de três espécies florestais autóctones do bioma Cerrado, a saber: *Calophyllum brasiliensis* Cambess (Guanandi), *Cytharexylum myrianthum* Cham. (Tucaneira) e *Guazuma ulmifolia* Lam. (Mutamba). Foram utilizadas três doses de aplicação do herbicida (160; 480; 1440 g ha⁻¹) mais a testemunha (sem aplicação). Após a aplicação foram avaliados a porcentagem de intoxicação das mudas, taxa de crescimento relativo (TCR) em altura e diâmetro e a micromorfometria e análise anatômicas das folhas. A espécie *Calophyllum brasiliensis* foi a de menor taxa de intoxicação visual aparente, variando de 52% aos 7 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) a 63% aos 30 DAT. Nas demais espécies, foi perceptível a maior taxa de intoxicação visual aparente, aos 30 DAT, com conseqüente morte de todas as plantas quando aplicado 480 e 1440 g ha⁻¹ de glyphosate. Observando a TCR em altura para essas espécies é possível inferir que no tratamento controle o crescimento foi maior quando comparado aos demais tratamentos, indicando que mesmo em baixa dosagem, tais espécies sofrem injúrias quando em contato com o produto. A espécie mais tolerante ao glyphosate foi a *Calophyllum brasiliense*, sendo na maior dosagem a mortalidade foi de 10%. A espécie *Guazuma ulmifolia* se mostrou a mais sensível à aplicação do glyphosate.

Palavras-chave: Anatomia vegetal. Micromorfometria. Seletividade a herbicidas.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população humana aliando a necessidade de matéria prima e alimento tem promovido a expansão da fronteira agropecuária. Essa expansão aliada a uma visão de abundância dos recursos naturais, força, continuamente, a conversão de mais áreas naturais em áreas destinadas a agricultura e pecuária, ampliando assim ao longo dos anos o processo de degradação ambiental que são dificilmente revertidos, visto que ecossistemas degradados podem perder seus meios naturais de regeneração biótica ou tornar-se muito lento (RODRIGUES et al., 2010).

Desse modo, algumas técnicas vêm sendo criadas e utilizadas com o intuito de recuperar ambientes degradados, buscando a compreensão dos complexos mecanismos das interações ecológicas entre espécies e com os fatores ambientais, que levam a formação da comunidade (PARROTTA; KNOWLES, 1999; MARTINS et al., 2011).

Dentre os métodos de regeneração artificial utilizados para recuperação de áreas degradadas, destaca-se o plantio de mudas florestais com espécies autóctones (FERREIRA et al., 2009). Porém, na implantação dos plantios florestais em áreas anteriormente destinadas a atividades agrícolas (pastagens), a presença das plantas infestantes, sobretudo nos primeiros meses, é considerada um entrave para o sucesso do programa de recuperação, sendo necessário um controle efetivo destas para evitar a matocompetição (LELES et al., 2017). Uma das alternativas para realizar esse controle é o uso de herbicidas, os quais não prejudiquem o desenvolvimento das mudas plantadas, mas que sejam eficientes no controle das espécies invasoras (NETO et al., 2010).

O uso de herbicidas no controle de plantas daninhas normalmente melhora as condições de crescimento das plantas de interesse e reduzem os custos de intervenção, fatos que explicam a adoção do manejo químico em atividades agrícolas e florestais (LELES et al., 2017). Os efeitos fitotóxicos dos herbicidas podem variar desde uma simples clorose nas folhas, seguido por deformações, até a morte da planta alvo. Essa variação depende de diversos fatores, tais como estágio de desenvolvimento da planta; da molécula; dosagem e forma de aplicação do herbicida; condições edafoclimáticas a qual a planta está sujeita; dentre outros (YAMASHITA et al., 2009).

Dentre os produtos, o glyphosate é o herbicida pós-emergente de maior uso em todo o mundo, pois apresenta baixo custo relativo. É classificado como não seletivo e de ação sistêmica (absorvidos pela planta e translocados até o sítio de ação); apresenta amplo espectro de ação, possibilitando excelente controle de plantas daninhas anuais e perenes, tanto folha larga (dicotiledôneas) e folha estreita (monocotiledôneas) (GALLI, 2009). Essa alta eficiência tem

relação direta com sua elevada capacidade de redistribuição na planta, após sua absorção pelas folhas e caulículos novos; age em vários sistemas enzimáticos, inibindo o metabolismo de aminoácidos (LEITE et al., 2014) alterando a estrutura celular, os níveis de clorofila, fotossíntese e desenvolvimento das plantas (YAMADA; CASTRO, 2007).

Como todo herbicida, o glyphosate ao ser aplicado, se não seguidas as corretas regras de aplicação, comumente gera uma deriva nas espécies adjacentes às espécies que receberam a aplicação do mesmo. A deriva geralmente é desencadeada por via eólica, resvalando herbicida em determinadas concentrações no entorno da espécie alvo, que pode ser minimizada com a utilização de equipamentos e condições climáticas adequadas. A deriva do glyphosate acarreta em diversos efeitos nas espécies arbóreas, sendo que eles variam conforme a concentração e a espécie alvo (TUFFI SANTOS, 2006).

Dessa forma, apesar da grande utilização desse herbicida em culturas agrícolas, ainda é incipiente o conhecimento dos efeitos nas espécies florestais nativas, sendo importante o conhecimento dos efeitos fitotóxicos nas mesmas, a fim de auxiliar no controle de plantas invasoras em áreas degradadas em processo de recuperação (NETO et al., 2010).

Logo, há a necessidade de encontrar espécies florestais que podem ser utilizadas na recuperação de áreas degradadas e que sejam menos sensíveis ao efeito da deriva do glyphosate, já que muitas áreas destinadas à recuperação são limítrofes a campos agrícolas, de forma que torne possível facilitar o manejo das plantas infestantes promovendo o rápido desenvolvimento da espécie de interesse.

Neste sentido, objetivou-se com esse trabalho avaliar a sensibilidade das espécies *Calophyllum brasiliensis*, *Cytherexylum myrianthum* e *Guazuma ulmifolia* ao glyphosate.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no viveiro de mudas do Instituto Estadual de Florestas (IEF) do município de Patos de Minas – MG, o qual está localizado a 819 metros de elevação nas coordenadas geográficas S 18°36'46"/ W 46°28'48".

O clima local é tipicamente tropical, no qual, o verão apresenta pluviosidade superior à do inverno, índices estes confirmados pela classificação climática de Köppen, a qual classifica a região como Aw. A temperatura média local situa-se na faixa de 22,8°C, enquanto a média pluviométrica anual é de 1445 mm.

Para análises foram utilizadas, 240 indivíduos de três espécies florestais autóctones do bioma Cerrado, a saber: *Calophyllum brasiliensis* Cambess (Guanandi), *Cytherexylum myrianthum* Cham. (Tucaneira) e *Guazuma ulmifolia* Lam. (Mutamba), ambas de interesse para

o uso na recuperação de áreas degradadas e dentre as que mais se destacaram em relação ao desenvolvimento como citado no Capítulo 3 (não publicado). A produção de mudas foi realizada no viveiro de mudas do IEF de Patos de Minas, sendo as sementes provenientes de árvores matrizes da região. Para cada espécie, as mudas selecionadas apresentavam padrão semelhante em altura, número de folhas e fitossanidade.

Realizou-se o semeio em sacola plásticas de polietileno (2 L) contendo substrato a base de 40% terra de subsolo, 30% de esterco bovino curtido e 30% de mistura de fibra de coco *in natura* e casca de arroz carbonizada. Ao substrato foi adicionado $7,0 \text{ g dm}^{-3}$ de Osmocote® (NPK 15:09:12 + 1% de Mg; 2,3% de S, 0,02% de B; 0,05% de Cu; 1% de Fe; 0,06% de Mn; 0,02% de Mo; e 0,05% de Zn) por m^3 de substrato preparado.

O experimento foi conduzido entre outubro/17 a janeiro/18, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 20 repetições. As doses do glyphosate (0; 160; 480; 1440 g ha^{-1}) foram baseadas nas doses recomendadas para controle de matocompetição em plantios de eucalipto, uma vez que estes herbicidas não são registrados para plantios das espécies em questão, utilizou-se o produto comercial Nortox®, composto por sal de isopropilamina de N-glycine (Glyphosate) 480 g L^{-1} ; equivalente ácido de glyphosate 360 g L^{-1} ; e ingredientes inertes $676,2 \text{ g L}^{-1}$. A unidade experimental foi constituída por uma muda de cada espécie cultivada nas sacolas de propietileno (2 L).

No momento da aplicação dos tratamentos a umidade relativa do ar encontrava-se a 78%, a temperatura a 23°C e com ausência de ventos. Foi realizada a aplicação com a utilização de um pulverizador manual munido com bico tipo leque 110-03, apresentando pressão de 3,5 bar por meio de uma válvula reguladora de pressão, com volume de solução final de 200 L ha^{-1} . Foi retirada a irrigação durante as primeiras 12 horas após a aplicação, para que a eficácia da aplicação fosse garantida. As mudas em questão receberam tratamentos culturais semelhantes aos tratamentos de produções comerciais de mudas, sendo as mesmas expostas ao sol, às intempéries climáticas e a irrigações diárias. Durante o período de avaliação do experimento não foi realizada a fertilização de cobertura das mesmas.

As variáveis analisadas foram: intoxicação das plantas, altura da parte aérea e diâmetro do coleto. A intoxicação das mudas (intoxicação visual aparente) foi avaliada aos 7, 14 e 30 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), os danos visuais foram determinados em relação à testemunha sem herbicida atribuindo-se notas que variaram de zero (ausência de sintomas provocados pelos herbicidas) a 100 (morte da planta) SBCPD (1995) (Tabela 1), posteriormente convertidas em porcentagem.

Tabela 1 – Classe e notas de referência para a avaliação visual da fitotoxicidade (intoxicação visual aparente) em plantas após a aplicação de herbicida.

Classe		Notas	Observação
I	Muito leve	0 – 5	Sintomas fracos ou pouco evidentes. Nota zero quando não se observa quaisquer alterações na planta.
II	Leve	6 – 10	Sintomas nítidos, entretanto, de baixa intensidade.
III	Moderada	11 – 20	Sintomas nítidos mais intensos que da classe anterior.
IV	Aceitável	21 – 35	Sintomas pronunciados, mas totalmente tolerados pela planta.
V	Preocupante	36 – 45	Sintomas mais drásticos que a classe anterior, mas ainda, passível de recuperação.
VI	Alta	46 – 60	Danos irreversíveis, com redução drástica no crescimento da planta.
VII	Muito alta	61 – 100	Danos irreversíveis muito severos. Nota 100 para a morte da planta.

Fonte: Adaptado de SBCPD (1995).

Para a variável intoxicação visual, para cada espécie, foi ajustado modelo de regressão exponencial ($Y = \beta_1 \ln x + \beta_0 + \varepsilon$), em que todos os parâmetros da equação foram significativos ($p < 0,05$).

Aos 90 DAT procedeu-se a mensuração da altura da parte aérea das mudas (coleta ao ápice) e do diâmetro do coleto (largura do caule a dois centímetros solo). Os dados de altura inicial e final das mudas foram utilizados para o cálculo da taxa de crescimento relativo (TCR) em altura e diâmetro como descrito por Brancalionet al. (2009), sendo:

$$TCR = \frac{\ln X_0 - \ln X_1}{T_1 - T_0}$$

Em que: X_0 e X_1 correspondem a altura ou diâmetro no período inicial e final de avaliação e $T_1 - T_0$ a diferença, em dias, entre os períodos avaliados.

Os dados de TCR em altura e diâmetro foram submetidos ao teste F da análise de variância e quando significativos comparados por meio do teste Tukey a 5% de significância.

Aos 30 DAT foram coletadas amostras das folhas das espécies em estudo para avaliações micromorfométricas e da anatomia foliar. Foram utilizadas folhas adultas completamente expandidas localizadas entre o 5º e 6º entrenós, da base para o ápice, sendo os cortes de 0,5 cm² realizados na região mediana da nervura principal do limbo. O processamento do material foi realizado no Laboratório de Anatomia Vegetal da UFV – CRP com base nos métodos usais em anatomia vegetal. Inicialmente o material foi fixado em FAA 70 (formaldeído, ácido acético glacial e etanol) (JOHANSEN, 1940) por 24 horas, e em seguida, armazenado em etanol 70% para posterior processamento. Após essa etapa o material foi desidratado sob vácuo em etanol 85% e 95% e permaneceu na solução de pré-infiltração (resina

base LeicaHistoresin[®] e etanol 95% na proporção 1:1) por 24 horas. Na sequência, foi submetido à infiltração em hidróxi-etil-metacrilato (LeicaHistoresin[®]) conforme recomendações do fabricante (PIOTTO, 2012).

Posteriormente o material foi emblocado na mesma resina, e fixado com cola instantânea em blocos de madeira. Os blocos foram seccionados em micrótomo rotativo de avanço automático (Leica RM 2255), com navalha de vidro, de modo a se obter secções transversais do material vegetal com cerca de 7 µm de espessura. As secções foram depositadas em recipiente com água morna para distensão dos cortes e posterior deposição sobre lâmina. Após a lâmina foi colocada sobre placa aquecedora para fixação dos cortes e subsequente coloração com Azul de Toluidina e montagem entre lâmina e lamínula com resina sintética Permout[®] (Fisher Scientific, New Jersey, USA) (KRAUS; ARDUIN, 1997).

As lâminas montadas foram digitalizadas com auxílio de fotomicroscópio (modelo BX 41-Olympus) com sistema UPhoto (Olympus Q Color 3). A análise micromorfométrica das folhas avaliou a espessura da epiderme da face adaxial (EAD), parênquima paliçádico (PP), parênquima lacunoso (PL), epiderme da face abaxial (EAB) e limbo (LMB). As medidas micromorfométricas da secção transversal das folhas foram feitas com auxílio do software ImagePro-Plus 4.5 e os dados para as folhas submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey. As imagens foram tratadas com software Adobe[®]Photoshop CS3 e a escala ajustada com o *software* Image J para produção das pranchas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do herbicida glyphosate, independente das dosagens utilizadas nas três espécies estudadas, gerou danos às mudas que variaram de clorose nas folhas, com o amarelecimento destas devido a degeneração dos cloroplastos (COLE et al., 1983) observados a partir do 7º dia após a aplicação do tratamento (DAT), até a morte da planta nas maiores dosagens.

A Figura 1 indica a porcentagem de intoxicação visual aparente para as três espécies estudadas.

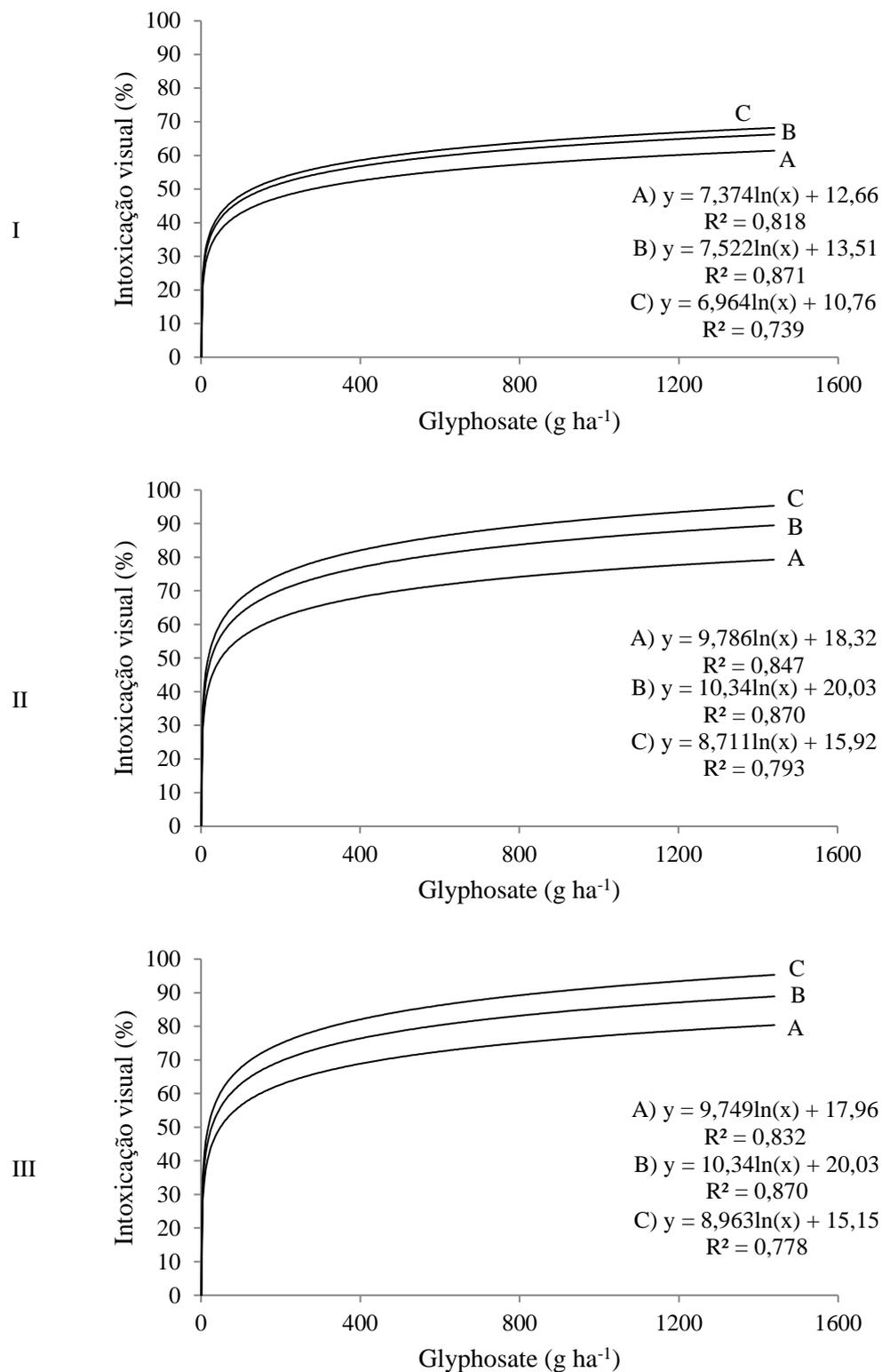


Figura 1 – Intoxicação das mudas de *Calophyllum brasiliensis* (I), *Cytharexylum myrianthum* (II) e *Guazuma ulmifolia* (III), em função das doses de glyphosate, aos 7 (A), 14 (B) e 30 (C) dias após a aplicação dos tratamentos (DAT)..

Fonte: Autor (2018).

A análise gráfica permite concluir que a espécie *Calophyllum brasiliensis* foi a de menor taxa de intoxicação visual aparente, variando de 52% aos 7 DAT a 63% aos 30 DAT (Figura 1-

I) na maior dosagem de glyphosate (1440 g ha^{-1}) foi percebido sinais severos de necrose e encurvamento de algumas folhas, com posterior abscisão e emissão de novas folhas, com a morte de apenas duas plantas no maior tratamento. Nas dosagens de 160 e 480 g ha^{-1} , suas folhas se mostraram amareladas e poucas com sinais de necrose, sendo que no 14º DAT houve emissão de novas folhas.

Nas demais espécies, foi perceptível a maior taxa de intoxicação visual aparente (Figura 1-II e Figura I-III), aos 30 DAT, com consequente morte de todas as plantas quando aplicado 480 e 1440 g ha^{-1} de glyphosate (Figura 2-II e 2-III). No 14º DAT tais plantas apresentavam na maioria de suas folhas sinais severos de necrose e encurvamento, iniciando o processo de abscisão das folhas. Nessas espécies não houve emissão de novas folhas, constatando sua morte.



Figura 2 – Imagens das mudas de *Calophyllum brasiliensis* (I), *Cytharexylum myrianthum* (II) e *Guazuma ulmifolia* (III), para os tratamentos T1 (0 g ha⁻¹), T2 (160 g ha⁻¹), T3 (480 g ha⁻¹) e T4 (1440 g ha⁻¹) aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos.

Fonte: Autor (2018).

Em trabalho realizado por Machado et al. (2013), foi verificado também, aos 30 DAT, a mortalidade de 100% dos indivíduos de *Solanum lycocarpum*, quando estes foram submetidos às dosagens de 480 e 1440 g ha⁻¹ de glyphosate, evidenciando a sensibilidade dessas espécies ao herbicida testado.

Além da variação de resposta entre diferentes famílias e espécies vegetais, a fitotoxicidade de herbicidas a espécies arbóreas autóctones também pode ser observada dentro de uma mesma espécie, como consequência da variabilidade genética (FERREIRA et

al., 2005); assim, mais estudos com outros espécimes devem ser levados em consideração para comprovar tais efeitos.

A maior sensibilidade ao glyphosate e mortalidade (57,5%) apresentada para a espécie *Guazuma ulmifolia* neste estudo (Figura 2-III) não é condizente com o relatado por Brancalion et al. (2009), que em doses de aplicação até quatro vezes maiores do que o recomendado para os herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon, não ocasionou morte nesta espécie. Embora os herbicidas destacados não possuam mesmo mecanismo de ação do glyphosate, a tolerância dessa espécie a estes herbicidas, torna possível o controle químico das plantas infestantes em plantios.

Observando os dados de altura e diâmetro (Tabela 2) para as espécies estudadas verifica-se que estes estão em consonância com os dados de intoxicação visual, sendo que nas maiores dosagens de herbicida aplicado. As variáveis TCR para altura e diâmetro da espécie *Calophyllum brasiliensis* não apresentaram diferenças significativas ($F_{\text{altura}} = 2,64$; $F_{\text{diâmetro}} = 2,12$; p valor > 0,05) dentro do período avaliado. Já para as espécies *Cytharexylum myrianthum* e *Guazuma ulmifolia* os valores de F foram significativos e respectivamente iguais a 7,24 e 5,89 para a variável altura e 9,12 e 10,22 para o diâmetro. Na Tabela 2 é mostrado o teste Tukey para a TCR em altura e diâmetro para as espécies estudadas.

Tabela 2 – Taxa de crescimento relativo (TCR) em altura e diâmetro para as espécies *Calophyllum brasiliensis*, *Cytharexylum myrianthum* e *Guazuma ulmifolia* em função das doses de glyphosate aos 90 dias após a aplicação do produto.

Tratamento / Dose	TCR (cm dia ⁻¹)					
	<i>C. brasiliensis</i>		<i>C. myrianthum</i>		<i>G. ulmifolia</i>	
	Altura	Diâmetro	Altura	Diâmetro	Altura	Diâmetro
T1 / 0 g ha ⁻¹	0,035a	0,00012a	0,054a	0,00018a	0,017a	0,00008a
T2 / 160 g ha ⁻¹	0,032a	0,00013a	0,012b	0,00013a	0,013b	0,00005a
T3 / 480 g ha ⁻¹	0,030a	0,00011a	0,000c	0,00000b	0,000c	0,00000b
T4 / 1440 g ha ⁻¹	0,032a	0,00011a	0,000c	0,00000b	0,000c	0,00000b

Fonte: Autor (2018).

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.

Analisando a Tabela 2 é possível verificar que a diferenciação da TCR para o diâmetro se deu em relação aos tratamentos T3 e T4 devido à mortalidade de 100% dos indivíduos de *Cytharexylum myrianthum* e *Guazuma ulmifolia* nesses tratamentos. Observando a TCR em altura para essas espécies é possível inferir que no tratamento controle o crescimento foi maior quando comparado aos demais tratamentos, indicando que mesmo em baixa dosagem, tais espécies sofrem injúrias quando em contato com o produto. Em trabalho realizado por Brancalion et al. (2009) foi destacado que em mudas de *Guazuma ulmifolia* quando em contato com doses

até mais elevadas de setoxidim apresentaram maiores incrementos em altura quando comparada à testemunha, sendo desconhecidas as causas fisiológicas do referido estímulo ao crescimento.

A falta de estudos que relacionam a aplicação do glyphosate com as espécies estudadas, bem como, a aleatoriedade na escolha das variáveis analisadas dificulta as comparações. Ainda assim, Yamashita et al. (2009) relatam aos 28 DAT, quando aplicado 360 g ha⁻¹ de glyphosate não obteve diferenciação da altura em mudas de *Ceiba pentandra* e *Schizolobium amazonicum*. Costa et al. (2012) estudando o efeito de subdoses de glyphosate constataram o aumento em altura em mudas de *Eucalyptus grandis* quando estas foram submetidas a 76,8 g ha⁻¹. Machado et al. (2013) citam que não houve efeito negativo no desenvolvimento em altura e diâmetro quando aplicado o herbicida glyphosate mesmo na maior dosagem (1440 g ha⁻¹) para as mudas de *Bowdichia virgilioides*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Plathymenia reticulata*.

Em relação à análise micromorfológica das folhas, podem-se verificar diferenças significativas em todas as variáveis analisadas. A Tabela 3 apresenta a análise de variância seguida do teste Tukey para a micromorfometria dos tecidos para as três espécies.

Tabela 3 – Valores de F e teste de médias Tukey a 5% de significância para a micromorfometria dos tecidos foliares de *Calophyllum brasiliensis* (A), *Cytherexylum myrianthum* (B) e *Guazuma ulmifolia* (C) em função das doses de glyphosate aos 30 dias após a aplicação do produto. Em que: GL = graus de liberdade, EAD = epiderme da face adaxial, PP = parênquima paliçádico, PL = parênquima lacunoso, EAB = epiderme da face abaxial e LMB = limbo.

A	Valores de F				
	EAD	PP	PL	EAB	LMB
Tratamento / Dose	12,08**	30,81**	47,69**	6,60**	57,61**
	Médias (m μ)*				
T1 / 0 g ha ⁻¹	18,20a	97,56a	213,69a	18,94a	343,83a
T2 / 160 g ha ⁻¹	16,63b	56,00c	174,20b	17,52b	264,29c
T3 / 480 g ha ⁻¹	19,52a	76,67b	154,59c	18,44ab	269,31c
T4 / 1440 g ha ⁻¹	19,29a	72,16b	210,15a	19,54a	320,46b

B	Valores de F				
	EAD	PP	PL	EAB	LMB
Tratamento / Dose	827,47**	2388,42**	312,57**	629,76**	1052,35**
	Médias (m μ)*				
T1 / 0 g ha ⁻¹	23,23a	70,82a	114,67a	15,95a	227,42a
T2 / 160 g ha ⁻¹	23,00a	59,69b	110,80a	16,77a	209,43b
T3 / 480 g ha ⁻¹	0,00b	0,00c	0,00b	0,00b	0,00c
T4 / 1440 g ha ⁻¹	0,00b	0,00c	0,00b	0,00b	0,00c

C	Valores de F				
	EAD	PP	PL	EAB	LMB
Tratamento / Dose	435,56**	680,38**	402,03**	477,88**	1204,94**
	Médias (m μ)*				
T1 / 0 g ha ⁻¹	26,29a	46,40b	29,69a	16,70a	116,82b
T2 / 160 g ha ⁻¹	27,66a	56,84a	31,30a	14,57b	132,26a
T3 / 480 g ha ⁻¹	0,00b	0,00c	0,00b	0,00c	0,00c
T4 / 1440 g ha ⁻¹	0,00b	0,00c	0,00b	0,00c	0,00c

Fonte: Autor (2018).

** Diferenças significativas ao nível de 1% de significância.

* Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.

Devido à mortalidade de 100% dos indivíduos das espécies *Cytharexylum myrianthum* e *Guazuma ulmifolia* aos 30 DAT nos Tratamentos 3 e 4, não foi possível proceder a análise micromorfométrica de suas folhas nestes tratamentos.

A análise micromorfométrica para a espécie *Calophyllum brasiliense* revelou redução significativa na espessura do limbo (LMB) em T2 e T3. Notou-se também menor espessamento do parênquima paliçádico (PP) em T2 e presença de parênquima lacunoso (PL) mais espesso em T1 e T4. Apesar de significativo os valores de EAD e EAB, estes não puderam ser notados visualmente nas lâminas (Figura 2).

Para a espécie *Guazuma ulmifolia* a análise micromorfométrica das folhas mostrou que houve maior espessura do limbo e do parênquima paliçádico em T2 (Tabela 3-C).

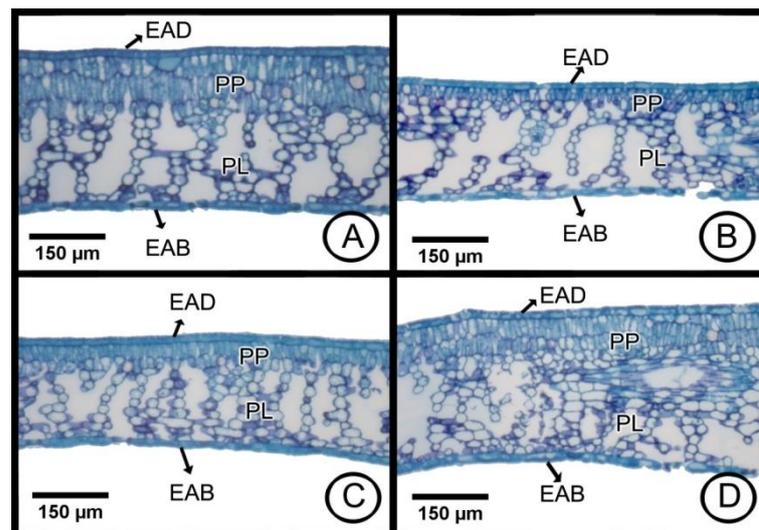


Figura 3 – Seção transversal do limbo de *Calophyllum brasiliense* submetidas a diferentes doses de glyphosate. Em que: A = Tratamento T1; B = Tratamento T2; C = Tratamento T3; D = Tratamento T4; EAD = epiderme da face adaxial; EAB = epiderme da face abaxial; PP = parênquima paliçádico e PL = parênquima lacunoso.

Fonte: Autor (2018).

A análise anatômica das folhas de *Calophyllum brasiliense* revelou que o limbo é dorsiventral, hipoestomático com presença de epiderme uniestratificada com cutícula espessada na face adaxial e abaxial, acompanhada de hipoderme, assim como descrito por (JUNIOR et al., 2005).

Estruturalmente foram observados danos e alterações celulares em resposta ao herbicida em T2 e T4 (Figura 3). Na região da nervura de maior porte houve a presença de tecidos com necrose tanto na face adaxial quanto abaxial, adjacentes a estes foram observados tecidos de

cicatrização e colapso das células do parênquima. No limbo foi observado colapso de células do parênquima lacunar sem ruptura da epiderme e acúmulo de compostos, provavelmente fenólicos, intensamente corados. Estas alterações foram similares aos aspectos descritos por Tuffi Santos et al. (2008) em folhas de *Eucalyptus grandis* submetidas ao glyphosate e danos foliares descritos por Cruz (2016), em folhas *Eugenia uniflora* também submetida ao mesmo herbicida.

A maior espessura da cutícula da *Calophyllum brasiliense* proporcionou menor sensibilidade desta ao herbicida glyphosate. Satchivi et al. (2000) ressaltam que a cutícula espessa e a parede celular representam as principais barreiras que limitam a ação de alguns herbicidas nas plantas.

Na Figura 4 indica as alterações estruturais na nervura mediana e lâmina foliar de *Calophyllum brasiliense*, em secção transversal quando submetidas a diferentes dosagens de glyphosate.

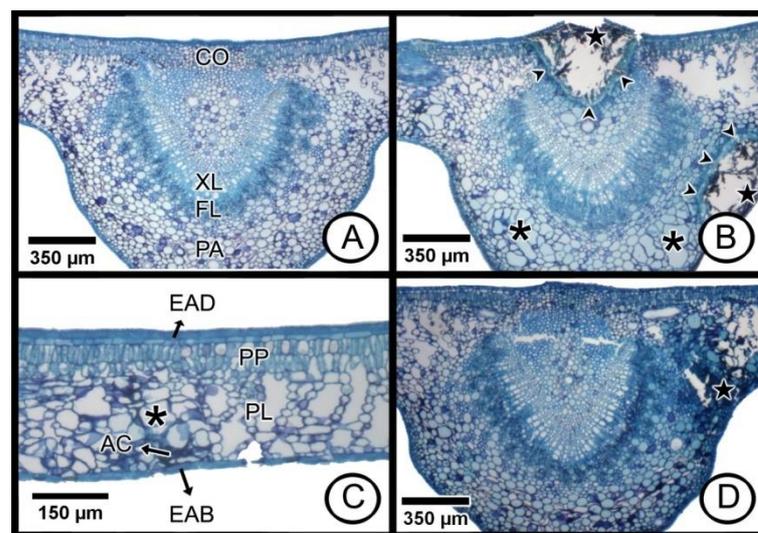


Figura 4 – Alterações estruturais na nervura mediana e lâmina foliar de *Calophyllum brasiliense* em secção transversal, submetidas a diferentes doses de glyphosate. Em que A = nervura mediana em T1; CO = colênquima; XL = xilema; FL = floema; PA = parênquima; B = nervura mediana em T2; C = limbo em T2; EAD = epiderme da face adaxial; EAB = epiderme da face abaxial; PP = parênquima paliçádico; PL = parênquima lacunoso; AC = acúmulo de compostos intensamente corados; D = nervura média alterada em T2; * = colapso das células do parênquima lacunoso; Pontas de seta = tecidos de cicatrização e Estrela = necrose no tecido foliar.

Fonte: Autor (2018).

Na Figura 4-A é mostrado a nervura mediana sem alterações visíveis no tratamento controle (T1) ao passo que se nota uma desestruturação no T2 (Figura 4-D). Para o T2 é possível verificar necrose no tecido foliar (estrela) na face abaxial (região do colênquima) e adaxial com formação de tecidos de cicatrização (pontas de seta) e colapso nas células do parênquima (*)

(Figura 4-B). Observando a Figura 4-C, ainda no T2, é possível verificar o colapso das células do parênquima lacunoso (*) e acúmulo de compostos intensamente corados (AC) no limbo, enfatizando que as diferentes doses de herbicida dentro da planta causaram danos estruturais a mesmas.

Tais compostos com coloração escura assemelham-se aos observados em estudo realizado por Tuffi Santos et al. (2005; 2008) em plantas de eucalipto, descrito por estes por compostos fenólicos formados após à exposição ao glyphosate. O herbicida glyphosate age na rota do chiquimato que é a principal via de formação de compostos fenólicos. Sant'Anna-Santos et al. (2007) declaram que estresses bióticos e abióticos nas plantas, como por exemplo a exposição à herbicidas, podem aumentar o conteúdo fenólico nas plantas.

Vale ressaltar que os danos estruturais mostrados para a espécie *Calophyllum brasiliense* nos diferentes tratamentos ocasionaram na morte de somente dois indivíduos no tratamento de maior dosagem (1440 g ha^{-1}), enfatizando que essa espécie é tolerante ao herbicida glyphosate nas doses testadas.

Verifica-se na Figura 5 a secção transversal do limbo para a espécie *Citharexylum myriathum* submetidas a diferentes doses de glyphosate.

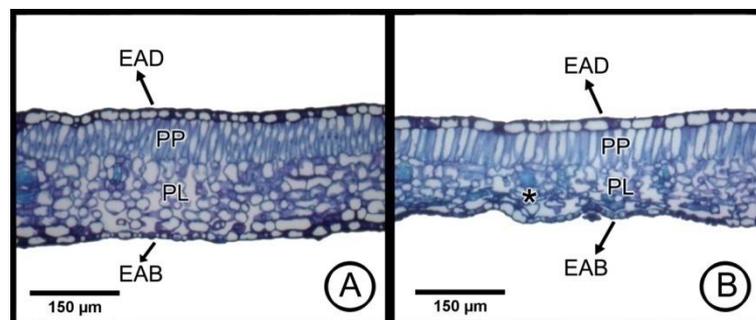


Figura 5 – Secção transversal do limbo de *Citharexylum myriathum* submetidas a diferentes doses de glyphosate. Em que: A = Tratamento T1; B = Tratamento T2; C = Tratamento T3; D = Tratamento T4; EAD = epiderme da face adaxial; EAB = epiderme da face abaxial; PP = parênquima paliçádico; PL = parênquima lacunoso e * = colapso das células do parênquima lacunoso.

Fonte: Autor (2018).

As análises anatômicas das folhas de *Citharexylum myriathum* revelaram que o mesófilo é dorsiventral, sendo a folha anfiestomática. A epiderme da face abaxial e adaxial é uniestratificada com presença de tricomastectores, assim como relatam Metcalfe e Chalk (1972) para espécies da família Verbenaceae.

É possível verificar redução significativa na espessura do limbo (LMB) e da espessura do parênquima paliçádico (PP) como evidenciando na Figura 5, também comprovado na Tabela 3-B. Em T2 (Figura 5-B) notou-se plasmólise (*) e deformação das células do parênquima

lacunoso possivelmente em resposta ao herbicida, similar aos danos descritos por Cruz (2016), ocasionados em folhas *Eugenia uniflora* submetida ao glyphosate.

Observa-se na Figura 6 a secção transversal para a espécie *Guazuma ulmifolia* submetidas a diferentes doses de glyphosate.

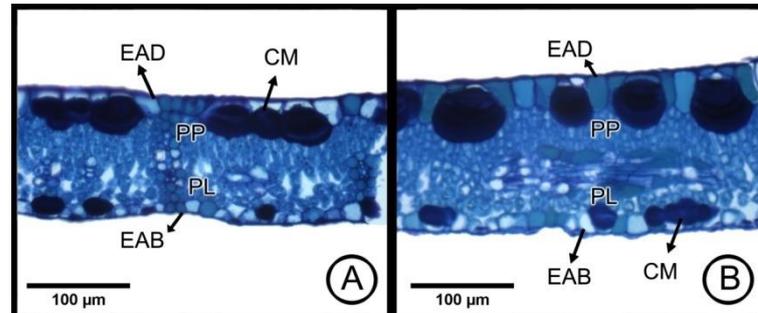


Figura 6 – Secção transversal do limbo de *Guazuma ulmifolia* submetidas a diferentes doses de glyphosate. Em que: A = Tratamento T1; B = Tratamento T2; C = Tratamento T3; D = Tratamento T4; EAD = epiderme da face adaxial; EAB = epiderme da face abaxial; PP = parênquima paliçádico; PL = parênquima lacunoso e CM = células com mucilagem.

Fonte: Autor (2018).

A análise anatômica da folha de *Guazuma ulmifolia* revelou que o limbo é dorsiventral com presença de epiderme uniestratificada com cutícula moderadamente espessada e tricomas estrelados. As células da face adaxial são maiores que da face abaxial e ricas em conteúdo mucilaginosos e fenólicos, semelhantes ao descrito Duarte et al. (2011).

Na Figura 6, verifica-se maior espessamento do limbo em T2 quando comparado à T1, confirmado pelo aumento do parênquima paliçádico (PP) pelo teste de média descrito na Tabela 3-C.

As variações micromorfométricas (Tabela 3) e alterações estruturais (ou anatômicas) observadas nas espécies sugerem que, em maior ou menor grau as mesmas apresentaram alterações quando submetidas às diferentes doses do herbicida, logo, a aplicação deste deve ser realizada de forma dirigida visando minimizar os danos às mudas de interesse ao passo que seja efetuado o controle da matocompetição em locais destinados à recuperação de áreas de degradadas.

Contudo, a análise anatômica se mostra como uma ferramenta eficaz visto que detectam modificações nas plantas a níveis microscópios (colapso de tecidos foliares, deformações celulares, formação de tecido de cicatrização, entre outros) mesmo antes de verificadas as modificações à vista desarmada (clorose, necrose e morte) (TUFFI SANTOS et al., 2009; SANTANA et al., 2014; FREITAS-SILVA et al., 2016).

Queiroz et al. (2008) destacam que quando as plantas estão fisiologicamente mais ativas (maior atividade metabólica), como por exemplo em condições controladas, estas se tornam mais susceptíveis à ação do herbicida, o que pode gerar nas plantas maiores danos, como verificado no presente trabalho.

Embora seja notória a vantagem da utilização do controle químico em relação ao mecânico, seja pela efetividade no controle quanto ao menor número de intervenções ou pela redução dos custos associados, sobretudo aos gastos com mão de obra; deve-se ressaltar que a aplicabilidade do uso de herbicidas em espécies autóctones, seja em condições de laboratório ou campo, não registrado no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT) supervisionado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), deve ser feita com ressalvas e restrita à experimentação, como realizado neste estudo.

CONCLUSÕES

1. As três espécies quando em contato com o glyphosate apresentaram danos que variaram de clorose à morte da planta.
2. A espécie mais tolerante ao glyphosate foi a *Calophyllum brasiliense*, sendo na maior dosagem a mortalidade foi de 10%.
3. A espécie *Guazuma ulmifolia* se mostrou a mais sensível à aplicação do glyphosate, apresentando diversas variações anatômicas em suas folhas e maior mortalidade dentre as espécies testadas.
4. As espécies *Citharexylum myriathum* e *Guazuma ulmifolia* apresentaram 100% de mortalidade quando aplicado 480 e 1440g ha⁻¹ de glyphosate; e quando submetidas a menor dosagem, alterações anatômicas indicando intolerância ao produto testado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I; MACHADO, R. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; RODRIGUES, R.R. Seletividade dos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon a espécies arbóreas nativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 251-257, 2009.
- COLE, D. J; CASELEY, J. C.; DODGE, A. D. Influence of glyphosate on selected plant process. **Weed Research**, Oxford, v. 23, p. 173-183, 1983.
- COSTA, A. C. P. R.; COSTA, N. V.; PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, D. Efeito da deriva simulada de glyphosate em diferentes partes da planta de *Eucalyptus grandis*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1663-1672, 2012.
- CRUZ, C. E. S. **Respostas morfoanatômicas e fisiológicas em *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) ao herbicida glifosato**. 2016. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-

graduação em Botânica, Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

DUARTE, M. R.; DRANKA, E. R. K.; YANO, M. Análise microscópica foliar de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam., Malvaceae). **Visão Acadêmica**, Curitiba, v.12, n.2, 2011.

FERREIRA, R. A.; DAVIDE, A. C.; ALCÂNTARA, E. N.; MOTTA, M. S. Efeito de herbicidas de pré-emergência sobre o desenvolvimento inicial de espécies arbóreas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.4, p.133-145, 2005.

FERREIRA, R. A.; SANTOS, P. L.; ARAGÃO, A. G.; SANTOS, T. I. S.; SANTOS NETO, E. M.; E REZENDE, A. M. S. Semeadura direta com espécies florestais na implantação de mata ciliar no Baixo São Francisco em Sergipe. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 37-46, 2009.

FREITAS-SILVA, L.; ARAÚJO, T. O.; SILVA, L. C.; OLIVEIRA, J. A.; ARAÚJO, J. M. Arsenic accumulation in Brassicaceae seedlings and its effects on growth and plant anatomy. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 124, 1-9. 2016.

GALLI, A. J. B. A molécula glyphosate e a agricultura brasileira. In: VELINI, E. D.; MESCHÉDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. (Org.). **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, p. 17-19. 2009.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523p.

JUNIOR, A. G. et al. Estudo morfo-anatômico das folhas e caule da *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma contribuição ao estudo farmacognóstico da droga vegetal. **Acta Farmacéutica Bonaerense**, v.24, n.3, p. 371-176, 2005.

KRAUS, J. E. & ARDUIN, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro, EDUR.

LEITE; S. M. M; SOUZA; E. F; SOUZA, K. F. Efeito de doses de glifosato associado à espalhante adesivo e sulfato de amônio no controle de capim pé-de-galinha e grama seda. **UNIMAR CIÊNCIAS**, v.23 n. (1-2). p.61-65, 2014.

LELES, P. S. S.; MACHADO, A. F. L.; SILVA, A. P.; SANTOS, F. A. M. Uso de herbicidas na restauração florestal. In: RESENDE, A. S.; LELES, P. S. S., Eds, **Controle de plantas daninhas em restauração florestal**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 45 – 61.

MACHADO, V. M.; SANTOS, J. B.; PEREIRA, I. M; LARA, R.O; CABRAL, C.M; AMARAL, C. S. Sensibilidade de mudas de espécies florestais nativas ao glyphosate. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, p. 1941-1951, 2013.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses**. Oxford: Clarendon, 1972.

MARTINS, C. R; VALL HAY, J. D; WALTER, B. M. T; PROENÇA, C. E. B; VIVALDI, L. J. O impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do cerrado sentido restrito. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 73-90, 2011.

NETO, R. M. R; OLIVEIRA, K. M; YAMASHITA, O. M; Deriva de sub-doses de glyphosate em plantas jovens de Varjão (*Parkia multijuga* Benth.). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. V.3 n.3. p. 7- 12. 2010.

PARROTTA, J. A; KNOWLES, O. H. Restoration of tropical moist forests on bauxitemined lands in the Brazilian Amazon. **Restoration Ecology**. v. 7, n. 2, p. 103-116. 1999.

- PIOTTO, F. A. **Avaliação de tolerância ao cádmio em tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.)**. 2012. 144 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Fisiologia Vegetal Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.
- QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 8 - 19, 2008.
- RODRIGUES, E. R.; MONTEIRO, R.; CULLEN JUNIOR, L. Dinâmica inicial da composição florística de uma área restaurada na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 853 - 861, 2010.
- SBCPD – SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina, 1995. 42p.
- SANT’ANNA-SANTOS, B. F.; DUQUE-BRASIL, R.; AZEVEDO, A. A.; SILVEIRA, A. S.; ARAÚJO, J. M.; AGUIAR, R. Utilização de parâmetros morfoanatômicos na análise da fitotoxidez do flúor em folhas de *Magnolia ovata* (A. St. Hil) Spreng. (Magnoliaceae). **Revista Árvore**, v.31, n. 4, p.761-771, 2007.
- SANTANA, B. V. N.; ARAÚJO, T. O.; ANDRADE, G. C.; FREITAS-SILVA, L.; KUKI, K. N.; PEREIRA, E. G.; AZEVEDO, A. A.; SILVA, L. C. Leaf morphoanatomy of species tolerant to excess iron and evaluation of their phytoextraction potential. **Environmental Science and Pollution Research**, 21, 2550-2562. 2014.
- SATCHIVI, N. M.; WAX, L. M.; STOLLER, E. W.; BRISKIN, D. P. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science**, v. 48, n. 6, p. 675-679, 2000.
- TUFFI SANTOS, L. D., SANTOS, M. V., FERREIRA, F. A., TIBURCIO, R. A. S., DUARTE, W. M., & FERREIRA, L. R. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 24, n. 2, p. 359-364, 2006.
- TUFFI SANTOS, L. D.; SANT’ANNA-SANTOS, B. F.; MEIRA, R. M. S. A.; FERREIRA, F. A.; TIBURCIO, R. A. S.; SILVA, E. F. S. Micromorfologia foliar na análise da fitotoxidez por glyphosate em *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, 27, 711-720. 2009.
- TUFFI SANTOS, L. D.; SANT’ANNA-SANTOS, B. F.; MEIRA, R. M. S. A.; TIBURCIO, R. A. S.; FERREIRA, F. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, E. F. S. Danos visuais e anatômicos causados pelo glyphosate em folhas de *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p. 9-16, 2008.
- TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; MEIRA, R. M. S. A.; BARROS, N. F.; FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2005.
- YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. **Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas**. INPI – International Plant Nutrition Institute, n.119, p. 1-32, 2007.
- YAMASHITA, O. M.; ORSI, J. V. N.; CAMPOS, O. R.; MENDONÇA, F. S.; RESENDE, D. D.; KAPPES, C.; GUIMARÃES, S. C. Tolerância de mudas de café conillon (*Coffea canephora*) a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Scientia Agraria**, v.10, n.2, p.169-174, 2009.