



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

O papel de *Urochloa brizantha* em áreas antropizadas no Cerrado

MARINA MORAIS MONTEIRO

Orientador:

Prof. Dr. Fábio Venturoli

Coorientadora:

Profa. Dra. Vladia Correchel

Goiânia, GO – Brasil
2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☐ Dissertação ☒ Tese

2. Nome completo do autor: Marina Morais Monteiro

3. Título do trabalho: O papel de *Urochloa brizantha* em áreas antropizadas no Cerrado

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **MARINA MORAIS MONTEIRO, Usuário Externo**, em 09/02/2022, às 12:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Fábio Venturoli, Professor do Magistério Superior**, em 14/02/2022, às 07:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2684393** e o código CRC **A2A81E84**.

Referência: Processo nº 23070.027754/2019-05

SEI nº 2684393

MARINA MORAIS MONTEIRO

O papel de *Urochloa brizantha* em áreas antropizadas no Cerrado

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.
Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador(a):

Prof. Dr. Fábio Venturoli

Coorientadora:

Profa. Dra. Vladia Correchel

Goiânia, GO – Brasil
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Monteiro, Marina Moraes

O papel de *Urochloa brizantha* em áreas antropizadas no
Cerrado [manuscrito] / Marina Moraes Monteiro. - 2019.
LXXV, 75 f.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Venturoli; co-orientadora Dra. Vladia
Correchel.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia,
2019.

Bibliografia.

Inclui siglas, mapas, fotografias, abreviaturas, símbolos, gráfico,
tabelas, algoritmos, lista de figuras, lista de tabelas.

1. restauração ecológica. 2. recuperação de áreas degradadas. 3.
combate à *Urochloa brizantha*. 4. coroamento em plantio de arbóreas
nativas. I. Venturoli, Fábio, orient. II. Título.

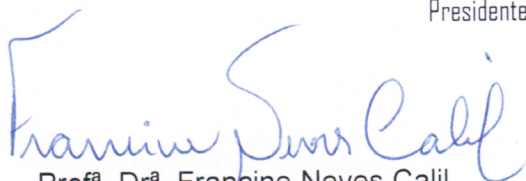
CDU 631/635

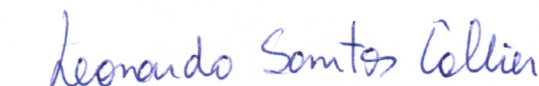


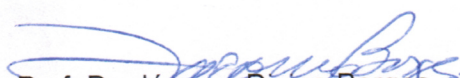
ATA DE DEFESA DE TESE

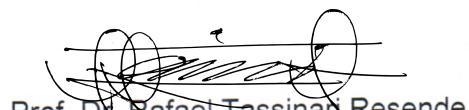
Aos doze dias do mês de setembro do ano de dois mil e dezenove (12.09.2019), às 14h00min, no auditório do setor de Melhoramento de Plantas, da Escola de Agronomia da UFG, reuniu-se a Banca Examinadora, composta pelos membros: Prof^a. Dr^a. Vladia Correchel - Coorientadora e Presidente da Banca, Prof^a. Dr^a. Francine Neves Calil, Prof. Dr. Leonardo Santos Collier, Prof. Dr. Jácomo Divino Borges e Prof. Dr. Rafael Tassinari Resende, para a realização da sessão pública da defesa de Tese intitulada: **“O papel de *Urochloa brizantha* em áreas antropizadas no Cerrado”**, de autoria de **Marina Moraes Monteiro**, discente do curso de **Doutorado**, na área de concentração em **Produção Vegetal**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG. A sessão foi aberta pela presidente, que fez a apresentação formal dos membros da Banca e deu início as atividades relativas à defesa da Tese. Passou a palavra a doutoranda que em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a exposição, a candidata foi arguida pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com a Resolução CEPEC 1403/2016, de 10 de junho de 2016 que regulamenta os Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu* na UFG, a Banca Examinadora considerou a Tese **“APROVADA”**, com as correções recomendadas, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOUTORA** em Agronomia, na área de concentração em **PRODUÇÃO VEGETAL**, pela Universidade Federal de Goiás. A doutoranda poderá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar nova versão eletrônica da Tese à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da Defesa. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa Tese, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de acatadas as modificações sugeridas. Para finalizar, a Presidente agradeceu os membros examinadores, congratulou-se com a doutoranda e encerrou a sessão às 18h57min, para constar, eu Welinton Barbosa Mota, secretário do PPGA, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora, em quatro vias de igual teor.


Prof^a. Dr^a. Vladia Correchel
Presidente da Banca - EA/UFG


Prof^a. Dr^a. Francine Neves Calil
Membro - EA/UFG


Prof. Dr. Leonardo Santos Collier
Membro - EA/UFG


Prof. Dr. Jácomo Divino Borges
Membro - EA/UFG


Prof. Dr. Rafael Tassinari Resende
Membro - EA/UFG

“It is not our abilities that show what we truly are, it is our choices”

Alvo Dumbledore

Agradecimentos

À Universidade Federal de Goiás, à Escola de Agronomia (EA) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de cursar o doutorado e por terem sido minha segunda casa durante esses anos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos.

Ao ProFloresta, ao Sindicato dos Docentes da Universidade Federal de Goiás (Adufg), ao Rotary Club de Goiânia, à Unimed de Goiânia, à EA e à Associação Ecológica Vale do Meia Ponte pela parceria no projeto de pesquisa.

Ao meu orientador, prof. Dr. Fábio Venturoli, por demonstrar confiança na minha capacidade de trabalho, por me guiar nessa jornada dentro da academia e por sempre se mostrar disponível para responder quaisquer dos meus questionamentos.

À minha coorientadora, profa. Dra. Vladia Correchel pela paciência em me explicar cada unidade, cada variável e processo da física do solo, pela capacidade em me encantar com essa ciência e pelas inúmeras vezes em que esteve presente para me ajudar.

Aos professores com os quais tive oportunidade de crescer profissionalmente ao longo desses anos. Em especial ao prof. Dr. Wilson Mozena pela parceria nas análises químicas, à profa. Dra. Gislene Auxiliadora pela encantadora paciência e disposição para os ensinamentos nas atividades de coleta em campo, e aos profs. Dr. Leonardo Collier e Dr. Rafael Tassinari e à profa. Dra. Francine Calil pela dedicação em me auxiliarem durante minhas dúvidas e dificuldades e por serem inspirações na minha carreira acadêmica.

À equipe do Laboratório de Análise de Solo e Foliar e do Laboratório de Física do Solo pelas análises das amostras de solos, principalmente à técnica Dra. Nara Rúbia pela dedicação e carinho com que recebeu a mim e às minhas amostras.

Aos meus colegas de laboratório pela companhia durante esses anos e por terem me proporcionado um ótimo ambiente de trabalho. Principalmente, àqueles que puderam acompanhar meu trabalho mais de perto, seja através das coletas em campo ou com conselhos e conversas de companheirismo: Renan Krupok, João Vitor Lima, Thamyres Abreu, Gabriel Santana, Jovan Martins, Indiara Nunes, Luanna Guimarães, Francisco Baccarin e Karolina Siqueira.

Ao técnico do nosso laboratório (Laboratório de Inventário Florestal), Guilherme Murilo de Oliveira, pelas incansáveis vezes em que esteve junto comigo desenvolvendo esse projeto.

Ao Lourenço dos Santos, colaborador do Viveiro Escola da Escola de Agronomia da UFG, sem o qual nenhuma das coletas desse trabalho teria sido possível, agradeço não somente pelo trabalho de campo como também por ter me proporcionado bons risos e descontração durante o cansaço do trabalho prático.

Ao colega Lucas Lemes pela dedicação com os mapas apresentados neste trabalho e pela paciência em me explicar aspectos sobre o processamento de imagens.

Ao secretário do PPGA Wellington Mota pela paciência e dedicação em acompanhar os alunos da pós-graduação durante toda essa jornada.

Ao meu inesquecível amigo Carlos de Melo pelos diversos conselhos profissionais e pessoais.

Aos meus amados amigos Elisa Barreto e Pedro Henrique Braga pelo amor e companheirismo, científico e pessoal, e pelas diversas ajudas com busca de referências bibliográficas.

Ao meu amado tio Jamil Macêdo que de qualquer lugar do mundo e a qualquer hora sempre esteve pronto para me ajudar com dúvidas agronômicas.

Por fim e com o coração cheio de felicidade, agradeço à toda minha família por terem me proporcionado, durante todos esses anos, o melhor ambiente que um estudante de doutorado pode querer, cheio de compreensão, orgulho e muito amor. Em especial agradeço aos meus pais, Marinondes e Nilva, aos meus irmãos Mariana e Murilo e ao meu namorado Vitor pelos inúmeros privilégios que sempre me ofereceram. Ao lado de vocês, cresci e fiz as escolhas que hoje me completam.

Sem vocês eu não teria chegado até aqui.

A todos ofereço os meus mais sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

1. COBERTURA DO SOLO E PRÓPRIEDADES EDÁFICAS CORRELACIONADAS À AMBIENTES COM DIFERENTES USOS E NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO	12
1.1 INTRODUÇÃO.....	12
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
1.2.1 Caracterização da área de estudo	14
1.2.2. Delineamento experimental	20
1.2.3. Coleta de dados para caracterização da cobertura do solo	20
1.2.4. Coleta de dados para caracterização química do solo	21
1.2.5. Coleta de dados para caracterização física do solo	22
1.2.7. Análise estatística.....	26
1.3. RESULTADOS	27
1.3.1. Caracterização da cobertura do solo	27
1.3.2. Caracterização química do solo.....	28
1.3.3. Caracterização física do solo	29
1.3.4. Correlação entre atributos físicos do solo e cobertura do solo.....	31
1.4. DISCUSSÃO	33
1.4.1. Correlação entre física do solo e cobertura do solo.....	33
1.4.2 Implicações para intervenções futuras	36
1.5. CONCLUSÕES	38
2. USO DE LONA COMO MÉTODO DE CONTROLE À <i>Urochloa brizantha</i> EM COROAMENTO DE PLANTIO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NO CERRADO	39
2.1. INTRODUÇÃO.....	39
2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.2.1. Caracterização da área de estudos.....	44
2.2.2. Delineamento experimental	45
2.2.3. Coleta de dados para caracterização da cobertura do solo	46
2.2.4. Coleta de dados de mortalidade e crescimento	48
2.2.5. Coleta de dados para caracterização física do solo	48
2.2.6. Análise estatística.....	49
2.3. RESULTADOS	50
2.3.1. Caracterização da cobertura do solo, crescimento e mortalidade	50

2.3.2. Caracterização física do solo	51
2.3.3. Correlação entre mortalidade, crescimento, cobertura do solo e física do solo	53
2.4. DISCUSSÃO	55
2.4.1. Aspectos sobre a cobertura do solo	55
2.4.2. Aspectos sobre o crescimento e mortalidade de <i>Anadenanthera colubrina</i>	57
2.4.3. Aspectos sobre a física do solo	59
2.5 Implicações para intervenções futuras	61
2.6. CONCLUSÕES	62
CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ambientes da área de estudo com suas respectivas ocupações do solo, tamanhos e siglas utilizadas para estudo de manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás 16

Tabela 2 – Lista de espécies nativas utilizadas no ambiente segundo plantio (2PL) para estudo de manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás 19

Tabela 3 – Teores das propriedades químicas do solo e granulometria de amostras de Latossolo Vermelho, coletadas de 0 a 20 cm de profundidade, nos cinco ambientes de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás 28

Tabela 4 – Medianas das propriedades físicas do solo com seus respectivos valores de variância e desvio padrão de amostras de Latossolo Vermelho, coletadas de 0 a 20 cm de profundidade para os dados de Ksat, U, Ds, e PT de 0 a 10 cm de profundidade para os dados de %>2, DMG e DMP, em quatro ambientes da área de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás 29

Tabela 5 – Medianas das propriedades físicas do solo com seus respectivos valores de variância e desvio padrão de amostras de Latossolo Vermelho, coletadas de 0 a 20 cm de profundidade para os dados de Ksat, U, Ds, e PT de 0 a 10 cm de profundidade para os dados de %>2, DMG e DMP, nos grupos controle e tratamento de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás 52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem de satélite indicando a localização da área de estudo e destacando, em polígonos com contorno amarelo, cada um dos cinco ambientes, remanescente de Mata Seca; pasto com *U. brizantha*; área em regeneração natural de vegetação; plantio de arbóreas nativas com 10 meses de idade e plantio de arbóreas nativas com 10 anos de idade, da área de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás (Fonte: Bing satélite, junho de 2018), (A). Imagens de satélites capturadas em três diferentes anos, 1986, 1996 e 2019 para demonstrar a mudança do uso do solo ao longo desse período. Os polígonos com contorno amarelo indicam cada um dos cinco ambientes da área de estudado para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás (Fonte: satélite Landsat 5 para as imagens de Julho de 1986 e julho de 1996 e satélite Sentinel-2 para a imagem de julho de 2019). Os tons de rosa e vermelho indicam vegetação nativa, sendo que quanto mais escuro é o tom, mais adensada é a vegetação e tons de verde indicam áreas agropecuárias (B)..... 14

Figura 2: Registro fotográfico da região da Lagoa Vargem Bonita, em outubro de 2018, demonstrando a escassez de água, para estudo de manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás com visão do volume de água encontrado nessa data (A) e visão geral do ponto mais baixo do terreno da Lagoa Vargem Bonita (B)..... 15

Figura 3: Registro fotográfico dos cinco ambientes, NA (A) (dezembro de 2018), PST (B) (abril de 2018), RN (C.1, C.2, C.3) (dezembro de 2018), 1PL (D.1, D.2) (outubro de 2018) e 2PL (E) (março de 2018), para estudo de manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás)..... 18

Figura 4: Registros fotográficos do processo de coleta de dados de cobertura do solo para estudo de manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás, com o uso de gabarito com dimensões destacadas em amarelo, representando cobertura do solo com 9% de regenerantes 4% de solo exposto e 87% de serapilheira (A), através da contagem visual dos quadriláteros do gabarito (B), (setembro de 2018). 21

Figura 5: Registros fotográficos dos procedimentos de coleta de amostras indeformadas, retirada do material orgânico vivo e morto sob o solo (A), uso de trado de caneco (B), retirada do anel volumétrico de alumínio do trado (C), anel volumétrico com amostra indeformada de solo (D), preparo de monolito com 10 cm de profundidade (E), monolito coletado com 13 cm de altura (F), (outubro de 2018). 23

Figura 6: *Boxplot* de porcentagem das categorias de cobertura do solo nos cinco ambientes da área de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás. 27

Figura 7: Gráfico em barras demonstrando a distribuição entre as três classes porosidade do solo, macroporos (Ma), mesoporos (Me) e microporos (Mi) nos quatro ambientes, pasto (PST), primeiro plantio (1PL), segundo plantio (2PL) e regeneração natural (RN) de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.....30

Figura 8: Diagrama de ordenação resultante da Análise de Componentes Principais envolvendo os atributos da física do solo, as categorias de cobertura do solo e os ambientes da área de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás. 32

Figura 9: Registro fotográfico de lona plástica, com 1m², recém-instalada na região do coroamento de muda arbórea nativa do Cerrado (A), deposição de terra sob a lona recém-instalada para fixação da mesma ao solo (B) e muda de arbórea nativa do Cerrado em plantio para recuperação de área degradada com lona sob a região do coroamento com terra cobrindo parte da lona, representando grupo tratamento (C). 46

Figura 10: Registro fotográfico da coleta de dados de porcentagem de *U. brizantha* na região do coroamento, do lado direito, de indivíduo do grupo controle, no período de seca (A) e coleta de amostra indeformada de solo na região do coroamento de indivíduo do grupo tratamento (B).. 47

Figura 11: *Boxplot* das porcentagens de incremento mediano em altura (I.H) e em diâmetro à altura do coleto (I.DAC), de capim braquiário (*Urochloa brizantha*) nos períodos de seca (BRAQ.SC) e de chuva (BRAQ.CH) para os grupos controle e tratamento de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás. 50

Figura 12: Diagrama das medidas de diâmetro à altura do coleto (mm) (A) e de altura (cm) (B) de *Anadenanthera colubrina* aos 13 meses pós plantio, no grupo controle e grupo tratamento de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás. .. 51

Figura 13: Gráfico em barras demonstrando a distribuição entre as três classes porosidade do solo, macroporos (Ma), mesoporos (Me) e microporos (Mi) no grupo controle e tratamento de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás .. 53.

Figura 14: Diagrama resultante da Análise de Componentes Principais envolvendo as propriedades físicas do solo, mortalidade (M), incremento mediano em altura (I.H) e em diâmetro à altura do coleto (I.DAC) das mudas, e os índices de capim braquiário (*Urochloa brizantha*) nos períodos de seca (BRAQ.SC) e de chuva (BRAQ.CH) para os grupos controle e tratamento em estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás. 54

Figura 15: Registros fotográficos durante o processo de coleta de cobertura do solo em outubro de 2018 destacando a ausência de *Urochloa brizantha* de baixo da lona, na região do coroamento de indivíduo do grupo tratamento (A), presença de *U. brizantha* na fenda central da lona depositada na região do coroamento de indivíduo do grupo tratamento (B) e ausência de *U. brizantha* na fenda central da lona depositada na região do coroamento de indivíduo do grupo tratamento (C) em estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás 57

RESUMO

O PAPEL DE *Urochloa brizantha* EM ÁREAS ANTROPIZADAS NO CERRADO

MONTEIRO, M. M. O papel de *Urochloa brizantha* em áreas antropizadas no Cerrado. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019. ¹

Espécies invasoras estão entre as principais causas de degradação ecológica mundial. Quando a invasão ocorre em *hotspots*, como o bioma Cerrado, o agravante da presença dessas espécies se torna ainda mais preocupante. No Cerrado, as gramíneas africanas, principalmente do gênero *Urochloa*, inicialmente introduzidas com finalidade pecuarista, se tornaram um entrave para a restauração ecológica nas últimas décadas, devido à competição agressiva com plantas nativas. Essas espécies tendem a ocupar o solo de maneira persistente, atuando como barreira para a regeneração natural e para outros meios de recuperação de áreas degradadas, como o plantio de arbóreas nativas, por exemplo. Por isso, o controle dessas gramíneas exóticas se mostra essencial para o retorno e manutenção do equilíbrio ecológico em áreas degradadas no Cerrado. Diante disso, o entendimento da relação dessas gramíneas com aspectos edáficos de ambientes degradados e o desenvolvimento de técnicas que otimizem os processos de restauração ecológica podem atuar favorecendo a sucessão ecológica e a transposição da barreira imposta por essas plantas invasoras. Por isso, o presente trabalho objetivou estabelecer correlações entre a cobertura do solo, aspectos físicos do solo e seus ambientes, sendo que esses ambientes apresentam diferentes níveis de degradação ecológica com ocorrência da gramínea africana *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D.Webster. Paralelamente, em um desses ambientes, testou-se a efetividade do uso de lona plástica de poliestireno para o combate à *U. brizantha* na região do coroamento de espécie arbórea em plantio para recuperação de área degradada. A área de estudos (16°33'26,5''S; 49°17'25,7''W) tem ambientes alocados em propriedade rural particular e em fragmento vegetal adjacente a essa mesma propriedade, no município de Goiânia, estado de Goiás, Brasil. Originalmente, a área compunha o bioma Cerrado, mas atualmente está dividida em cinco ambientes de diferentes usos de solo: 21 ha de Mata Seca remanescente, 10 ha de pasto com *U. brizantha* (capim braquiário), 6 ha em processo de regeneração natural de vegetação nativa há 15 anos, 2,5 ha de plantio de arbóreas nativas com 10 meses de idade e dois ha de plantio de arbóreas nativas com 10 anos de idade. Os dados de cobertura do solo foram coletados com o auxílio de gabarito de 40 cm x 60 cm, que foi lançado, aleatoriamente, 30 vezes em cada ambiente. Através do gabarito foi contabilizada a porcentagem do solo ocupada por *U. brizantha*, espécies nativas regenerantes, solo exposto e serapilheira. Para a análise de solo coletou-se, na camada de 0 a 20 cm amostras deformadas para a caracterização química do solo e indeformadas para a física do solo. Para o teste com a lona, no ambiente de plantio de arbóreas nativas com 10 meses, selecionou-se a espécie

com maior número de indivíduos (421), *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. Em 30 indivíduos foi alocada, na região do coroamento das mudas, um fragmento de lona plástica de poliestireno com 1m² e foram coletados dados de sobrevivência e crescimento das mudas contabilizando-se o número de indivíduos que permaneciam vivos ao longo do tempo e medindo as suas alturas (H) e diâmetros de coleto (DAC), respectivamente. As coletas de H e DAC foram feitas em dois períodos, o primeiro cinco meses após o plantio e o segundo 13 meses após o plantio. Os dados de mortalidade foram coletados aos 13 meses após o plantio. Todos os dados foram submetidos à análises multivariadas, a primeira correlacionando os aspectos físicos edáficos e a cobertura do solo com os ambientes e a segunda correlacionando a sobrevivência e o crescimento das mudas com o uso da lona plástica com a porcentagem de *U.brizantha* na região do coroamento das mudas de *A. colubrina* e com a sobrevivência e o crescimento das mudas de *A. colubrina*. Na primeira análise percebeu-se que os ambientes do estudo se diferenciam mais entre si devido à cobertura do solo do que devido aos aspectos físicos do solo mas que a umidade do solo e a condutividade hidráulica do solo saturado são as propriedades físicas que mais diferenciam o ambiente em regeneração natural dos demais. Na segunda análise, para o teste com a lona, concluiu-se que o efeito do uso da lona na região do coroamento das mudas de *A. colubrina* foi suficiente para eliminar *U.brizantha* dessa região, não influenciou na taxa de mortalidade e de incrementos em altura e em diâmetro à altura do coleto de *A. colubrina* e foi mais acentuado no período chuvoso do que no período de seca.

Palavras-chave: restauração ecológica, recuperação de áreas degradadas, combate à *Urochloa brizantha*, coroamento em plantio de arbóreas nativas.

¹Orientador: Prof. Dr. Fábio Venturoli. EA-UFG. Coorientadora: Profa. Dr^a Vladia Correchel. EA-UFG

Abstract

THE ROLE OF *Urochloa brizantha* IN ANTHROPPED AREAS IN THE BRAZILIAN SAVANNA

MONTEIRO, M. M. The role of *Urochloa brizantha* in anthropped areas in the Cerrado. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019. 1

Invasive species are among the leading causes of global ecological degradation. When invasion occurs in *hotspots*, such as the Brazilian Savanna, the Cerrado biome, the aggravation of the presence of these species becomes even more worrying. In the Cerrado, african grasses, mainly of the genus *Urochloa*, initially introduced for livestock purposes, have become a barrier to ecological restoration in recent decades. Due to aggressive competition with native plants, these species tend to occupy the ground persistently, acting as a barrier to natural regeneration and other means of restoration of degraded areas, such as planting native trees. Therefore, the control of these exotic grasses is essential for the return and maintenance of ecological balance in degraded areas in the Cerrado. Thus, the understanding of the relationship of these grasses with soil aspects of degraded environments and the development of techniques that optimize the ecological restoration processes can act favoring the ecological succession and the barrier transposition imposed by these invasive plants. Therefore, the present work aimed to establish correlations between ground cover, soil physicochemical aspects and the environments in which it occurs, and these environments present different levels of ecological degradation with the occurrence of african grass *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D.Webster. At the same time, in one of these environments, we tested the effectiveness of using polystyrene plastic tarpaulin to fray *U.brizantha* in the crowning region of tree species in planting to recover degraded area. The study area (16°33'26,5"S; 49°17'25,7"W) has environments allocated in a private rural property and in a vegetation fragment adjacent to the same property, in the municipality of Goiânia, Goiás state, Brazil. Originally, the area was part of the Cerrado biome, but it is currently divided into five different land use environments: 21 ha of remaining Mata Seca, 10 ha of grass with *U.brizantha* (*Braquiarão*), 6 ha in natural regeneration process of native vegetation for 15 years, 2.5 ha of 10-month-old native tree planting and two ha of 10-year-old native tree planting. Ground cover data were collected with the assist of a 40 cm x 60 cm template, which was randomly launched 30 times in each environment. Through the template the percentage of ground occupied by *U. brizantha*, native regenerating species, exposed ground and litter was accounted. For soil analysis, deformed samples were collected from 0 to 20 cm for soil chemistry description and undisturbed for soil physics. For the tarpaulin test, in the 10-month-old native tree planting environment, the species with the largest number of individuals (421), *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, was selected and a fragment of 1m² polystyrene plastic tarpaulin was allocated to 30 seedlings crown region's. The seedling survival and growth data were collected by counting the number of individuals remaining alive over time and measuring their seedlings. heights (H) and collection diameters (DC), respectively. H and DC were collected in two periods, the first, five months after planting and the second 13 months after planting. Mortality data were collected at 13 months after planting. All data were submitted to multivariate analysis, the first correlating the physical soil characteristics and the ground cover with the environments and the second correlating the survival and growth of the seedlings with the percentage of *U. brizantha* in the

crowning region of *A. colubrina* seedlings with the use of plastic tarpaulin. In the first analysis it was noticed that the study environments differ more due to the ground cover than the physical aspects of the soil but that the soil moisture and the hydraulic conductivity of the saturated soil are the physical properties that most differentiating the environment in natural regeneration of the others. In the second analysis, for the tarpaulin test, it was concluded that the effect of tarpaulin use on the crown region of *A. colubrina* seedlings was sufficient to eliminate *U. brizantha* from this region, not influencing the mortality and incremental rate. in H and CD of the *A. colubrina* and was more pronounced in the rainy season than in the dry season.

Keywords: ecological restoration, recovery of degraded areas, fray of *Urochloa brizantha*, crowning in native tree planting.

¹ Advisor: Prof. Dr. Fábio Venturoli. EA-UFG. Co Advisor: Profa. Dr^a Vladia Correchel. EA-UFG

1. COBERTURA DO SOLO E PROPRIEDADES EDÁFICAS CORRELACIONADAS À AMBIENTES COM DIFERENTES USOS E NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

1.1 INTRODUÇÃO

O Cerrado, segundo maior bioma brasileiro, impõe relevância ecológica por possuir elevadas taxas de riqueza; diversidade de espécies e endemismo e por abrigar as principais bacias hidrográficas do país, sendo reconhecido como a savana mais rica do mundo (RIBEIRO & WALTER, 2008). Para as plantas angiospermas, por exemplo, já se estimou que o Cerrado abrigue 12.097 espécies das quais 4.252 são endêmicas (ZAPPI et al., 2015). Porém, desde a década de 70, a fronteira agropecuária vem desmatando a vegetação nativa do Cerrado (KLINK & MACHADO, 2005), chegando ao ponto de a atividade pecuarista ser a principal forma de ocupação neste bioma (SANO et al., 2008). Apesar de ser determinante para a geração de empregos e renda, a agropecuária promove também a progressiva perda das fisionomias naturais (SANO et al., 2008). A perda dessa cobertura vegetal aliada ao alto valor de diversidade e endemismo biológico colocou o Cerrado na lista dos *hotspot* mundiais de diversidade (MYERS et al., 2000; MITTERMEIER et al., 2005), alertando-nos para a urgente necessidade de conservação e recuperação do Cerrado.

Para que essa recuperação de áreas degradadas seja alcançada, pode-se utilizar diversas técnicas, desde as mais simples, como o isolamento da área com cerca (para áreas perturbadas) (NASCIMENTO et al., 2015), até as mais dispendiosas, como o plantio de mudas de espécies nativas (CAMPOS-FILHO et al., 2015). Porém, por, na maioria das vezes, além de envolver processos dispendiosos e lentos, a recuperação ecológica nem sempre é conduzida da melhor forma, não atingindo o almejado equilíbrio ecológico (DE-GROOT et al., 2013; STAPE et al., 2015; MELI et al., 2017b).

No caso dos plantios de mudas de espécies nativas, a fase da manutenção, por exemplo, demanda da parte antrópica, dedicação e investimentos que costumam ser determinantes para que ocorra a planejada autonomia do processo de sucessão (STAPE et al., 2015; SUGANUMA et al., 2018). No Cerrado, essa fase, frequentemente, envolve o controle de gramíneas exóticas como os capins *Urochloa* sp. Essas gramíneas possuem potencial invasor e, através de sua alta produtividade de biomassa e dispersão de sementes competem agressivamente com as espécies nativas e formam uma das principais barreiras

biológicas para a restauração ecológica (WILLOUGHBY & JINKS, 2009; ORTEGA-PIECK et al., 2011; CÉSAR et al., 2014; COUTINHO et al., 2019). Como destaque entre as limitações que as gramíneas invasoras impõem para a sucessão ecológica está o desenvolvimento da regeneração natural, componente sem o qual o ecossistema não se mantém naturalmente ao longo do tempo, devido aos ciclos biológicos intrínsecos da vegetação (CÉSAR et al., 2014; SUGANUMA et al., 2014).

Para que o ambiente esteja em equilíbrio ecológico é necessário levar em conta não somente os aspectos acima do solo, como também, os nutrientes, estruturas e organismos abaixo dele, pois, frequentemente, áreas em que a vegetação natural está degradada também apresentam solo degradado (CHAZDON, 2008; CÉSAR et al., 2013). A degradação do solo pode ser caracterizada, por exemplo, no aspecto químico, pela escassez de nutrientes, no físico pela compactação ou desequilíbrio nos ciclos de umidificação e secagem e, no biológico, pela baixa diversidade e riqueza de organismos edáficos (CARNEVELE & MONTAGNINI, 2002). Uma das condições em que o solo é considerado degradado é quando está exposto, no qual nenhuma cobertura vegetal, viva ou morta, encontra-se sobre a superfície, permitindo que a radiação solar atinja o solo diretamente, elevando a temperatura do mesmo e desencadeando o desequilíbrio edáfico que, conseqüentemente, afeta negativamente as plantas que tentarem se desenvolver nesse solo (CARNEVELE & MONTAGNINI, 2002; WILLOUGHBY & JINKS, 2009).

Portanto, o equilíbrio ecológico almejado, em grande parte dos projetos de restauração e recuperação ecológica, deve ser conduzido de acordo com as necessidades que o nível de degradação do ambiente demanda, seja abaixo ou acima do solo. Por isso, o objetivo deste trabalho foi verificar e estabelecer correlação entre o tipo de cobertura do solo, aspectos físicos desse solo e os ambientes em que o mesmo ocorre, considerando que esses ambientes apresentam diferentes níveis de degradação ecológica.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo ($16^{\circ}33'26,5''\text{S}$; $49^{\circ}17'25,7''\text{W}$) localiza-se na região denominada Sítios de Recreio Mansões do Campus, no município de Goiânia, estado de Goiás, Brasil (Figura 1A).

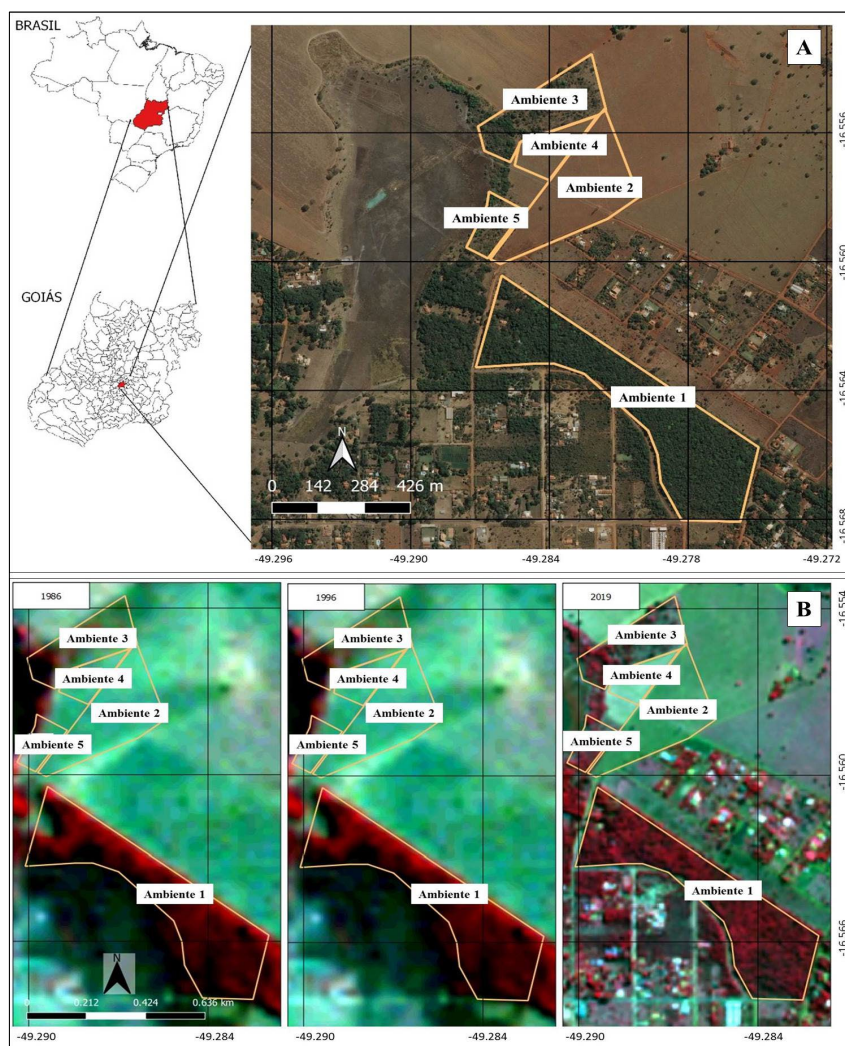


Figura 1: Imagem de satélite indicando a localização da área de estudo e destacando, em polígonos com contorno amarelo, cada um dos cinco ambientes, remanescente de Mata Seca; pasto com *U. brizantha*; área em regeneração natural de vegetação; plantio de arbóreas nativas com 10 meses de idade e plantio de arbóreas nativas com 10 anos de idade, da área de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás (Fonte: Bing satélite, junho de 2018), (A). Imagens de satélites capturadas em três diferentes anos, 1986, 1996 e 2019 para demonstrar a mudança do uso do solo ao longo desse período. Os polígonos com contorno amarelo indicam cada um dos cinco ambientes da área de estudado para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás (Fonte: satélite Landsat 5 para as imagens de Julho de 1986 e julho de 1996 e satélite Sentinel-2 para a imagem de julho de 2019). Os tons de rosa e vermelho indicam vegetação nativa, sendo que quanto mais escuro é o tom, mais adensada é a vegetação e tons de verde indicam áreas agropecuárias (B).

A vegetação dessa região era, originalmente, classificada como pertencente à fitofisionomia de Mata Seca do bioma Cerrado, mas ao longo dos anos, a atividade antrópica vem modificando a paisagem do entorno. Durante a década de 1960, a antropização se deu através de desmatamento, instalação de propriedade rural e conversão de uso do solo para atividade agropecuária. Mas, nas últimas décadas, a antropização por urbanização vem, gradativamente, ocupando a paisagem da circunvizinhança e, atualmente, é possível caracterizar a região como área de transição entre residências e propriedades de atividade agropecuária (Figura 1B). O solo local é classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2013) e a altitude média é de 768 m. O clima da região é do tipo Aw, segundo o sistema de classificação climática de Köppen, com acentuada sazonalidade, com seis meses de seca (de abril a setembro) e seis meses de chuva (de outubro a março) (MARCUIZZO et al., 2012).



Figura 2: Registro fotográfico da região da Lagoa Vargem Bonita, em outubro de 2018, demonstrando a escassez de água, para estudo de manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás com visão do volume de água encontrado nessa data (A) e visão geral do ponto mais baixo do terreno da Lagoa Vargem Bonita (B).

Ainda nessa região, encontra-se um corpo d'água, localmente denominado Lagoa Vargem Bonita. Essa lagoa já foi utilizada pela população local como meio de abastecimento de água e zona de lazer. Porém, ao longo da última década, possivelmente

devido à captação e uso irregular, o volume de água da Lagoa Vargem Bonita foi reduzindo até chegar ao seu atual esgotamento quase completo (Figura 2).

Para o presente estudo, foram selecionados cinco ambientes (Figura 1), quatro deles dentro de uma propriedade particular, de atividade agropecuária, que faz fronteira com a margem leste da Lagoa Vargem Bonita. Esses 4 ambientes apresentam diferentes usos de solo, e foram denominados como: “ambiente pasto com *Urochloa brizantha*” (Hochst. ex A. Rich.) R.D.Webster. (capim braquiário), “ambiente regeneração natural de vegetação nativa”, “ambiente plantio de arbóreas nativas com 10 meses de idade” e “ambiente plantio de arbóreas nativas com 10 anos de idade”. Para melhor efeito de redação denominou-se de primeiro plantio aquele com 10 anos de idade e de segundo plantio o com 10 meses de idade. Para compor o quinto ambiente, que atua como parâmetro de comparação, estabeleceu-se como grupo controle, um fragmento de vegetação nativa remanescente que é de domínio municipal e que também faz fronteira com a propriedade particular supracitada (Tabela 1, Figura 1).

Tabela 1 – Ambientes da área de estudo com suas respectivas ocupações do solo, tamanhos e siglas utilizadas para estudo de manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

Ambiente	Uso do solo	Tamanho (ha)	Siglas
1 Remanescente	Vegetação nativa antropizada – Mata Seca	21	NA
2 Pasto	<i>Urochloa brizantha</i>	10	PST
3 Regeneração Natural	Vegetação nativa e <i>U.brizantha</i>	6	RN
4 2º Plantio – nativas	Arbóreas de 10 meses de plantio e <i>U.brizantha</i>	2,5	2PL
5 1º Plantio – nativas	Arbóreas de 10 anos de plantio e <i>U.brizantha</i>	2	1PL

O ambiente um (Figura 3A), o fragmento de vegetação nativa remanescente, apresenta fitofisionomia de Mata Seca e tem seu ponto central distante 800 m do ponto central do grupo dos outros ambientes selecionados, pertencentes à propriedade particular. Apesar de não conter atividade antrópica em seu interior, esse remanescente encontra-se inserido em paisagem antropizada (Figura 1).

O ambiente dois (Figura 3B) é composto por pastagem coberta pela forrageira *U.brizantha*. Pelo menos durante os últimos cinco anos, essa pastagem, que possivelmente foi formada na década de 1960, não recebeu manutenção e alocou bovinos esporadicamente, com cerca de uma cabeça por hectare. Atualmente, esse ambiente

permanece sem pastoreio de bovinos pela maior parte do ano (informação relatada pelo proprietário e confirmada em campo durante o período do estudo aqui descrito)

O ambiente três (Figura 3C.1, 3C.2 e 3C.3), trecho em regeneração natural, foi cercado no ano de 2004. Através de imagens de satélite, notou-se que, anteriormente a essa data, a área apresentava indivíduos arbóreos adultos remanescentes de vegetação natural, espaçados uns dos outros, sub-bosque ocupado por *U.brizantha* e permanecia conectada ao pasto, com livre acesso dos bovinos. Ainda por meio de imagens de satélite, percebeu-se que desde a instalação da cerca, em 2004, a regeneração natural vem se desenvolvendo, aumentando, gradativamente, a abundância de espécies nativas nesse ambiente. Atualmente, o sub-bosque do ambiente três ainda contém *U.brizantha*, mas também apresenta indivíduos regenerantes nativos (Figura 3C.3).

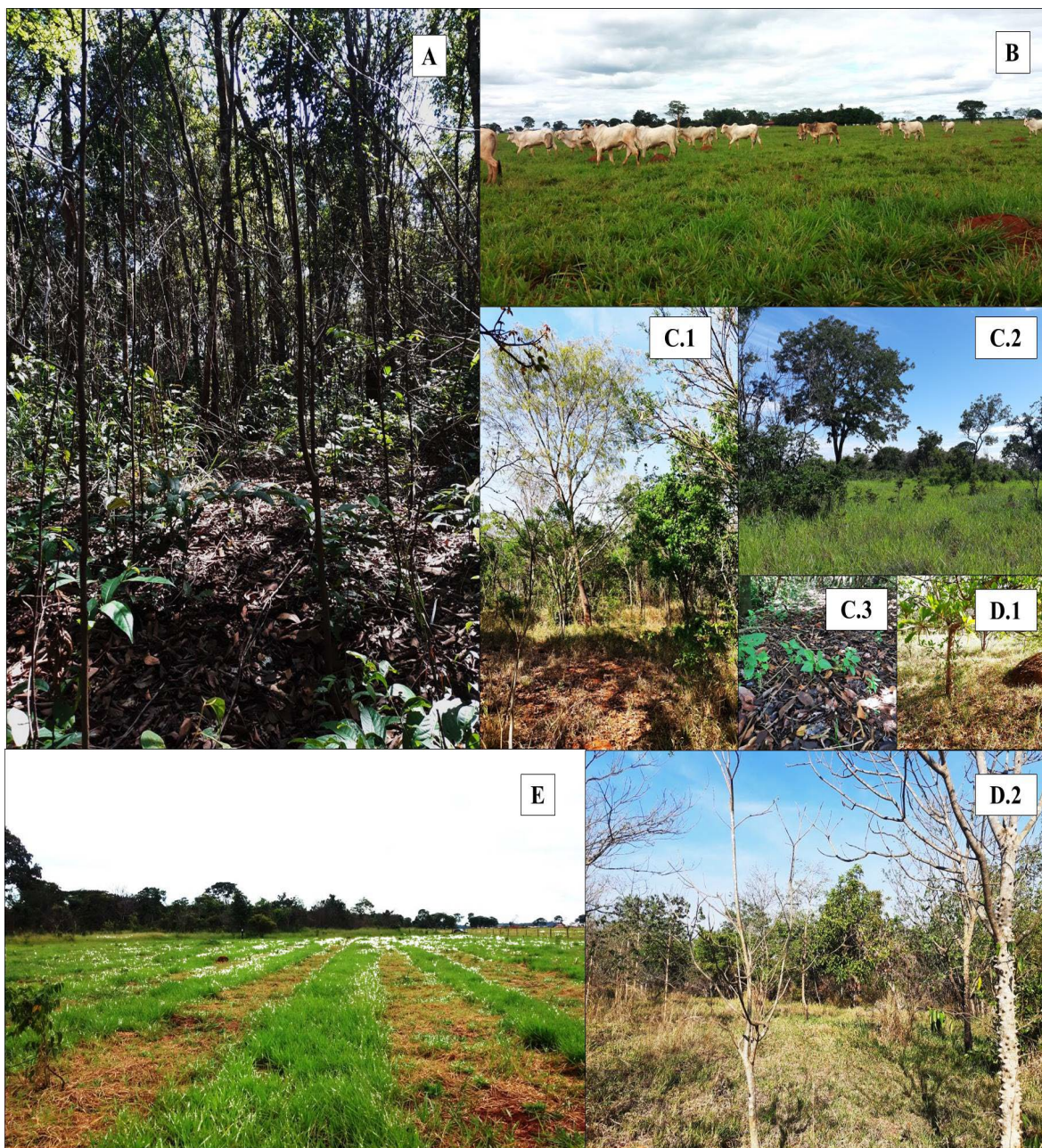


Figura 3: Registro fotográfico dos cinco ambientes, NA (A) (dezembro de 2018), PST (B) (abril de 2018), RN (C.1, C.2, C.3) (dezembro de 2018), 1PL (D.1, D.2) (outubro de 2018) e 2PL (E) (março de 2018), para estudo de manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

* NA = nativa antropizada, PST = pasto, RN = nativa em regeneração natural, 1PL = primeiro plantio, 2PL = segundo plantio.

O ambiente quatro (Figura 3D.1 e 3D.2), a área do segundo plantio (2PL), anteriormente era destinada à pastagem e já havia recebido um plantio de arbóreas nativas previamente a este trabalho, durante o período chuvoso de 2016 (informação relatada pelo proprietário). Mas, esse plantio não se desenvolveu devido à ocorrência de fogo no período de seca do mesmo ano. Em dezembro de 2017 essa mesma área foi cercada para impedir o acesso dos bovinos e prevenir o pisoteamento das mudas pelos mesmos. Em seguida, foi

feita a preparação da área através de roçagem com trator e abertura de covas de plantio de 30 cm de profundidade e 25 cm de diâmetro, com uso de perfurador de solo no espaçamento 3,5 m x 3,5 m. Em cada cova foram incorporados 200g de NPK (5-25-15) e mudas de 13 espécies arbóreas nativas do Cerrado foram distribuídas por essas covas. Diferentes quantidades de indivíduos por espécies foram utilizadas, porém certificando-se o mínimo de 40 por espécie (Tabela 2), totalizando 1119 mudas plantadas aleatoriamente na área.

Após o plantio, o coroamento das mudas foi feito em área circular, com diâmetro de 1,30 m, removendo-se todas as gramíneas com auxílio de enxada. Passados 30 e 60 dias após o plantio realizou-se roçagem com roçadeira costal na região entre as mudas, que corresponde à área dentro da linha de plantio onde nenhuma muda foi alocada e não foi feito coroamento. Cinco meses após o plantio, conduziu-se a adubação de cobertura com NPK (20-0-20), depositando 180g do adubo sobre o solo, na área de coroamento, de cada indivíduo.

Tabela 2 – Lista de espécies nativas utilizadas no ambiente segundo plantio (2PL) para estudo de manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

Nome Científico	Nome Popular	Família	Nº indiv.
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico Branco	Fabaceae Lindl.	421
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	Rubiaceae Juss.	106
<i>Enterolobium</i> sp.	Tamboril	Fabaceae Lindl.	89
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Embaúba	Urticaceae Juss.	68
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Jerivá	Arecaceae Schultz Sch.	66
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira Comum	Anacardiaceae R.Br.	62
<i>Physocalymma scaberrimum</i> Pohl	Cega-machado	Lythraceae J.St.-Hil.	51
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê Branco	Bignoniaceae Juss.	47
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	Fabaceae Lindl.	45
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	Peroba Rosa	Apocynaceae Juss.	42
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A.DC.	Jaracatiá	Caricaceae Dumort.	41
<i>Psidium</i> sp.	Araçá	Myrtaceae Juss.	41
<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	Chichá do Cerrado	Malvaceae Juss.	40

* Nº indiv.= número de indivíduos plantados no ambiente do segundo plantio.

O ambiente cinco (Figura 3E), área do primeiro plantio (1PL), também fora previamente utilizado para pastagem e também recebeu plantio de arbóreas nativas. Esse plantio foi realizado em 2008, de forma aleatória, às margens Lagoa Vargem Bonita, com o intuito de recuperação de mata ciliar, uma vez que esse fragmento compõe área de preservação permanente (APP), inserido em zona urbana. Desde então, a área 1PL não recebeu controle de gramíneas invasoras, mas permanece sem acesso para os bovinos, com

a presença de indivíduos arbóreos adultos advindos do plantio e com sub-bosque dominado por *U.brizantha*.

1.2.2. Delineamento experimental

Dentro dos ambientes selecionados, o presente trabalho estudou a cobertura do solo e propriedades físicas do solo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em que cada um dos ambientes representa um bloco, totalizando cinco blocos. Em todas as coletas de todos os blocos, a aleatorização foi realizada certificando-se que nenhuma amostra fosse tomada nos primeiros 30 metros ao redor de cada bloco, para se evitar o efeito de borda.

As coletas para cobertura do solo foram realizadas em todos os cinco ambientes, com 30 repetições. Enquanto as amostras para física do solo foram coletadas em quatro ambientes, PST, RN, 2PL e 1PL, com três repetições para amostras coletadas em anéis volumétricos e uma amostra por ambiente para as coletadas em monolito. Também se coletou amostras deformadas de solo, nos cinco ambientes, para fins de caracterização química.

1.2.3. Coleta de dados para caracterização da cobertura do solo

Para estimar-se a cobertura do solo, foi utilizado um gabarito de 40 cm x 60 cm, dividido em 100 retângulos vazados, de 4 cm x 6 cm cada (Figura 4A). O gabarito foi lançado, aleatoriamente, 30 vezes em cada ambiente, totalizando 150 lançamentos. Em cada vez que o gabarito atingiu o solo, contabilizaram-se (Figura 4B) quantos retângulos continham o capim *U. brizantha*, quantos continham espécies nativas regenerantes (altura menor que 1m) e quantos apresentavam solo exposto ou serapilheira. Sendo consideradas então, quatro categorias de cobertura do solo: *U. brizantha*, regenerante, exposto e serapilheira. Caso um mesmo retângulo apresentasse mais de uma categoria de cobertura do solo, considerou-se aquela que fosse dominante dentro do quadrilátero (Figura 4A).

A quantidade de retângulos de cada uma dessas categorias foi transformada em dado de porcentagem sendo que cada retângulo equivale a um por cento da área do gabarito. Em todos os ambientes, a coleta de dados de cobertura do solo foi executada no período de seca no ano de 2018 (de abril a setembro).



Figura 4: Registros fotográficos do processo de coleta de dados de cobertura do solo para estudo de manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás, com o uso de gabarito com dimensões destacadas em amarelo, representando cobertura do solo com 9% de regenerantes 4% de solo exposto e 87% de serapilheira (A), através da contagem visual dos quadriláteros do gabarito (B), (setembro de 2018).

1.2.4. Coleta de dados para caracterização química do solo

As coletas para análise química do solo foram realizadas em abril de 2018. Coletou-se amostras deformadas, com o auxílio de trado holandês, na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade. Esse procedimento foi realizado, em 15 pontos aleatórios de cada um dos cinco ambientes, totalizando 75 amostras coletadas. Os 15 pontos de cada ambiente formaram uma amostra compostas, totalizando cinco amostras compostas de solo deformado. Essas amostras foram armazenadas em sacos plásticos transparentes, identificadas e encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solo e Foliar da Universidade Federal de Goiás. Em laboratório as amostras foram secas em estufa de circulação forçada à 55°C por 36h e passadas por peneira com malha de 1,7 mm. Em seguida, procedeu-se a realização das análises de granulometria e químicas de rotina, seguindo a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (2017). Para determinação da classe textural do solo o foi utilizado o triangulo textural simplificado da EMBRAPA.

1.2.5. Coleta de dados para caracterização física do solo

As coletas para análise física do solo foram realizadas em novembro de 2018. Para tanto, coletaram-se dois padrões de amostras indeformadas. Para o primeiro padrão, extraiu-se as amostras com o uso de trado extrator de anéis volumétricos (Figura 5B), com anel volumétrico de aço inox com média de 87 cm³ de volume (Figura 5D). As coletas foram realizadas na camada de 0 a 20 cm, em três pontos aleatórios de quatro dos ambientes do estudo (PST, RN, 2PL e 1PL), totalizando 12 amostras indeformadas de solo em anel. Cada um dos anéis volumétricos foi retirado do trado (Figura 5C) com abundância de solo acima dos limites do anel (Figura 5D) para que o ajuste de volume ocorresse em laboratório.

O segundo padrão de amostra indeformada foi coletado em formato de monolito. Com o auxílio de enxada, retirou-se a camada superficial material orgânico, vivo e morto, que recobria o solo (quando o solo não se encontrava exposto) (Figura 5A). Em seguida, com o uso de colher de pedreiro retirou-se um monolito retangular com 10 cm de profundidade (Figura 5E) e aproximadamente 13 x 8 cm de altura e largura (Figura 5F). Os monolitos foram coletados em um ponto aleatório de cada um dos seguintes ambientes: PST, RN, 2PL e 1PL, não havendo esse tipo de coleta no ambiente NA (por questões logísticas), totalizando quatro monolitos.

Ainda em campo, todas as amostras em anéis volumétricos e em monolito foram envoltas em papel alumínio e filme PVC, devidamente identificadas e mantidas em caixa de isopor, durante o processo de coleta e transporte para o laboratório, para minimizar-se a perda de umidade. Em seguida, essas amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Goiás para as análises de condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}), porcentagem de agregados com diâmetro maior que 2 mm ($\%>2$), umidade gravimétrica (U), diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG), densidade global do solo (DS), macroporosidade (Ma) mesoporosidade (Me) e microporosidade (Mi), conforme descrito no Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (2017).



Figura 5: Registros fotográficos do processo de coleta de amostras indeformadas, retirada do material orgânico vivo e morto sob o solo (A), uso de trado de caneco (B), retirada do anel volumétrico de alumínio do trado (C), anel volumétrico com amostra indeformada de solo (D), preparo de monolito com 10 cm de profundidade (E), monolito coletado com 13 cm de altura (F), (outubro de 2018).

Em laboratório, cada anel volumétrico recebeu tela de náilon fixada com elásticos na face inferior para serem saturadas por capilaridade. Após a saturação, as amostras foram pesadas para a obtenção do dado de massa de solo saturado. Em seguida, os anéis volumétricos foram utilizados no permeâmetro de carga constante, que forneceu os dados a serem utilizados para, de forma indireta, determinar-se a condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) através da equação I:

$$K_{sat} = (Q \cdot L) \cdot (A \cdot H \cdot t)^{-1} \quad (I)$$

Em que:

K_{sat} é a condutividade hidráulica (cm h^{-1})

Q é o volume do percolado (mL)

L é a altura da amostra do solo (cm)

H é a altura da coluna de água + altura da amostra de solo (cm)

A é a área do anel volumétrico (cm^2)

t é o tempo de percolação (horas)

Na sequência, os anéis foram encaminhados para estufa de circulação forçada, à 105°C até que as amostras estivessem secas. Ao sair da estufa, as amostras foram pesadas em balança analítica para obtenção da massa de solo seco por volume total (no qual o volume total é o volume interno de cada anel volumétrico). A partir da obtenção dos valores de massa de solo seco foi possível determinar a densidade global do solo através da equação II e juntamente com o dado, anteriormente adquirido, de massa de solo saturado, determinar a umidade gravimétrica do solo a partir da equação III:

$$D_s = \frac{M_s}{V_t} \quad (II)$$

Em que:

D_s é a densidade global do solo (g/cm^3)

M_s é a massa do solo seco (g)

V_t é o volume total do anel volumétrico (cm^3)

$$U = \left(\frac{M_u - M_s}{M_s} \right) \cdot 100 \quad (III)$$

Em que:

U é a umidade gravimétrica do solo ()

Mu é a massa do solo úmido (g)

Ms é a massa do solo seco (g)

Em seguida as amostras nos anéis volumétricos foram encaminhadas para a câmara de Richards e passaram por outro processo de saturação, no qual todos os poros da amostra são ocupados por água, para determinação da distribuição dos poros. Os dados de macroporosidade (Ma), mesoporosidade (Me) e microporosidade (Mi) foram obtidos a partir da drenagem gradativa da água das amostras saturadas na Câmara de Richards. Para os Ma usou-se o valor $\leq 0,1$ m para altura de ascensão de água, para o Me, valores entre 0,1 e 0,6 m e para os Mi, entre 0,6 e 150.

Com o segundo padrão de amostra indeformada, o monolito, primeiro fez-se o destorramento das amostras para que o solo fosse passado por um conjunto sequencial de peneiras com malha de 8 mm, 4 mm e 2 mm. Os agregados de solo retidos na peneira com malha de 4 mm foram utilizados para análise de estabilidade de agregados via úmida com a obtenção de dados para calcular, através das equações IV e V, o diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e o diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG), respectivamente.

$$DMP = \sum_{i=1}^n X_i W_i$$

(IV)

Em que:

X_i é o diâmetro médio de cada classe de agregados

W_i é a proporção de cada classe de agregados em relação ao total

$$\text{DMG} = \exp \frac{\sum_{i=1}^n W_i \ln X_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (\text{V})$$

Em que:

W_i é o peso (g) de agregados dentro de uma classe de agregados de diâmetro médio X_i .

1.2.6. Análise estatística

Após a obtenção dos dados, as porcentagens de cobertura do solo das quatro categorias, nos cinco ambientes, tiveram suas medianas, variâncias, desvios padrão e *outliers*, determinados através da elaboração de *Boxplot*. Com os dados de física do solo, através da estatística descritiva, determinou-se a mediana, variância e desvio padrão entre os mesmos, para efeitos de caracterização física do solo. Na sequência, esses dados foram submetidos, juntamente com os de cobertura do solo, à análise multivariada - Análise de Componentes Principais (ACP). Essa análise é capaz, através de combinações lineares, de formar dois componentes, ou dois eixos, nos quais a variação do conjunto de dados será máxima ordenando os pontos que estiverem próximos uns dos outros de forma agrupada dentro dessa variação dos componentes (DAVIS 1986; HAMMER et al., 2001)

1.3.RESULTADOS

1.3.1. Caracterização da cobertura do solo

No estudo da cobertura do solo, os ambientes PST e 2PL, apresentaram 100% de *U. brizantha*. (Figura 6). RN foi o ambiente que apresentou mais variações entre as categorias de cobertura do solo (Figura 6), sendo serapilheira o tipo de cobertura dominante e o que exibiu maior variação dentro da categoria. As demais categorias em RN apresentam *outliers* na porção superior, sendo os da categoria exposto, os *outliers* mais discrepantes. Ainda em RN, as medianas das categorias *U. brizantha* e exposto se assemelham entre si, porém são diferentes das medianas de serapilheira e de regenerante, sendo essa diferença maior entre serapilheira e as outras três categorias. É importante notar que mesmo os regenerantes do RN apresentando limite superior próximo a 10, sua mediana é zero.

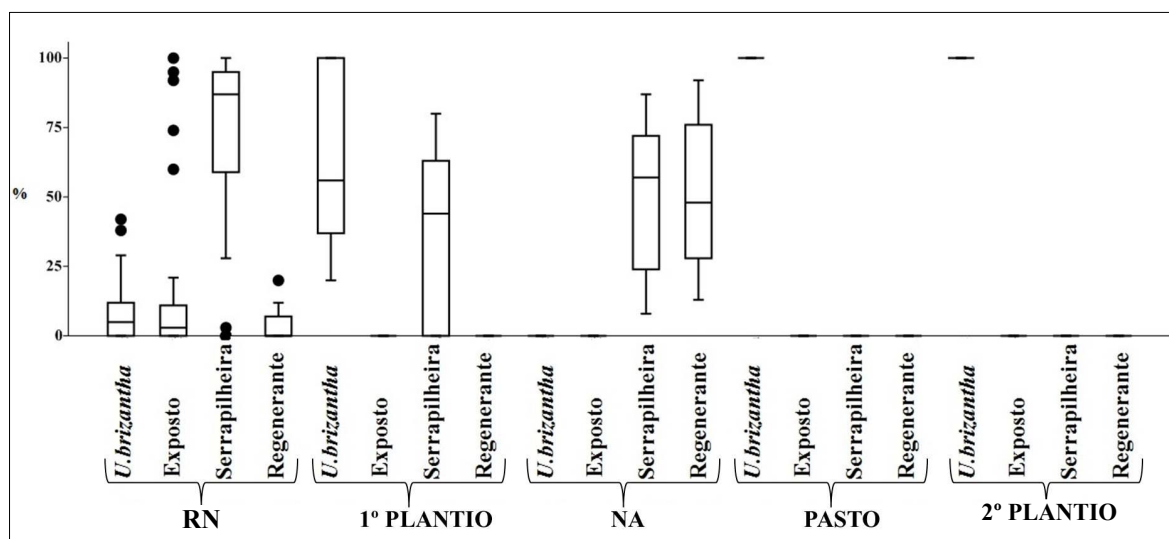


Figura 6: *Boxplot* de porcentagem das categorias de cobertura do solo nos cinco ambientes da área de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

* Círculos representam *outliers* (valores, no mínimo, 1,5 vezes maiores que o limite superior da caixa).

* NA = nativa antropizada, RN = nativa em regeneração natural.

No ambiente 1PL, a cobertura do solo não apresentou solo exposto nem regenerantes, se mostrou predominada por *U. brizantha* e serapilheira, sendo que as variações e as medianas dessas duas categorias se assemelham entre si. Porém, o limite inferior da categoria serapilheira é zero e o de *U. brizantha* está acima de 16%, indicando que existem áreas desse ambiente que estão dominadas pelo capim (Figura 6).

Em NA não ocorreram as categorias *U. brizantha* e exposto, o solo apresentou-se totalmente coberto por serapilheira e regenerantes. Os limites inferiores e superiores e as

medanas de serapilheira e regenerantes nesse ambiente não são discrepantes entre si, demonstrando que o ambiente não está dominado por algum tipo de cobertura do solo predominante, que essas duas categorias ocupam o chão dessa formação vegetal de forma equilibrada. NA foi o ambiente que apresentou a maior porcentagem de regenerantes, com mediana próxima a 50, limite superior acima de 90 e limite inferior acima de 10, indicando que em nenhum ponto de coleta houve ausência de regenerantes. Nota-se ainda que as medianas de serapilheira dos ambientes NA e 1PL indicam valores não discrepantes entre si, porém em 1PL o limite inferior é zero, como já citado, mostrando que existem pontos desse ambiente em que não ocorre serapilheira.

1.3.2. Caracterização química do solo

A Tabela 3 contém os teores das propriedades químicas do solo e a granulometria, das amostras compostas, dos cinco ambientes da área de estudo. Os valores indicam que o solo em NA é o que mais se diferencia dos outros, sendo distrófico ($V < 50\%$) com textura franca (média) enquanto os demais ambientes apresentam solos eutrófico ($V > 50\%$) com textura franco-argilosa.

Tabela 3 – Teores das propriedades químicas do solo e granulometria de amostras de Latossolo Vermelho, coletadas de 0 a 20 cm de profundidade, nos cinco ambientes de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

	NA	RN	Pasto	1º Plantio	2º Plantio
Argila	27,0	42,0	53,0	47,0	42,0
Silte	26,0	11,0	14,0	10,0	8,0
M.O	2,7	2,6	2,3	1,8	1,8
pH CaCl₂	4,1	4,0	4,8	4,1	4,5
Cu	2,0	1,8	1,3	2,1	1,8
Fe	121,0	39,0	29,0	52,0	36,0
Mn	8,0	15,0	15,0	14,0	12,0
Zn	0,3	15,0	35,0	21,0	40,0
P Mehl	2,1	1,8	2,4	2,4	4,0
K	20,0	31,0	30,0	31,0	28
Ca²⁺	0,8	2,2	3,4	3,0	3,1
Mg²⁺	0,2	1,9	2,1	2,1	2,1
H+Al	4,8	3,5	2,3	3,5	2,8
Al³⁺	1,3	0,6	0	0,7	0,1
M	55,3	12,6	0	11,9	1,9
V	18,0	54,4	70,8	59,7	65,3
CTC	5,9	7,7	7,9	8,7	8,0

*M.O = Matéria Orgânica, NA = nativa antropizada, RN = nativa em regeneração natural. *Unidades: Cu, Fe, Mn, Zn, P e K- mg.dm⁻³; Ca, Mg²⁺, H+Al, Al e CTC - cmolc/dm³; Argila, Silte, M.O, V e m - %

A acidez ativa (pH) é elevada no PST e no 2PL ($4,5 < \text{pH} < 5$) e muito elevada em NA, RN e 1PL ($\text{pH} < 4,5$), de acordo com os critérios descritos por SOUSA et al., (2007). Os teores de ferro (Fe) são os que apresentam maior variação entre os ambientes. Sendo o maior valor de Fe (121) encontrado no ambiente NA e o menor (29) no pasto. Os teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$), acidez trocável (Al^{3+}), capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica (M.O), acidez ativa (pH) e cobre (Cu), apresentam as menores variações (Tabela 3).

1.3.3. Caracterização física do solo

A Tabela 4 apresenta as medianas das propriedades físicas estudadas nos solos dos ambientes, RN, 2PL, 1PL e PST. Cada mediana está acompanhada de seus respectivos valores de variâncias e desvio padrão.

Tabela 4 – Medianas das propriedades físicas do solo, com seus respectivos valores de variância e desvio padrão, de amostras de Latossolo Vermelho, coletadas de 0 a 20 cm de profundidade para os dados de Ksat, U, Ds, e PT de 0 a 10 cm de profundidade para os dados de %>2, DMG e DMP, em quatro ambientes da área de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

		Ksat cm/h	%>2	U %	DMG mm	DMP mm	DS g/cm ³	PT %
RN	Mdna	40,25	65,56	49,02	1,95	2,16	1,40	47,46
	V	165,33	16,561	0	0,03	0	0	11,31
	D.P	12,85	4,06	0	0,17	0,09	0	3,36
2PL	Mdna	8,09	82,57	12,84	2,63	2,53	1,28	53,11
	V	26,17	42,34	0	0,05	0,02	0	0,58
	D.P	5,11	6,50	0	0,24	0,15	0,02	0,76
1PL	Mdna	10,75	50,485	8,86	1,50	1,81	1,48	49,77
	V	7,22	5,55	0	0	0	0	0,89
	D.P	2,68	2,35	0	0,02	0,05	0,06	0,94
PST	Mdna	7,61	67,77	8,54	2,11	2,19	1,41	48,16
	V	3,04	23,96	0	0,02	0,01	0	7,27
	D.P	1,74	4,89	0	0,15	0,10	0,03	2,69

*Ksat = condutividade hidráulica do solo saturado, %>2 = porcentagem de agregados com diâmetro maior que 2 mm, U = umidade gravimétrica, DMP = diâmetro médio ponderado dos agregados, DMG = diâmetro médio geométrico dos agregados, DS = densidade global do solo, PT = porosidade total, Mdna = mediana, V = variância, D.P = desvio padrão, RN = nativa em regeneração natural, 2PL = segundo plantio, 1PL = primeiro plantio, PST = pasto.

Na caracterização física do solo, a condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) e a umidade (U), foram as variáveis que apresentaram as maiores variações entre suas medianas. Para Ksat a variação foi de 7,61 cm/h em PST a 40,25 cm/h em RN. Enquanto a variação na umidade foi de 8,54%, em PST a 49,02% em RN. No ambiente dessas maiores variáveis, RN, o desvio padrão de Ksat é 12,85 e a umidade não apresentou variância dentre as repetições, tendo então desvio padrão igual a zero. As demais variáveis apresentaram menores variações entre os ambientes, sendo em ordem decrescente de amplitude: Ma, Mi e Me, DS, DMP e DMG (Tabela 4).

As variáveis relacionadas ao espaço poroso do solo, Ma, Me e Mi se mostraram mais bem divididas, com a mesma porcentagem em cada categoria de tamanho de poro, nos ambientes RN e 2PL. Enquanto a categoria dos macroporos foi a que se mostrou mais regularmente dividida entre os quatro ambientes, apresentando valor maior que 10% em todos eles (Tabela 4) (Figura 7).

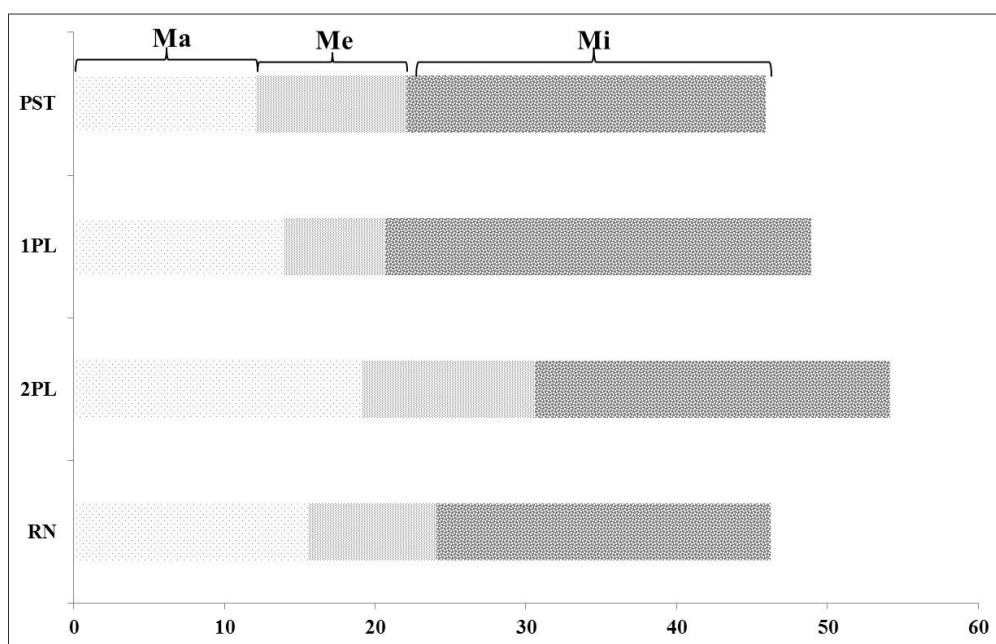


Figura 7: Gráfico em barras demonstrando a distribuição entre as três classes porosidade do solo, macroporos (Ma), mesoporos (Me) e microporos (Mi) nos quatro ambientes, pasto (PST), primeiro plantio (1PL), segundo plantio (2PL) e regeneração natural (RN) de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

*Unidade: Ma, Me e Mi = %

1.3.4. Correlação entre atributos físicos do solo e cobertura do solo

No diagrama da Figura 8 o eixo 1 contém 39,41% de variância e o eixo 2, 23,74%. Os dois eixos acumulam mais de 60% de variância, validando a ordenação dos pontos e vetores.

Os pontos que representam os quatro ambientes do estudo se agruparam distintos uns dos outros, na maior parte dos casos. Alguns pontos do PST se aproximaram mais do grupo dos pontos de 2PL, indicando semelhança entre esses dois ambientes em relação às variáveis analisadas. Mas, a maioria dos pontos alocou-se formando quatro grupos, um grupo para cada ambiente. Dessa forma, entende-se que no que diz respeito às variáveis analisadas de física edáfica e cobertura do solo, os ambientes RN, 1PL, 2PL e PST se diferem entre si, sendo os dois últimos os que menos se diferem.

Através de disposição dos vetores, é possível inferir que a diferenciação entre os grupos ocorreu, principalmente, por influência das variáveis serapilheira, *U. brizantha*, Mi e Ma. Uma vez que a proximidade dos vetores dessas variáveis com os eixos indica a força que os mesmos exerceram sob o espalhamento dos pontos e consequente formação dos grupos. Mas como os vetores serapilheira e *U. brizantha* se apresentaram em tamanhos maiores que os Mi e Ma, entende-se que as variáveis de cobertura do solo exerceram maior influência nesse espalhamento dos pontos. Além disso, enquanto as variáveis de cobertura do solo, serapilheira e *U. brizantha*, separaram os grupos no sentido horizontal (eixo 1), as de porosidade Mi e Ma separaram no vertical (eixo 2). Como a maior variação (32, 56%) é sempre imposta para o eixo 1, é possível ainda, deduzir que o conjunto das variáveis de cobertura do solo varia mais entre os ambientes do que o conjunto das variáveis de física do solo. Os demais vetores exerceram menos influência na separação dos ambientes, mas se dispuseram conforme determinado pelas propriedades analisadas.

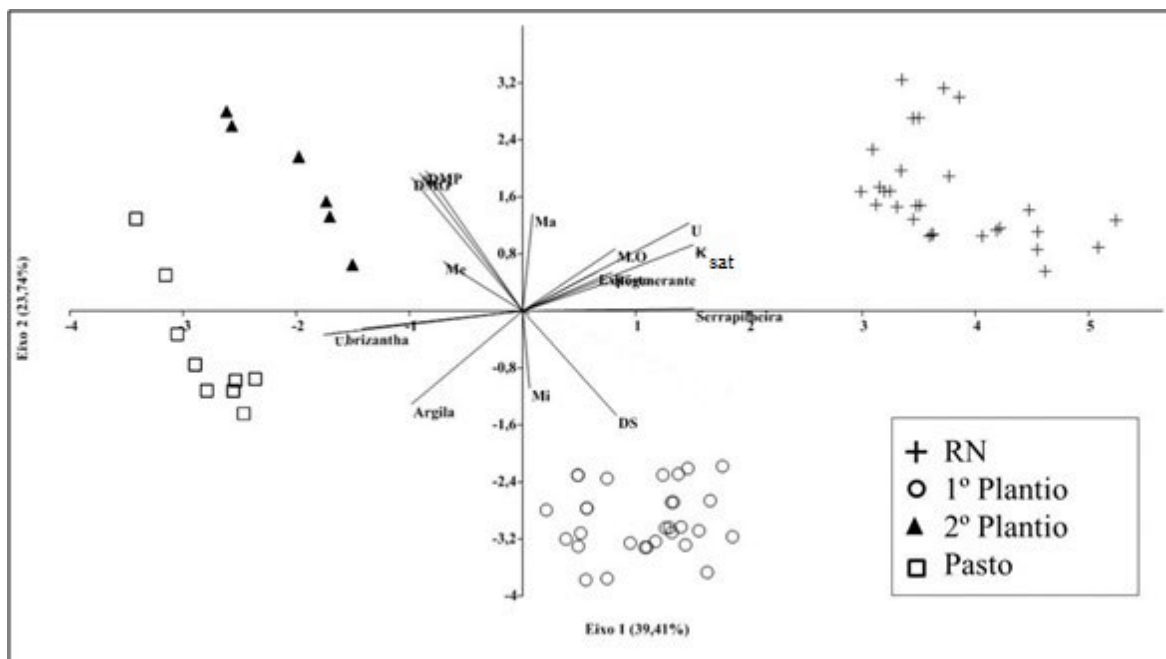


Figura 8: Diagrama de ordenação resultante da Análise de Componentes Principais envolvendo os atributos da física do solo, as categorias de cobertura do solo e os ambientes da área de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

As categorias “exposto” e “regenerantes” também exerceram menos influência na separação dos ambientes por resultarem em vetores de menor tamanho, mas é possível notar que ambas se correlacionaram positivamente com os maiores índices de MO, U e Ksat. Seguindo a mesma interpretação, essas variáveis se correlacionam negativamente com os índices de *U. brizantha* e argila.

1.4. DISCUSSÃO

1.4.1. Correlação entre física do solo e cobertura do solo

Dentre aspectos físicos do solo, o fato da porosidade ter se mostrado como a mais influente no espalhamento vertical dos pontos indica que essa variável diferencia RN e 2PL de 1PL e de parte dos pontos de PST. Sendo os macroporos (Ma) mais presentes em RN e 2PL e os microporos (Mi) em 1PL e parte dos pontos de PST (Figura 8).

Para os valores relacionados à porosidade, costuma-se considerar que um solo dito ideal para o desenvolvimento vegetal tenha 50% de porosidade total e que a quantidade de macroporos não esteja abaixo de 10% (NOVAIS; MELLO, 2007; FERREIRA, 2010). Sendo assim, os valores de porosidade total (soma de macroporos, mesoporos e microporos) encontrados para RN, 2PL, 1PL e PST estão fora do ideal, mas próximos do referido valor de 50%, 46,23%, 54,13%, 48,92% e 45,91%, respectivamente (Tabela 4) (Figura 7). Em relação à divisão entre as classes de tamanhos dos poros, os ambientes RN e 2PL apresentaram os valores mais próximos do ideal, e a categoria dos macroporos foi a que se mostrou mais regularmente dividida entre os ambientes, apresentando valor maior que 10% em todos eles (Tabela 4) (Figura 7).

Essa diferenciação entre os tamanhos dos poros do solo relaciona-se com a saúde edáfica através das diferentes funções que cada categoria desses tamanhos exerce. Os macroporos alocam o ar do ambiente edáfico, formam o caminho para a drenagem da água gravitacional que o solo recebe, acomodam as raízes das plantas e são habitat para a maioria dos animais macroscópicos do solo. A classe dos mesoporos movimenta, por capilaridade, a água vinda da drenagem dos macroporos e abriga a maioria dos fungos e pelos radiculares. Os menores, os microporos são os responsáveis por reter as moléculas água no solo, a água que fica disponível para as plantas, e serve como habitat para a maioria das bactérias do solo. O equilíbrio entre a quantidade dessas classes dentro do solo é essencial para a saúde do ambiente edáfico e o consequente bom desenvolvimento dos organismos que estão acima do solo, como os vegetais. Uma vez que é esse equilíbrio que possibilita o fluxo de água e nutrientes no ambiente edáfico, as trocas de gases e nutrientes e os serviços de organismos aeróbicos e anaeróbicos. (BRADY; WEIL, 2013).

Outro aspecto de destacada importância é a densidade do solo, uma vez que, dentre as propriedades físicas do solo essa é uma das que mais se relaciona com o desenvolvimento inicial de plantas. Pois, solos mais densos dificultam o crescimento radicular dos vegetais

devido à compactação do espaço para as raízes se acomodarem. Solos minerais com textura média, como os Latossolos desse estudo, tendem a apresentar o valor médio de $1,25 \text{ g/cm}^3$ de densidade natural do solo. Mas quando cultivados, por mais de 20 anos, por exemplo, podem aumentar a densidade para valores acima de $1,40 \text{ g/cm}^3$ (BRADY & WEIL 2013). Os valores críticos para densidade do solo ainda são conflituosos, de forma geral, há relatos de que densidade acima de $1,45$ já indicaria compactação (TORRER & SARAIVA, 1999; LEPSCH, 2011). Mas, para solos com mesma classe textural das amostras desse trabalho, existem autores que indicam $1,30 \text{ g/cm}^3$ como limite para o bom desenvolvimento radicular vegetal (ISRAELSEN & HANSEN 1965; ARGENTON et al., 2005), outros que mantêm valores críticos em torno de $1,35 \text{ g/cm}^3$ (SECCO et al., 2005; SPERA et al., 2006) e existem os menos rigorosos que consideram críticas as densidades acima de $1,50 \text{ g/cm}^3$ (SILVA et al., 2006), $1,53 \text{ g/cm}^3$ (CAVENAGE et al., 1999) e $1,55 \text{ g/cm}^3$ (CAMARGO & ALLEONI; 1997), por exemplo.

Sendo assim, os valores de densidade do solo aqui relatados para RN, 1PL e PST, $1,40$; $1,48$ e $1,41$, respectivamente, poderiam ser considerados altos, enquanto os $1,28 \text{ g/cm}^3$ do 2PL seriam considerados adequados. Porém, de forma geral, os Latossolos brasileiros tendem a variar a densidade entre $0,9$ e $1,5 \text{ g/cm}^3$ (FERREIRA, 2010). Por isso, pode-se dizer ainda que nenhuma das amostras aqui descritas encontra-se fora dos limites comumente encontrados dos Latossolos brasileiros. Vale ressaltar ainda que valores fora dos limites apropriados não são raros em ambientes degradados ou perturbados. Costa et al. (2014), por exemplo, relataram densidade do solo de $1,87$ em área nativa com Latossolo em processo de restauração ecológica.

Para o ambiente 2PL, em específico, a densidade mais baixa que nos outros ambientes ocorreu devido ao ponto de coleta das amostras. Esse ponto foi alocado dentro na região do coroamento das mudas, próximo à área que recebeu o impacto da ação do perfurador de solo, no momento do coveamento. Ao formar a cova, o perfurador acaba por revolver a camada superior do solo em sua microrregião de atuação. A maior parte da camada revolvida coincidiu com a camada de coleta das amostras com anéis volumétricos, uma vez que o perfurador tinha 30 cm de profundidade e o trado extrator de anéis volumétricos foi utilizado até 20 cm de profundidade. Esse efeito de revolvimento do solo resultou na redução da densidade da camada superficial do solo.

Em áreas para cultivo agrícola, a prática de revolvimento das camadas superiores é comumente aplicada com esse objetivo e tende contribuir significativamente na redução da

compactação do solo, aumento do espaço macroporoso, aumento da aeração e diminuição da densidade nos primeiros anos de cultivo. Porém, com o passar do tempo, o efeito pode ser reverso e a densidade do solo aumentar devido à redução no teor de matéria orgânica nessa camada superficial, uma vez que o revolvimento do solo tende a revolver a camada orgânica juntamente com o solo (ARAUJO-JUNIOR et al., 2011; BRADY; WEIL, 2013).

Além disso, nas camadas subsuperficiais pode ocorrer o, vulgarmente chamado, pé de arado, a compactação da camada abaixo da área de atuação dos implementos agrícolas usados para revolver o solo (BRADY; WEIL, 2013). Especificamente para a restauração de áreas degradadas no Cerrado, esse tipo de compactação pode ser um entrave. Uma vez que a maioria das espécies arbóreas desse bioma possuem a capacidade de crescimento radicular em camadas profundas (HOFFMANN & FRANCO 2003) e a compactação das mesmas pode impedir esse crescimento, limitando o acesso das plantas à água e consequentemente atrapalhando o desenvolvimento vegetal, a sucessão ecológica e a restauração do equilíbrio ecossistêmico natural. Provavelmente, se a coleta fosse realizada fora da região do coroamento, o valor de densidade do solo em 2PL seria mais próximo dos outros ambientes, principalmente de PST, que é o que mais se assemelha a ele nos outros aspectos.

Ainda na Figura 8, a disposição dos vetores U e Ksat em sentido, direção e tamanho semelhantes demonstra que essas variáveis são as que mais diferenciam RN dos demais ambientes. Com menor influência nessa diferenciação, estão os vetores MO, regenerantes e serapilheira. Que aparecem em menor tamanho, mas também se dispuseram no primeiro quadrante, com sentido e direção que indicam maiores valores em RN. Essa disposição ocorre devido à estreita relação entre essas propriedades. Os maiores teores de MO tendem a existir em locais onde a quantidade de serapilheira também será maior, diminuindo a temperatura no ambiente edáfico e a consequente perda de água por evaporação, aumentando a umidade do solo, criando melhores condições para o desenvolvimento de regenerantes e consequente aumento na diversidade de espécies vegetais.

A relação positiva entre esses vetores do primeiro quadrante com o ambiente RN (Figura 8) demonstra a relevância que essas propriedades, todas relacionadas à matéria orgânica e a água, possuem para a recuperação de áreas degradadas. Uma vez que são essas variáveis que mais separam o ambiente RN dos demais ambientes e que RN, dentre os quatro ambientes desse estudo, se mostra como o que mais caminha para o equilíbrio ecossistêmico desejado em projetos de recuperação ecológica.

Além disso, os maiores teores de MO tendem a indicar as maiores quantidades de macroporos, que por sua vez, facilitam a aceleração do movimento da água dentro do solo (COSTA et al., 2003; ARGENTON et al., 2005). Por isso, o vetor Ma também se encontra no primeiro quadrante. Alterações na porcentagem de macroporos do solo, mesmo que pequenas, podem influenciar grandes diferenças na condutividade hidráulica do solo (SILVA & KATTO, 1997).

Em relação ao movimento da água no solo, a condutividade hidráulica de solo saturado já foi relatada como uma variável de grande amplitude e difícil de comparação entre solos e tratamentos (COSTA et al., 2003). Ao seguir os limites propostos por Klute & Dirksen (1986), pode-se classificar os valores de Ksat de 2PL (8,09), 1PL (10,75) e PST (7,61) como baixos. Valores, também considerados baixos para Ksat foram relatados por Vieira e Klein (2007), que encontraram média de 6,8 cm/h em Latossolo sob diferentes manejos. Mas, Brady e Weil (2013), consideram esses mesmos valores como adequados para maioria dos usos agrícolas, recreativos e urbanos por apresentarem permeabilidade moderada (entre 1 e 15 cmh). A diferença entre os valores de Ksat de 2PL, 1PL e PST para RN (40,25) indica que em RN esse aspecto aparenta ter se recuperado dos impactos causados pelos manejos anteriores e que nos demais ambientes os processos impostos ainda não foram suficientes para elevar a taxa de movimento de água no solo.

1.4.2. Implicações para intervenções futuras

A partir dos pressupostos de que os regenerantes são essenciais para a conservação e recuperação ecológica; que o solo do Cerrado em equilíbrio ou que caminha para o mesmo deve estar coberto prioritariamente por serapilheira e regenerantes e que o ambiente pasto se destina à uso de solo não vinculado à conservação e recuperação ecológica, somados ao resultado de que a cobertura do solo diferencia mais os ambientes do que os atributos edáficos aqui analisados, podemos classificar os demais ambientes com a seguinte ordem de semelhança com o NA: $RN > 1PL > 2PL$. O desenvolvimento de técnicas de recuperação de áreas degradadas e aprofundamento nesses estudos se mostram úteis e aplicáveis para situações como essa em que os ambientes RN, 1PL e 2PL podem, ao longo do tempo, se assemelharem mais ao NA através de, por exemplo, maior investimento nas etapas de manutenção dos plantios, principalmente para o controle da gramínea invasora. Porém, para se manter e otimizar o desenvolvimento dessas áreas é essencial primeiramente que a área de pastagem deixe de avançar sobre as áreas que devem compor

a reserva legal das propriedades rurais e que haja priorização da agricultura conservacionista.

É possível discutir também que, talvez, as diferenças entre 1PL e RN sejam muito proeminentes para o intervalo de tempo de quatro anos entre os processos de recuperação desses dois ambientes. A intervenção em RN, instalação da cerca foi em no ano de 2004 e a intervenção em 1PL, o plantio, foi no ano de 2008. Mas, essa diferença do estado atual dos dois ambientes, provavelmente se deve o nível de degradação inicialmente encontrado, antes da intervenção. Por conter remanescentes de indivíduos arbóreos naturais, para RN a condução da regeneração natural conseguiu controlar a espécie invasora com mais eficiência que o plantio realizado em 1PL. Confirmando o quanto a avaliação do nível de degradação da área pode influenciar na tomada de decisões em projetos de restauração e recuperação ecológica e conduzir resultados e ecossistemas diferentes.

Deve-se ponderar ainda que, uma vez que as variáveis de solo, aqui analisadas, não foram determinantes para a diferenciação entre os ambientes, a tendência é que o ambiente edáfico não seja impeditivo para a recuperação ecológica, sendo a cobertura do solo o principal entrave para essas áreas analisadas. Também por isso, o ambiente 1PL, mesmo após 10 anos da intervenção, não parece estar caminhando para o equilíbrio ecológico. Portanto, compreende-se que, caso a manutenção com combate a *U. brizantha* seja realizada em 1PL e o enriquecimento do banco de sementes também seja conduzido, essa área pode entrar em processo de recuperação, atingir a sucessão ecológica autônoma e ter mais chances de oferecer os serviços ecossistêmicos do que entende-se como área de preservação permanente em mata ciliar, como por exemplo: a preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica e da biodiversidade, a viabilização de fluxo gênico de fauna e flora, a proteção do solo e o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

1.5.CONCLUSÕES

- Os quatro ambientes do estudo de física edáfica se diferenciam mais entre si devido à cobertura do solo do que devido às propriedades físicas do solo.
- A umidade do solo e a condutividade hidráulica de solo saturado são as propriedades físicas que mais diferenciam o ambiente RN dos demais.
- Mesmo após 10 anos da intervenção o ambiente 1PL não apresenta regenerantes e tem cobertura do solo dominada por *Urochloa brizantha*
- O intervalo de tempo de 10 meses não foi suficiente para que a presença das espécies arbóreas nativas influenciasse o ambiente 2PL a ponto dele se diferenciar do ambiente PST nos que diz respeito à cobertura do solo.
- Os ambientes primeiro plantio e RN são os que apresentam maiores variações dentro do ambiente no que se refere à cobertura e granulometria do solo.
- O ambiente RN apresenta regenerantes com mediana igual a zero.

2 USO DE LONA COMO MÉTODO DE CONTROLE À *Urochloa brizantha* EM COROAMENTO DE PLANTIO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NO CERRADO

2.1.INTRODUÇÃO

A recuperação de áreas degradadas ou restauração ecológica é tida como a ciência que prioriza minimizar os efeitos negativos que ações antrópicas ou desastres naturais causam aos ecossistemas (WORTLEY et al., 2013). O alvo mais ambicioso de projetos de recuperação de áreas degradadas tende a ser a reconstrução de um ecossistema que seja o mais semelhante possível com o original, pré-degradação. Mas, na maioria dos casos, o mais viável é priorizar-se que o equilíbrio do ecossistema seja atingido mesmo que o ambiente resultante seja diferente do original. Esse equilíbrio pode ser alcançado através do reestabelecimento dos serviços ecossistêmicos, biodiversidade renovável e aumento da resiliência, por exemplo, (CHAZDON, 2008; CAMPOE et al., 2010; WORTLEY et al., 2013). A intervenção antrópica à favor desses aspectos pode ser considerada bem sucedida quando o novo ecossistema formado consegue seguir sua trajetória sucessional com reprodução e perpetuação das espécies independente de novas interferências antrópicas (KAGEYAMA & GANDARA, 2006; OLIVA et al., 2018). Em consequência da intensificação do desmatamento nas últimas décadas, a ciência da restauração ecológica recebeu novas oportunidades de aplicabilidade e, principalmente, devido aos incentivos para o sequestro de carbono, vem crescendo em diversas partes do mundo (SHANKAR et al., 1998; PORTO et al., 1999; HOLL & HOWARTH, 2000; KOBAYASHI, 2004; MERCER et al., 2005; BUDDENHAGEN et al., 2006; DOUST et al., 2006; EHIAGBONARE, 2006; VIEIRA et al., 2009; BRANCALION et al., 2012; GHIMIRE et al., 2013; MELI et al., 2017a).

Em regiões tropicais, como o Cerrado no Brasil, grande parte dos projetos de recuperação de área degradadas vem sendo executada em propriedade particulares que anteriormente eram destinadas à atividade pecuarista e por isso obtiveram sua degradação após o desmatamento da vegetação nativa e conversão do uso da terra em pastagem através da introdução de gramíneas exóticas seguida por abandono da área ou baixa produtividade pecuarista. Sendo assim, esse tipo de área se torna degradada por não oferecer os devidos serviços para o ecossistema bem como para a pecuária (CAMPOE et al., 2010; BRANCALION et al., 2012; CÉSAR et al., 2014; REZENDE & VIEIRA., 2019).

No Cerrado, a maioria das gramíneas utilizadas em formação de pastagem é de origem africana, como *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D.Webster., vulgarmente chamada de capim braquiarião. Essas gramíneas africanas são plantas resistentes, rústicas, com alta capacidade de produção de biomassa, sementes e dispersão de propágulos. Essas mesmas características que as tornam excelentes produtoras para a atividade pecuarista também fazem com que sejam a principal barreira biológica para a recuperação da área degradada (PIVELLO et al. 1999; HOOPER et al., 2005; DOUST et al., 2006; WILLOUGHBY & JINKS, 2009; BRANCALION et al., 2012; CÉSAR et al., 2014).

A persistência das gramíneas exóticas no solo pode dificultar e até mesmo impedir o processo natural de sucessão ecológica (HOOPER et al., 2005; WILLOUGHBY & JINKS, 2009; ISERNHAGEN et al., 2014; REZENDE & VIEIRA., 2019). Nas áreas degradadas em que o banco de sementes nativas é viável, plantas como os capins *Urochloa* sp., tendem a competir agressivamente com essas nativas, inibindo o desenvolvimento das mesmas e por vezes impedindo a germinação desse banco de sementes (WILLOUGHBY & JINKS, 2009; ORTEGA-PIECK et al., 2011; CÉSAR et al., 2014; SUGANUMA et al., 2014; COUTINHO et al., 2019). Nos casos em que, próximo à área degradada existem fontes de sementes e propágulos viáveis, o processo de sucessão ecológica pode ser impedido pela alta biomassa acima do solo que as gramíneas exóticas conseguem produzir. O volume de capim pode chegar ao nível de impedir que uma semente trazida naturalmente por dispersão entre em contato com o solo e possa germinar (HOLL, 1998; FLORENTINE & WESTBROOKE, 2004; KAUANO et al., 2013; HOLL et al., 2014; ISERNHAGEN et al., 2014). A barreira formada por plantas exóticas é tão relevante para a restauração ecológica nos trópicos que alguns autores defendem que as espécies exóticas devem ser totalmente retiradas do sistema antes mesmo que novas espécies nativas sejam introduzidas (COUTINHO et al., 2019).

Porém para retirar essas plantas de antigas áreas pecuaristas o maior obstáculo é a própria concepção de uma paisagem com pastagem. Esse tipo de paisagem, com pouco ou nenhum sombreamento natural, favorece a perpetuação das gramíneas africanas, uma vez que, nessas áreas as plantas recebem radiação solar direta e intensa e que essas gramíneas possuem metabolismo fotossintético C4, necessitando dessas condições de sol pleno para sobreviverem (CAMPOE et al., 2010). Nesse sentido o princípio básico para erradicar as gramíneas exóticas é promover o sombreamento da área (PIVELLO et al. 1999;

WILLOUGHBY & JINKS, 2009; BRANCALION et al., 2016). As técnicas tradicionais combinam plantios de espécies nativas com tratos culturais que removem temporariamente as gramíneas exóticas, como a remoção manual com enxada ou mecânica com roçadeira (NAVE & RODRIGUES, 2007; RODRIGUES et al., 2009; CAMPOE et al., 2010; REIS et al., 2010)

Apesar de eficientes, quando corretamente aplicadas, técnicas como essas costumam demandar alto investimento financeiro, pois os tratos culturais que removem as gramíneas devem ser realizados repetidas vezes, com a mesma frequência que o capim cresce ao nível de inibir o desenvolvimento da espécie nativa (CAMPOE et al., 2010; STAPE et al., 2015). Em projetos de recuperação de áreas degradadas essa fase é chamada de manutenção. Normalmente essa fase dura cerca de dois anos, mas mesmo após seis anos pode ser necessário que se continue removendo as plantas exóticas da área em restauração (WILLOUGHBY & JINKS, 2009; STAPE et al., 2015).

Para diminuir o número de operações necessárias na fase de manutenção, comumente, prioriza-se o coroamento, no qual se removem as gramíneas apenas no entorno das plantas nativas, com raio mínimo de 50 cm (NAVE et al., 2009; STAPE et al., 2015). Dessa maneira o controle da planta exótica é realizado com mais frequência nessa região do coroamento e com menos frequência no restante da área, reduzindo os insumos gastos em cada operação de manutenção. Porém, a técnica do coroamento deve ser conduzida com cautela e por mão de obra especializada para que o maquinário não atinja a planta nativa ocasionando a morte da mesma, principalmente quando ela ainda é jovem (STAPE et al., 2015). Por isso, aconselha-se que o coroamento seja feito com enxada e não com roçadeira. A enxada permite maior precisão na remoção das gramíneas, mas demanda maior esforço físico e maior tempo de trabalho (NAVE et al., 2009; STAPE et al., 2015).

No Brasil, a manutenção, comumente, é a fase mais negligenciada em áreas em restauração, devido, justamente, ao alto custo e tempo demandados (FELFILI et al., 2000; GONÇALVES et al., 2017; SUGANUMA et al., 2018). Esses fatores desestimulam os proprietários rurais a se dedicarem à fase de manutenção e à instalarem novos projetos de restauração e recuperação ecológica em suas propriedades (GONÇALVES et al., 2003). O efeito dessa falta de estímulo são áreas que provavelmente continuam em desequilíbrio ecológico, mas na qual foram investidos recursos financeiros e tempo que julgavam serem suficientes (CAMPOE et al., 2010; MAHLUM et al., 2018).

O estímulo para o produtor rural se dedicar à área em restauração pode partir de iniciativas que o envolvam no processo e que gerem lucro, por exemplo, através do uso de espécies comerciais, como arbóreas de uso múltiplo (FELFILI et al., 2005; AQUINO et al., 2009), sistema agroflorestal (VIEIRA et al., 2009) ou a associação do plantio de espécies nativas com espécies de adubo verde (CÉSAR et al., 2013; ISERNHAGEN et al., 2014). Essas técnicas podem trazer vantagens por proporcionarem sombreamento mais rapidamente do que tendem os plantios convencionais e por, ao fim do ciclo, oferecer algum subproduto para comercialização ou consumo próprio.

Porém, além de exigir conhecimento técnico específico, para a escolha da espécie comercial mais adequada, evitando as invasoras que podem gerar uma nova barreira ecológica e ainda exigirem investimento de preparo de solo direcionado, uma vez que a abundância das gramíneas invasoras pode também inibir o crescimento das espécies comerciais, (CÉSAR et al., 2013; ISERNHAGEN et al., 2014; STAPE et al., 2015) essas técnicas nem sempre se adequam aos parâmetros legais. No Brasil, existem Áreas de Preservação Permanente (APPs), por exemplo, nas quais não é permitido o plantio de espécies exóticas, bem como o uso de herbicida para capina química (prática que também pode viabilizar o combate à espécies exóticas) (BRASIL, 2012), apresentando então, desafios para a conservação e restauração nesse contexto (RIBEIRO et al., 2011).

Cada técnica disponível para a recuperação de áreas degradadas apresenta vantagens e desvantagens, a escolha de melhor técnica a ser aplicada deve ser pautada, principalmente, no nível de degradação de área, na paisagem circundante, no objetivo final, na legislação vigente e na disponibilidade de insumos oferecidos pelo proprietário, nos casos de propriedades particulares. Por isso, o desenvolvimento de novas alternativas de técnicas de recuperação de áreas degradadas ainda se mostra necessário (REIS et al., 2010; KAUANO et al., 2013; SAMPAIO & SCHMIDT, 2013; HOLL et al., 2014; LOPES et al., 2017). Dentre essas novas alternativas, devem se destacar técnicas que possam facilitar a fase de manutenção, minimizar o número de operações na área degradada para diminuir os gastos financeiros e atender à legislação (BRANCALION et al., 2016). Por isso, nesse artigo testamos o uso de lona plástica como técnica para controlar a gramínea exótica.

Partindo do princípio de que as gramíneas exóticas não sobrevivem ao sombreamento, o uso de lona plástica como cobertura da área dominada por capim exótico provavelmente eliminará essas plantas do local. Como o uso da lona em área total seria inviável, devido ao alto custo e a logística, priorizamos cobrir somente a região do

coroamento e combinar essa técnica com o uso de roçadeira no restante da área. Dessa maneira, pretendemos reduzir o número de operações na região do coroamento, sendo necessária somente a primeira condução de retirada das gramíneas com a enxada, pois a partir da instalação da lona o capim exótico não rebrotaria na área coberta.

Assim como outras técnicas de recobrimento do coroamento (MARTINS et al, 2004; SILVA & CORRÊA, 2008; GONÇALVES et al., 2017) esperamos conciliar os benefícios para o projeto de recuperação de áreas degradadas com a destinação apropriada para um material que após seu uso tende a ser descartado. Além disso, a durabilidade desse material e sua abundante presença nas áreas rurais, em diferentes atividades agropecuárias (MATTOS et al., 2001; CASTRICINI et al., 2017; NEUMANN et al., 2018) colocam a lona plástica como possível aliado para esse processo.

Por isso, esse trabalho, avaliou a eficiência do uso de lona plástica para eliminar o capim *Urochloa brizantha* da região do coroamento de arbóreas nativas em plantio para recuperação de área degradada no Cerrado, e verificar se esse método influencia a mortalidade e o crescimento das mudas plantadas. Para tanto, quantificamos a porcentagem de *U. brizantha* que cobria o solo, na região do coroamento, o incremento mediano relativo em altura e em diâmetro a altura do coleto das arbóreas que receberam esse coroamento, a mortalidade dessas arbóreas. Por fim estabelecemos relação de ordenação entre essas variáveis e propriedades físicas do solo afim de verificar ainda, se o uso da lona afeta a física edáfica.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da área de estudos

A área de estudos (16°33'26,5''S; 49°17'25,7''W) situa-se na região denominada Sítios de Recreio Mansões do Campus, no município de Goiânia, estado de Goiás, Brasil (Figura 1A - apresentada no primeiro capítulo dessa tese). O solo local é classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2013) e a altitude média de 768 m. O clima da região é do tipo Aw, segundo o sistema de classificação climática de Köppen, com acentuada sazonalidade, com seis meses de seca (de abril a setembro) e seis meses de chuva (de outubro a março) (MARCUIZZO et al., 2012).

A vegetação original dessa região era classificada como pertencente à fitofisionomia de Mata Seca do bioma Cerrado. Mas ao longo dos anos, a atividade antrópica vem modificando a paisagem do entorno e atualmente é possível caracterizar a região como área de transição entre residências e propriedades de atividade agropecuária (Figura 1B - apresentada no primeiro capítulo dessa tese).

Para o presente trabalho, foi utilizado um trecho de propriedade rural dessa região. Durante a década de 1960 esse trecho foi convertido em pastagem, com o capim exótico *Urochloa brizantha*, para atividade pecuária. Mas, atualmente 2,5 ha desse pasto são destinados ao plantio de espécies arbóreas nativas do Cerrado com o intuito de recuperação de área degradada. Para tanto, no ano de 2015, esses 2,5 ha, foram cercados para se impedir o acesso dos bovinos à área, prevenindo o pisoteamento das mudas pelos mesmos. Em seguida, durante o período chuvoso de 2016, essa área recebeu plantio de arbóreas nativas, previamente a este trabalho. Mas, o mesmo não se desenvolveu devido à ocorrência de fogo no período de seca do mesmo ano.

Em dezembro de 2017, foi realizado novo plantio com arbóreas nativas do Cerrado, no espaçamento 3,5 m x 3,5 m. O preparo da área ocorreu através de roçagem com trator e abertura de covas de plantio de 30 cm de profundidade e 25 cm de diâmetro, com o uso de perfurador de solo. Posteriormente, cada cova, recebeu 200g de NPK (5-25-15) incorporados ao solo e em seguida 1119 mudas de 13 espécies arbóreas nativas do Cerrado foram plantadas (Tabela 2 - apresentada no primeiro capítulo dessa tese). A distribuição das espécies e dos indivíduos ocorreu de forma aleatória entre as covas, sendo

Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan, vulgarmente chamada de Angico Branco, a espécie com maior número de indivíduos plantados, 421 (Tabela 2).

Após o plantio, o coroamento das mudas foi feito em área circular, com diâmetro de 1,30 m, em que se removeram todas as gramíneas com auxílio de enxada. Passados 30 e 60 dias após o plantio, foram realizadas roçagens, com uso de roçadeira costal, na região entre as mudas, que corresponde à área dentro da linha de plantio onde nenhuma muda foi alocada e não foi feito o coroamento. Cinco meses após o plantio foi conduzida a adubação de cobertura com NPK (20-0-20), depositando 180g do adubo na área do coroamento.

2.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com 30 repetições para as coletas de crescimento e mortalidade de arbórea nativa, 30 repetições para coleta de cobertura do solo, três repetições para amostras de solo em anel volumétrico e uma coleta para amostras de solo em monolito.

No plantio de arbóreas nativas do cerrado, a dominância de *A. colubrina* foi decisiva para que fosse ela a espécie selecionada para o experimento de combate à *Urochloa brizantha* na região do coroamento. Pois, dessa maneira minimizou-se as chances de perda de dados em caso de alta mortalidade relacionada à fatores externos a competição entre o capim exótico e a muda nativa.

Seis meses após o plantio, em junho de 2018, em 30 indivíduos aleatórios de *A. colubrina*, foi alocada lona plástica de poliestireno, dupla face de 200 micra, com 1m², na região do coroamento de cada muda, formando assim o grupo tratamento (Figura 9). Enquanto o grupo controle foi composto por outros 30 indivíduos aleatórios de *A. colubrina* que não receberam a lona na região do coroamento, totalizando 60 indivíduos de Angico Branco no experimento.

Para acomodar a lona em volta da muda, no meio de cada fragmento de lona plástica foi feito um corte em formato de cruz (20 cm por abertura) (Figura 9A), certificando que a lona cobriria toda a área do coroamento sem atrapalhar o desenvolvimento da planta com possíveis enforcamentos de coleto, caso o corte para a passagem da mesma oferecesse diâmetro menor que o possível crescimento em diâmetro da planta. Todas as bordas de cada fragmento de lona plástica foram cobertas com terra do próprio ambiente (retirada da região do coroamento) (Figura 9B), de maneira que a

quantidade de terra depositada oferecesse peso suficiente para fixar a lona no chão e evitar que a mesma se deslocasse diante da ocorrência de ventos e chuvas (Figura 9C).

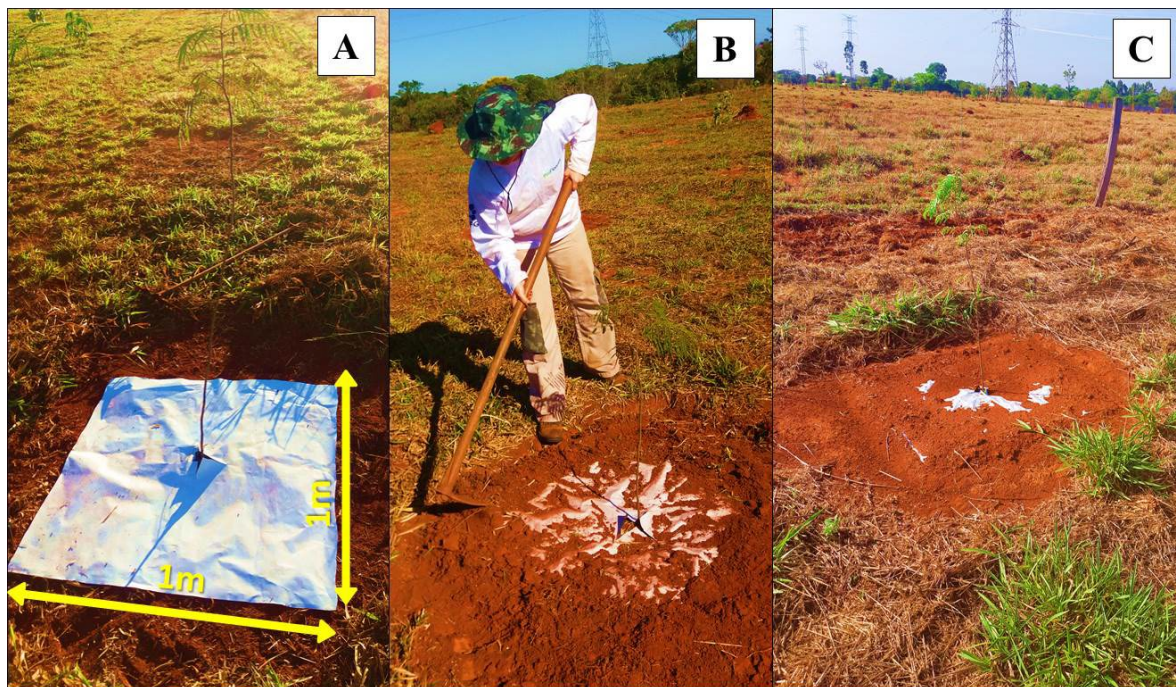


Figura 9: Registro fotográfico de lona plástica, com 1m², recém-instalada na região do coroamento de muda arbórea nativa do Cerrado (A), deposição de terra sob a lona recém-instalada para fixação da mesma ao solo (B) e muda de arbórea nativa do Cerrado em plantio para recuperação de área degradada com lona sob a região do coroamento com terra cobrindo parte da lona, representando grupo tratamento (C).

Para que a instalação da lona plástica pudesse ser tratada como tempo zero, em relação ao desenvolvimento do capim braquiarião na região do coroamento, um dia antes da instalação dos fragmentos de lona realizaram-se novas operações de coroamento com enxada e roçagens com roçadeira costal na região entre as mudas. Essas novas operações foram realizadas tanto nos indivíduos que se destinavam ao grupo controle como aos do grupo tratamento.

2.2.3. Coleta de dados para caracterização da cobertura do solo

Quatro meses após a instalação da lona, foi realizada a primeira coleta de cobertura do solo na região do coroamento. Para a coleta de dados dos índices de capim braquiarião na região do coroamento utilizamos um gabarito de 40 cm x 60 cm, dividido em 100 retângulos vazados, de 4 cm x 6 cm cada, sendo que cada retângulo equivale a um por cento da área do gabarito (Figura 10A). Com o gabarito no solo, alocado sucessivamente

em dois pontos da região do coroamento, lado esquerdo e lado direito da planta, contabilizamos quantos retângulos continham o capim *U. brizantha*. Sendo que, para o grupo tratamento, no momento da contagem, a lona foi retirada da região do coroamento e logo em seguida, ao término da contagem, foi recolocada. A quantidade de retângulos de cada ponto de cada indivíduo foi somada e convertida em porcentagem através da equação (VI):

$$\text{Porcentagem do solo coberto por } U. brizantha = 100 \cdot Y/200 \quad (\text{VI})$$

Em que:

Y é a quantidade de retângulos contados dos dois lados da planta que continham *U. brizantha* e 200 é o total de retângulos que havia dos dois lados da planta.

Quatro meses depois dessa primeira coleta, sendo oito meses após a instalação da lona, conduzimos a segunda coleta de dados de cobertura do solo na região do coroamento. Sendo que, a primeira foi feita no período de seca e a segunda no período chuvoso, do ano de 2018.

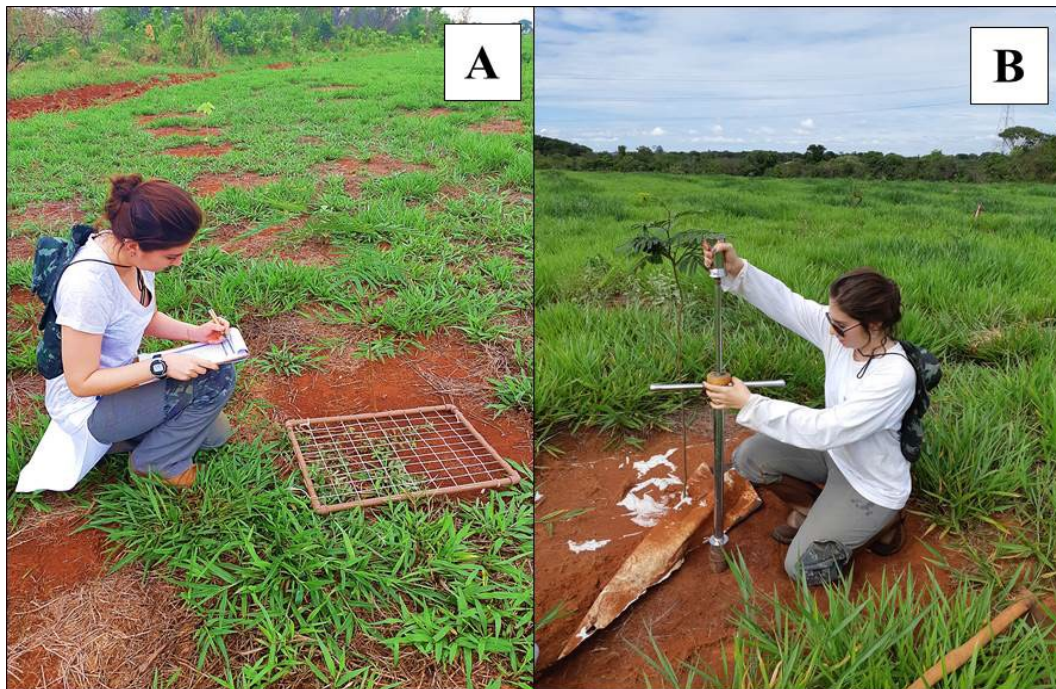


Figura 10: Registro fotográfico da coleta de dados de porcentagem de *U. brizantha* na região do coroamento, do lado direito, de indivíduo do grupo controle, no período de seca (A) e coleta de amostra indeformada de solo na região do coroamento de indivíduo do grupo tratamento (B).

2.2.4. Coleta de dados de mortalidade e crescimento

Para as taxas de mortalidade e crescimento de *A. colubrina*, contabilizaram-se o número de indivíduos que permanecerem vivos ao longo do tempo e mediram-se as suas alturas (H) e diâmetros à altura do coleto (DAC). A altura foi medida com o auxílio de régua graduada e o DAC com paquímetro digital. As coletas de H e DAC foram feitas em dois períodos, o primeiro quatro meses após o plantio e o segundo 13 meses após o plantio. Mas os dados de mortalidade foram coletados em uma ocasião, aos 13 meses após o plantio. Para as devidas análises e interpretações de dados, as medidas de H e DAC foram transformadas em incrementos medianos relativos, “I.H” e “I.DAC”, a partir equação (VII) e a mortalidade foi convertida em porcentagem através da equação (VIII):

$$\text{Incremento mediano relativo} = [(MF - MI) \div MI] \cdot 100 \quad (\text{VII})$$

Em que

MF é a mediana final, os dados coletados 13 meses após o plantio e MI a mediana inicial, os dados coletados quatro meses após o plantio.

$$\text{Porcentagem de indivíduos mortos} = 100 \cdot W/30 \quad (\text{VIII})$$

Em que:

W é o número de indivíduos mortos e 30 equivale ao total de indivíduos que estavam vivos no início do experimento.

2.2.5. Coleta de dados para caracterização física do solo

Cinco meses após a instalação da lona, em novembro de 2018, no período chuvoso, para a caracterização física edáfica dos grupos controle e tratamento, coletaram-se amostras indeformadas de solo. Para tanto, foi utilizado dois padrões de amostras indeformadas, em formato de monolito e em anel volumétrico de aço inox.

Os monolitos foram coletados aos 10 cm de profundidade, com dimensões de 13 x 8 cm (Figura 5E e F apresentada no primeiro capítulo dessa tese), a partir do uso de colher de pedreiro. Um monolito foi coletado no grupo controle e um no grupo tratamento, em

indivíduos aleatórios de cada grupo, certificando-se que o ponto de coleta estivesse dentro do da região do coroamento e com a distância mínima de 20 cm até a muda. No grupo tratamento, a lona foi elevada para a coleta (Figura 10B) e recolocada após a mesma.

As amostras dos anéis volumétricos (87 cm³ de volume) (Figura 5D apresentada no primeiro capítulo dessa tese) foram coletadas com o auxílio de trado extrator de anéis volumétricos (Figura 10B), aos 20 cm de profundidade e 20 cm distante da muda, em face aleatória da mesma. Esse processo foi repetido por seis vezes, em três indivíduos aleatórios do grupo controle e em três indivíduos aleatórios do grupo tratamento, totalizando seis amostras indeformadas coletadas em anéis volumétricos.

Ainda em campo, os anéis volumétricos e os monolitos foram envoltos em papel alumínio e filme PVC, devidamente identificados e mantidos em caixa de isopor durante o processo de coleta e transporte para o laboratório, para minimizar-se a perda de umidade. Em seguida, essas amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Goiás e analisadas conforme descrito no Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (2017) para a determinação da condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat), umidade de saturação do solo (U), porcentagem de macroporosidade (Ma), mesoporosidade (Me) e microporosidade (Mi) e a densidade global do solo (Ds), diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG).

2.2.6. Análise estatística

Através da estatística descritiva, com finalidade de caracterização, determinou-se a mediana, a variância e o desvio padrão dos dados de crescimento, de física do solo e de cobertura do solo. Em seguida, para as devidas interpretações, juntamente com os índices de mortalidade, esses mesmos dados foram ainda submetidos à análise multivariada de Análise de Componentes Principais (ACP). Uma vez que, através da ACP é possível se estabelecer combinações lineares, ordenando os dados em dois componentes, ou dois eixos, nos quais a variação do conjunto de dados será máxima e os pontos que estiverem próximos uns dos outros de formaram agrupamentos dentro dessa variação dos componentes (DAVIS, 1986; HAMMER et al., 2001).

2.3.RESULTADOS

2.3.1. Caracterização da cobertura do solo, crescimento e mortalidade

A mortalidade de *Anadenanthera colubrina* no grupo controle foi de 12,59% enquanto no grupo tratamento não ocorreu nenhuma morte. Para o grupo tratamento, também foi nula a quantidade de capim braquiarião embaixo na lona, tanto no período de seca quanto no chuvoso (Figura 11). Os valores máximos, mínimos e de medianas dos parâmetros de incrementos, tanto de H quanto de DAC se assemelham entre os grupos controle e tratamento (Figura 11).

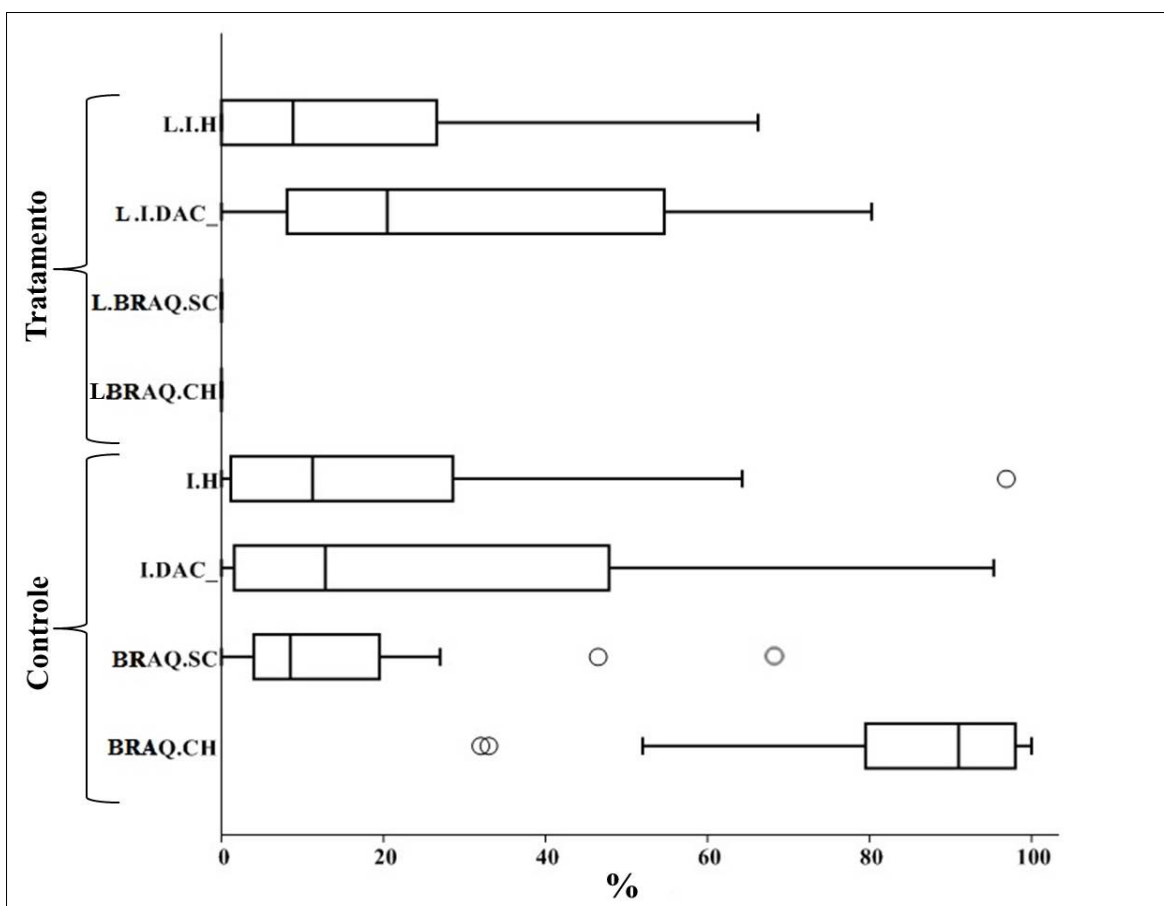


Figura 11: Boxplot das porcentagens de incremento mediano em altura (I.H) e em diâmetro à altura do coleto (I.DAC), de capim braquiarião (*Urochloa brizantha*) nos períodos de seca (BRAQ.SC) e de chuva (BRAQ.CH) para os grupos controle e tratamento de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

* Círculos representam *outliers*. (valores, no mínimo, 1,5 vezes maiores que o limite superior da caixa).

Ainda na Figura 11, nota-se que para o parâmetro quantidade de capim exótico, no período chuvoso, para o grupo controle (BRAQ.CH), o valor mínimo não é zero. Demonstrando que, durante esse período, todos os indivíduos analisados apresentaram

capim braquiário na região do coroamento, sendo a área ocupada por ele foi superior a 50% em todos os indivíduos (excetuando-se o *outlier*), e com mediana acima de 80%. Ainda sobre o grupo controle, no período de seca (BRAQ.SC) a mediana da quantidade de capim exótico no coroamento caiu para menos de 10% e o valor mínimo é zero.

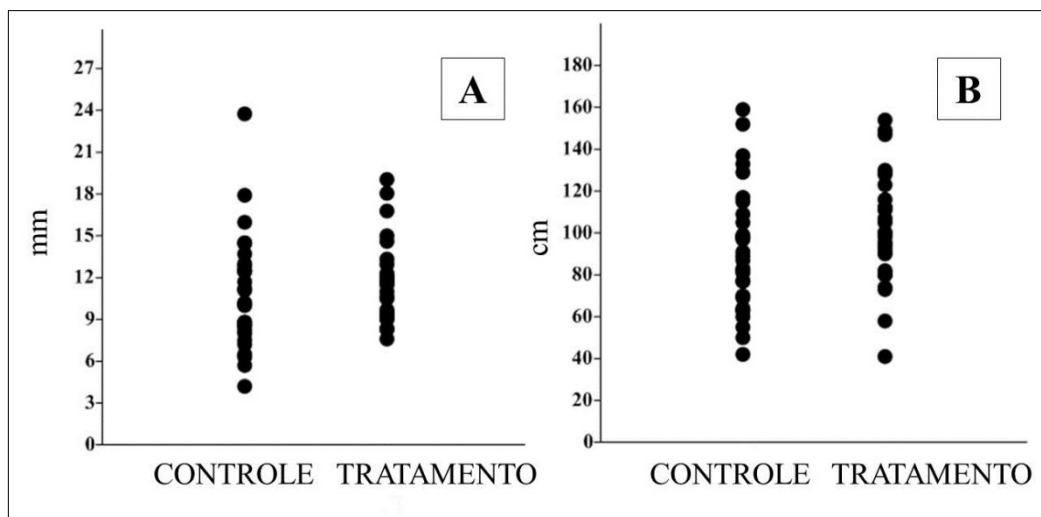


Figura 12: Diagrama das medidas de diâmetro à altura do coleto (mm) (A) e de altura (cm) (B) de *Anadenanthera colubrina* aos 13 meses pós plantio, no grupo controle e grupo tratamento de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

A Figura 12 apresenta das medidas finais de diâmetro à altura do coleto (mm) e de altura (cm) de *A. colubrina* aos 13 meses pós plantio indicando o grupo controle e tratamento de cada variável. No grupo tratamento, mediana para altura foi 99 cm e para diâmetro à altura do coleto foi 11,25 mm, enquanto no grupo controle, esses valores foram de 88 cm e 10,15 mm respectivamente.

2.3.2. Caracterização física do solo

Através da Tabela 5, visualiza-se que a maior variância e desvio padrão, ocorreu para a variável de porcentagem de agregados com diâmetro maior que 2 mm ($\%>2$), no grupo controle. Seguida pela condutividade hidráulica de solo saturado (K_{sat}), também no grupo controle. Enquanto, as menores variâncias e desvios padrão foram encontrados, nos dois grupos, para as variáveis diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG), densidade do solo (DS) e umidade gravimétrica do solo (U), sendo os valores nulos para essa última.

Tabela 5 – Medianas das propriedades físicas do solo com seus respectivos valores de variância e desvio padrão de amostras de Latossolo Vermelho, coletadas de 0 a 20 cm de profundidade para os dados de Ksat, U, Ds, e PT de 0 a 10 cm de profundidade para os dados de %>2, DMG e DMP, nos grupos controle e tratamento de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás

		Ksat cm/h	%>2	U %	DMG mm	DMP mm	DS g/cm ³	PT %
Controle	Mdna	12,57	76,63	12,84	2,41	2,39	1,28	48,53
	V	22,95	36,5	0	0,05	0,02	0	2,15
	D.P	4,79	6,04	0	0,22	0,14	0,02	1,46
Tratamento	Mdna	9,56	62,76	10,64	1,85	2,09	1,43	54,00
	V	2,73	5,07	0	0	0	0	0,68
	D.P	1,65	2,25	0	0	0,04	0,04	0,82

*Ksat = condutividade hidráulica do solo saturado, %>2 = porcentagem de agregados com diâmetro maior que 2 mm, U = umidade gravimétrica, DMP = diâmetro médio ponderado dos agregados, DMG = diâmetro médio geométrico dos agregados, DS = densidade global do solo, PT = porosidade total, Mdna = mediana, V = variância, D.P = desvio padrão, RN = nativa em regeneração natural, 2PL = segundo plantio, 1PL = primeiro plantio, PST = pasto.

As variáveis relacionadas à porosidade do solo, macroporosidade (Ma), mesoporosidade (Me) e microporosidade (Mi) se mostraram ligeiramente mais igualitariamente distribuídas no grupo tratamento (Figura 13). Mas, para os dois grupos, a classe dos microporos se apresentou em maior proporção na divisão do espaço poroso. Os macroporos foram os que mais se aproximaram da divisão em igualdade entre as classes de tamanhos, nos dois grupos. A porosidade total (soma das três classes de poros, Ma, Me e Mi), no grupo tratamento foi de 50,44 e no grupo controle de 54,13.

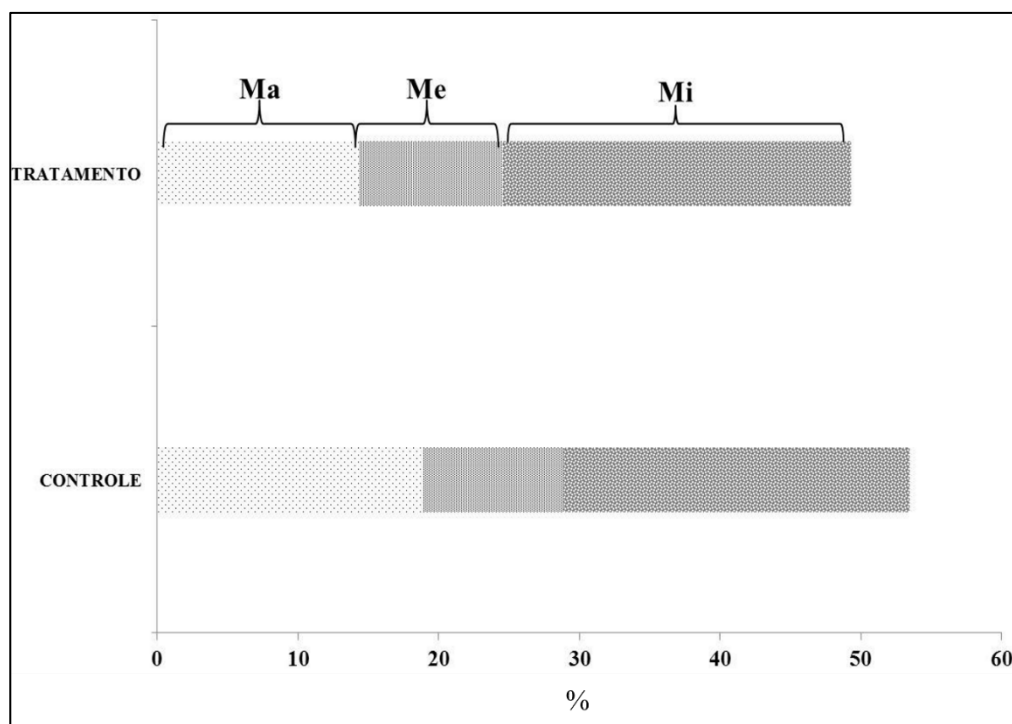


Figura 13: Gráfico em barras demonstrando a distribuição entre as três classes porosidade do solo, macroporos (Ma), mesoporos (Me) e microporos (Mi) no grupo controle e tratamento de estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

2.3.3. Correlação entre mortalidade, crescimento, cobertura do solo e física do solo

O diagrama da Figura 14 acumulou 66,29% da variância dos pontos (52,84% no primeiro eixo e 13,45% no segundo), validando a ordenação das variáveis. A disposição dos pontos que representam os dois grupos, controle e tratamento, formando agrupamentos totalmente isolados um do outro evidencia que existe diferença entre ambos. Indicando que o uso da lona na região do coroamento das mudas de *A. colubrina* exerceu influência sobre o conjunto de variáveis analisadas. Através da disposição e do tamanho dos vetores, pode-se concluir que essa diferença entre os grupos controle e tratamento ocorre devido aos vetores BRAQ.CH, BRAQ.SC, M, U, Ma, DMP, DMG, %>2 e DS. Sendo, as demais variáveis e vetores, de meso e microporosidade, crescimento em altura e diâmetro, condutividade hidráulica do solo não determinantes para a separação dos pontos entre os dois grupos.

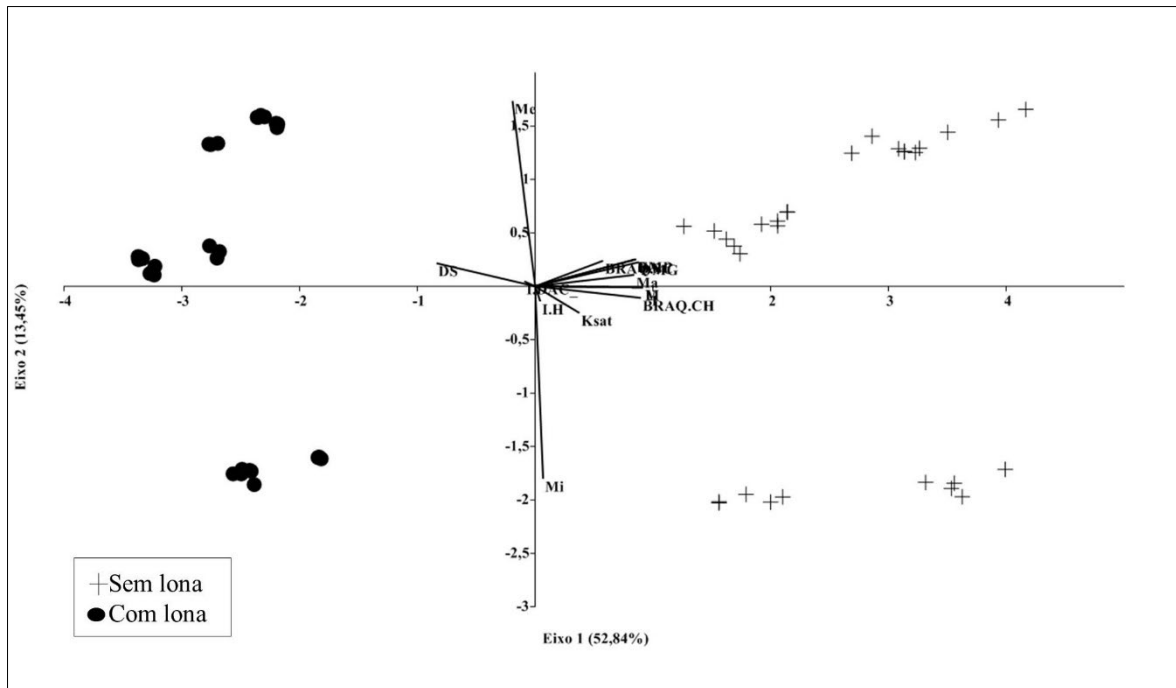


Figura 14: Diagrama resultante da Análise de Componentes Principais envolvendo as propriedades físicas do solo, mortalidade (M), incremento mediano em altura (I.H) e em diâmetro à altura do coleto (I.DAC) das mudas, e os índices de capim braquiário (*Urochloa brizantha*) nos períodos de seca (BRAQ.SC) e de chuva (BRAQ.CH) para os grupos controle e tratamento em estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

A evidente formação de dois grupos isolados, sendo um agrupamento somente composto por pontos que representam os indivíduos do tratamento e o outro agrupamento composto somente por indivíduos controle e a disposição dos vetores BRAQ.CH e BRAQ.SC em sentido e direção ao grupo controle demonstra a eficiência da lona para o combate ao capim braquiária (*Urochloa brizantha*) (Figura 15A). Além disso, vale notar que as plantas que receberam o tratamento, são aquelas que apresentam menor mortalidade, pois seus pontos estão dispostos em sentido oposto ao vetor M, que representa o índice de mortalidade dos indivíduos de *A. colubrina*, e alocou-se no quarto quadrante.

Os vetores BRAQ.SC e BRAQ.CH (Figura 14), possuem o mesmo sentido, a favor dos quadrantes dos pontos do grupo controle, quadrantes 1 e 4. Indicando que, a quantidade presente de capim braquiária é maior no grupo controle, aquele que não recebeu lona. Da mesma maneira, por se posicionarem em sentido e direção contrárias aos pontos do grupo tratamentos, conclui-se que para esses pontos a quantidade de capim braquiária foi insignificante para a ACP. Quanto ao tamanho, ambos os vetores do capim braquiária apresentam tamanhos semelhantes entre si, sendo o vetor do período chuvoso (BRAQ.CH) brandamente maior que o do período de seca (BRAQ.SC) (Figura 14).

Indicando que apesar da quantidade do capim ser maior durante as chuvas, ele ainda persiste em durante a seca.

Além da cobertura do solo, dentre as variáveis responsáveis pela separação dos grupos, o grupo controle, apresenta ainda os maiores valores para DMP, DMG, %>2, U e Ma. Enquanto, do lado oposto do diagrama, o grupo tratamento apresenta os maiores valores para DS (Figura 14).

Apesar dos vetores Mi e Me terem se destacado quanto ao tamanho (Figura 14), demonstrando forte influência do espalhamento dos pontos. Seus respectivos sentidos e direções indicam que essa influência não foi sobre a separação dos grupos controle e tratamento e sim sobre os quadrantes superiores e inferiores do diagrama. Enquanto o efeito do uso da lona é visualizado no espalhamento do eixo 1, horizontal, a ação de Mi e Me ocorreu no eixo 2, vertical (Figura 14). Portando o uso da lona não indicou mudanças na quantidade de meso e microporos do solo da região do coroamento. Assim, as principais consequências do uso do tratamento com lona foram a mortalidade de *A. colubrina*, a quantidade de capim braquiária na região do coroamento, sobretudo durante o período chuvoso, a estabilidade de agregados, a densidade do solo e a macroporosidade (Figura 14).

2.4. DISCUSSÃO

2.4.1. Aspectos sobre a cobertura do solo

A formação de dois grupos isolados (Figura 14) evidenciou a efetividade da lona plástica para combater a gramínea *Urochloa brizantha* na região do coroamento de indivíduos de *Anadenanthera colubrina*, em plantio de recuperação de área degradada no Cerrado, tanto em período chuvoso como de seca (Figura 15A). A semelhança entre as medianas dos valores de incremento dispuseram seus vetores em posição de baixa influência no espalhamento dos pontos. A discreta participação do vetor BRAQ.SC sobre o espalhamento dos pontos se deve à branda diferença entre os índices de capim braquiária no período da seca, zero para o grupo tratamento e mediana menor que 10% para o controle. Essa diferença não foi, então, suficiente para influenciar agrupamentos no diagrama da Figura 14 e está diretamente relacionada ao regime hídrico da região do Cerrado. Com acentuada sazonalidade, o bioma Cerrado apresenta período de seca no qual as plantas não nativas tendem a apresentar dificuldade de desenvolvimento nesse período

(SANTOS et al., 2003; MARCUZZO et al., 2012). Por isso, mesmo com a agressiva proliferação e rústica resistência que as espécies do gênero *Urochloa* normalmente apresentam, o capim braquiária ocupou menos de 10% da região do coroamento no período da seca. Assim, o uso da lona pode ser dispensado nessa estação, desde que previamente já tenha sido efetuado o coroamento manual, assim como no tempo zero desse experimento.

Mas, durante o período chuvoso o capim braquiária recebe mais recursos para seu desenvolvimento e tende a competir mais agressivamente com as espécies nativas. Por isso, o vetor BRAQ.CH exerceu maior efeito na formação dos grupos de pontos da Figura 16. Indicando que, foi durante o período de chuvas, que a efetividade do uso da lona foi proeminente, uma vez que nessa estação a ameaça competitiva que as gramíneas exóticas impõem sob as espécies nativas é acentuada

Portanto o método de recobrir o coroamento com lona plástica pode ser priorizado nas estações chuvosas para regiões que apresentem sazonalidade hídrica. Porém, como os plantios, de espécies arbóreas no Cerrado, normalmente ocorrem durante a estação de chuvas, o mais logisticamente viável seria a instalação da lona durante o plantio e sua permanência no período de seca, para que nas próximas estações chuvosas o processo de instalação não precise ser refeito. Dessa maneira, o objetivo de facilitar a fase de manutenção e diminuir as operações em campo pode ser mais facilmente atingido e a mesma técnica pode ser mantida para regiões com regime hídrico uniforme, em que a lona, provavelmente, atuará efetivamente durante todo o ano.

Além disso, a instalação da lona durante o plantio, provavelmente, facilitará a acomodação da muda através da fenda feita no meio da lona, evitando injúrias na parte área da muda uma vez que as plantas estarão com o raio de copa menor. No presente experimento, a instalação da lona foi realizada seis meses após o plantio, obrigando a fenda central da lona a ter proporções suficientes para a passagem da parte aérea de plantas já aclimatadas ao campo. O corte em formato de cruz, com 20 cm em cada abertura, permitiu a entrada de raios solares em quantidade suficiente para o desenvolvimento de *U.brizantha* dentro da fenda de alguns indivíduos, no período chuvoso (Figura 15B e C). Observamos no grupo tratamento, que o restante da região do coroamento, que se encontrava coberto pela lona, sem contato direto com raios solares, permanecia ausente de *U.brizantha* enquanto na região da fenda da lona, o capim havia se manifestado.

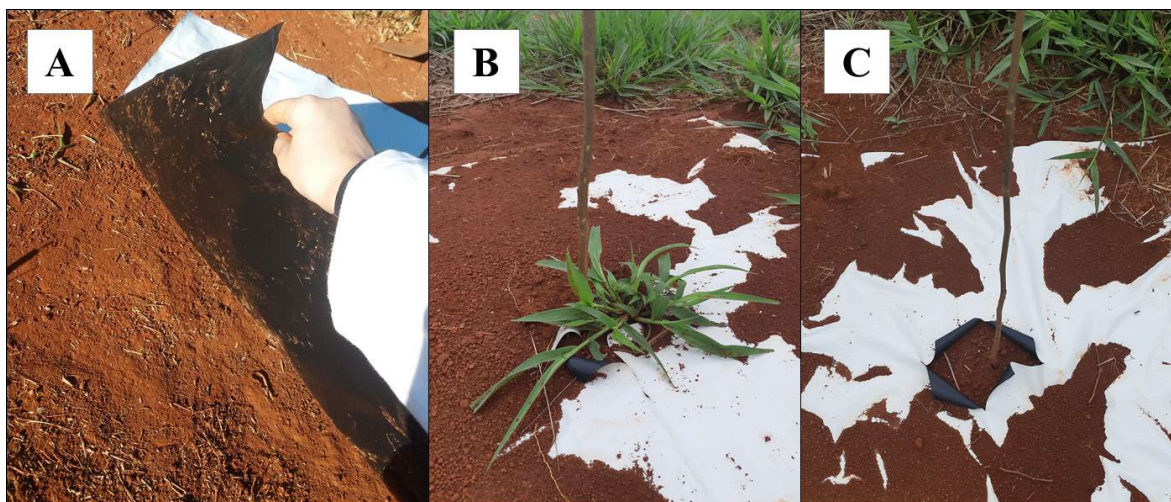


Figura 15: Registros fotográficos durante o processo de coleta de cobertura do solo em outubro de 2018 destacando a ausência de *Urochloa brizantha* de baixo da lona, na região do coroamento de indivíduo do grupo tratamento (A), presença de *U. brizantha* na fenda central da lona depositada na região do coroamento de indivíduo do grupo tratamento (B) e ausência de *U. brizantha* na fenda central da lona depositada na região do coroamento de indivíduo do grupo tratamento (C) em estudo para manejo de áreas degradadas no Cerrado, em Goiânia, Goiás.

O maior problema disso é que, os primeiros centímetros em volta da planta são justamente onde deve se priorizar a eliminação da matocompetição e onde ela tende a ocorrer de forma mais agressiva devido à adubação realizada na cova de plantio. Uma vez que a adubação favorece não somente as espécies nativas como também as gramíneas exóticas (STAPE et al., 2015). A permanência dessas gramíneas nessa região gera então, além de competição, perdas de insumos, já que parte do adubo utilizado na cova será, provavelmente, consumido pela planta exótica. Essa situação pode ser ainda mais agravante em mudas ainda não aclimatadas ao campo. Pois comumente elas são mais susceptíveis a danos e mais sensíveis a mudanças, como a competição, no ambiente. Por isso, aconselhamos que a fenda para acomodação da muda seja a menor possível e que não se descarte a possibilidade de aliar outro tipo de cobertura nesses primeiros centímetros em volta da muda. A deposição de cobertura morta, por exemplo, nessa região da fenda pode ser uma alternativa viável (SILVA & CORRÊA, 2008).

2.4.2. Aspectos sobre o crescimento e mortalidade de *Anadenanthera colubrina*

Porém, mesmo com essa ocorrência de *U. brizantha* na fenda das lonas percebe-se que o tratamento não influenciou o desenvolvimento de *A. colubrina*. Por isso, os vetores de incremento em altura (I.H) e em diâmetro (I.DAC), se dispuseram em menores tamanhos, não influenciando a separação dos grupos (Figura 14). Da mesma forma, o

tamanho, sentido e direção desses vetores evidencia que o tratamento com a lona, mesmo sendo capaz de eliminar o capim braquiária, não foi suficiente pra aumentar o incremento em altura de *A. colubrina*, mas também não atrapalhou seu crescimento.

Talvez, a presença do capim braquiária na fenda da lona pode ter anulado os possíveis efeitos benéficos que a remoção do capim no restante da área do coroamento poderia exercer. Igualando assim, o grupo tratamento com o controle no que diz respeito ao crescimento. Outra possibilidade é de que o tempo de estudo tenha sido insuficiente para que a ausência do capim braquiária exercesse alguma implicação sob o desenvolvimento de *A. colubrina* e que esse efeito somente seja percebido em longo prazo, pois não é incomum que os primeiros efeitos de crescimento sejam limitados logo após a remoção da matocompetição (LOF et al., 2004; WILLOUGHBY & JINKS, 2009)

Para a variável mortalidade, a diferença que o vetor M indicou entre o grupo controle e tratamento (Figura 14) é de 10%, uma vez que esse é o índice para o grupo controle e para o grupo tratamento o valor foi nulo. Apesar do tratamento ter apresentado essa almejada taxa de 0% de mortalidade, os 10% exibido pelo controle podem ser considerados baixos e aceitáveis em situações de recuperação de áreas degradadas em no Cerrado (DUBOC & GUERRINI, 2007). Essa diferença de 10% entre os tratamentos não é suficiente para confirmar que o uso da lona influenciou na sobrevivência das plantas.

Além disso, o valor nulo de mortalidade para o grupo tratamento demonstra que a proliferação do capim exótico somente na fenda da lona, não foi suficiente para afetar a sobrevivência das *A. colubrina*. Mas a baixa mortalidade geral pode ainda estar relacionada à fatores genéticos intrínsecos à essa espécie, que talvez seja mais resistente à matocompetição que a maioria das espécies arbóreas do Cerrado. Além disso, os efeitos de sobrevivência perante a remoção de plantas competidoras nem sempre são imediatos (NILSSON et al, 1996; LOF & WELANDER, 2004). Sendo assim, a condução de um estudo por maior período de tempo talvez gere resultados diferentes.

É possível supor ainda que, o efeito da lona sob a mortalidade talvez pudesse ser outro ainda, se a lona tivesse sido instalada durante o plantio. Pois, as primeiras semanas pós-plantio costumam ser as mais críticas para a sobrevivência das mudas. Talvez, ao instalar o experimento com seis meses decorridos do plantio, os indivíduos selecionados já estavam devidamente aclimatados e menos sensíveis às condições de degradação da área. Portanto, pode-se sugerir que novos estudos sejam realizados a fim de se verificar se o uso da lona plástica, desde o plantio pode influenciar mais na sobrevivência das mudas.

Além da competição com gramíneas exóticas, diversos outros fatores podem ocasionar a morte de mudas em plantios nativos, como o ataque de formigas cortadeiras ou o pisoteio por bovinos (NASCIMENTO et al., 2015). Relacionado à técnica do coroamento, existe ainda o fator da exposição direta do solo à radiação solar. A remoção completa da cobertura vegetal, mesmo que exótica, expõe o ambiente edáfico à altas temperaturas e desequilíbrio hídrico que podem limitar o desenvolvimento e a sobrevivência de plantas nesse solo (CARNEVELE & MONTAGNINI, 2002; WILLOUGHBY & JINKS, 2009; STAPE et al., 2015). Dessa forma, a lona plástica pode atuar não somente como barreira para a perpetuação das gramíneas exóticas como também para proteger a camada superficial do solo do contato direto com os raios solares, contribuindo para a sobrevivência das mudas.

2.4.3. Aspectos sobre a física do solo

A condutividade hidráulica (K_{sat}) foi constatada em valores adequados nos dois grupos, 12,57 cm/h no controle e 9,56 cm/h no tratamento (BRADY & WEIL, 2013). Essa propriedade é especialmente relevante para áreas degradadas, principalmente no início de plantios de mudas. Pois o movimento da água no solo influencia no estresse hídrico para os vegetais e as mudas inseridas no ambiente degradado comumente sofrem com esse estresse durante o plantio, principalmente se não passaram por processo de aclimação ou rustificação (PINTO et al., 2011). Portanto, provavelmente, os valores de K_{sat} apropriados aqui relatados, contribuíram significativamente para que a mortalidade de ambos os grupos fosse baixa, como já dito anteriormente.

Para a densidade do solo, que apareceu como determinante para a diferenciação entre o grupo controle e tratamento, o valor mediano relatado para o grupo controle (1,28 g/cm³) (Tabela 5) se assemelham aos normalmente descritos para solos minerais com texturas semelhantes à desse estudo, 1,25 g/cm³. Porém, Brady & Weil (2013) comentam que após décadas de cultivo, esse valor médio tende a subir para 1,40 g/cm³, se assemelhando mais, então, ao grupo tratamento (1,43 g/cm³) e condizente com o manejo da área. Mas, se considerarmos os limites estabelecidos por Ferreira (2010), podemos considerar que em ambos os grupos, a densidade do solo se encontra dentro do normalmente relatado para Latossolos brasileiros (de 0,9 a 1,5 g/cm³).

Pode-se comentar ainda que apesar de alguns autores considerarem o limite de 1,30 g/cm³ como densidade crítica para o desenvolvimento radicular (ISRAELSEN & HANSEN 1965; ARGENTON et al., 2005), tanto no grupo controle, que apresenta valor próximo a esse limite, quando o grupo tratamento, que ultrapassou esse limite, *A. colubrina* apresentou desenvolvimento aéreo condizente com sua espécie (FERREIRA et al., 2012). Sendo assim, possivelmente, seu desenvolvimento radicular também se deu de forma padrão. O bom desenvolvimento dos indivíduos de Angico Branco indica ainda que, a capacidade de crescimento radicular lateral que as gramíneas invasoras apresentam, podendo competir com a arbórea nativa mesmo estando fora da região do coroamento, não atrapalhou o crescimento e sobrevivência de *A. colubrina* (STAPE et al., 2015).

Essa diferença entre as densidades do solo dos dois grupos pode se relacionar com o fato de que os maiores índices de DMP, DMG e %>2 foram relatados para o grupo controle, em oposição ao ocorrido com a densidade. A relação entre essas ocorrências pode se dar, justamente, pela ausência de *U. brizantha* no grupo tratamento. Provavelmente, são as raízes fasciculadas dessa gramínea as responsáveis por promover, no grupo controle, maior estabilidade de agregados, com maiores valores para DMP, DMG e %>2. Essas melhores condições de estabilidade de agregados influenciam manutenção de menores índices de densidade do solo. O efeito contrário deve ocorrer no grupo tratamento, uma vez que as raízes de *A. colubrina*, provavelmente, ainda não se desenvolveram suficientemente para substituir o efeito das gramíneas no solo da região do coroamento.

É possível ainda, relacionar esses aspectos da estabilidade de agregados e da densidade do solo com o fato da macroporosidade também ser maior no grupo controle. Pois essas os maiores poros do solo tendem a ocorrer nas camadas superficiais com correlação positiva com a estabilidade de agregados e quando maior é a aeração do solo, ou seja, quanto maior é o número de macroporos, menor tende a ser a densidade desse solo (FERREIRA, 2010).

Quando ao espaço poroso do solo, verificou-se que tanto o grupo controle quanto o tratamento encontram-se nos padrões ditos ideais para porosidade total, próxima a 50% (Tabela 5). Mas, em relação às classes de tamanhos dos poros, notou-se que ambos os grupos não atendem aos ideais valores de 1/3 da porosidade total para cada classe. A macroporosidade, além de se apresentar com os valores mais próximos do ideal entre a divisão de classes, manteve-se, nos dois grupos, acima do limite considerado crítico de 10% (Tabela 5) (NOVAIS; MELLO, 2007; FERREIRA, 2010).

Esse desequilíbrio entre a divisão dos tamanhos dos poros, nos dois grupos, se deve, principalmente, aos elevados índices de meso e microporos encontrados. São justamente essas duas variáveis que separaram os pontos do diagrama da Figura 14 no sentido vertical, formando agrupamentos não relacionados ao tratamento com a lona. Como a microporosidade não é um fator fortemente influenciado pelo manejo do solo, como é para meso e macroporosidade (BRADY & WEIL, 2013), talvez essa diferença entre as amostras seja consequência de alguma mancha distinta no ambiente edáfico.

2.5. Implicações para intervenções futuras

Durante o estudo com a lona, notou-se que para que esse método atue efetivamente, é necessário ter rigorosidade com a fixação da lona ao solo, para que esse material não seja deslocado pelo vento ou pela fauna local. Para tanto, após a disposição da lona sob o solo pode-se cobrir a mesma com terra, retirada do próprio coroamento, em quantidade suficiente para que o peso dessa terra promova a fixação da lona, como realizado nesse trabalho.

Além disso, aconselhamos que, nos casos em que a lona apresente uma face de cor preta e outra de cor branca, a instalação seja feita com a face branca voltada para baixo, se a situação for experimental, como no presente trabalho. Pois, com a cor branca exposta, há maior facilidade de visualização em campo, mas também atrai a atenção de animais que podem retirar a lona do local. O contato entre a lona plástica e a fauna pode não somente prejudicar a eliminação da gramínea exótica como também desencadear um novo problema ambiental através da ingestão desse material pelos animais.

É importante destacar ainda que o método da lona deve ser associado à prática de roçagem nas entrelinhas de plantio, como manutenção, uma vez que mesmo fora do coroamento, o capim braquiária ainda é capaz de exercer forte competição com as mudas plantadas (STAPE et al., 2015). Esse procedimento deve ser mantido até que as espécies plantadas forneçam sombreamento suficiente para controlar o capim exótico sem a necessidade de novas intervenções antrópicas. Ao atingir essa fase, a lona plástica deve ser retirada do sistema para que o processo de sucessão ecológica dê continuidade ao recobrimento da área do coroamento com espécies nativas e que o almejado equilíbrio ecológico seja alcançado.

2.6 CONCLUSÕES

- O uso da lona na região do coroamento das mudas de *Anadenanthera colubrina* foi suficiente para eliminar *Urochloa brizantha* dessa região.
- O uso da lona na região do coroamento das mudas de *Anadenanthera colubrina* não exerceu efeito sob os incrementos em altura e em diâmetro à altura do coleto e mortalidade de *A. colubrina*.
- O efeito do uso da lona é mais acentuado no período chuvoso do que no período de seca.
- A quantidade *U. brizantha*, a umidade do solo, a macroporividade, as variáveis de estabilidade de agregados e a densidade do solo da região do coroamento de *A. colubrina* foram as principais causas de diferença entre o grupo controle e tratamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para aprofundar os resultados obtidos nesse trabalho, sugerimos que, em estudos futuros, as coletas de cobertura do solo do capítulo 1 sejam realizadas também no período chuvoso para possível comparação entre o comportamento da relação de porcentagem do solo que permanece coberto pela gramínea exótica com a do período de seca. Sugere-se ainda que a coleta de amostras para análise física do solo seja repetida em maiores profundidades, uma vez que o manejo do solo pode afetar as camadas de profundidade de diferentes maneiras e levando-se em conta que espécies arbóreas do Cerrado possuem a capacidade de crescimento radicular em grandes profundidades.

Os resultados aqui apresentados, podem ainda ser refinados, por exemplo, através de novas coletas no ambiente do segundo plantio ao longo do desenvolvimento das arbóreas. A fim de se verificar como as variáveis aqui analisadas se comportam ao longo do tempo e se correlacionam com o ambiente em processos mais avançados de recuperação ecológica.

Para o capítulo 2, em específico, pode-se sugerir que o método da lona seja implantado nas demais espécies do plantio ou em outras espécies arbóreas. Além disso, julgamos valer a pena testar se a lona aumenta a temperatura do ambiente edáfico, uma vez que essa variável também se relaciona com a saúde do solo, principalmente no compartimento biológico. Assim, a validação da eficiência desse método pode ser ampliada.

Vale ressaltar ainda que os projetos de restauração ecológica devem incluir, em seus plantios, espécies vegetais de diferentes hábitos. A composição florística deve contemplar não somente arbóreas, como é comumente feito, mas também espécies com hábitos herbáceos e arbustivos e ainda as gramíneas nativas. Para tanto, é necessário que haja desenvolvimento técnico para produção e comercialização de exemplares desses outros grupos vegetais. Atualmente, a maioria dos viveiros se concentra em produção de espécies arbóreas. Não somente por esse grupo ter técnicas reprodutivas mais difundidas, como também para atender a demanda que os plantios exigem. Dessa forma, além do conhecimento técnico, é necessário se incentivar o uso desses outros grupos para que a demanda do mercado seja ampliada e justifique a mudança na variabilidade nos viveiros. A partir dessa mudança podem-se aumentar as chances de converter os projetos de

recuperação de áreas degradadas de plantios para florestas, campos ou savanas, chegando cada vez mais perto do ecossistema de referência, da minimização do impacto antrópico e aproximando-se ainda mais almejado equilíbrio ecossistêmico.

REFERÊNCIAS

AQUINO, F. de G.; OLIVEIRA, M. C. de; RIBEIRO, J. F.; PASSOS, F. B. 2009. **Módulos para recuperação de Cerrado com espécies nativas de uso múltiplo**. Planaltina: Embrapa Cerrados.

ARAÚJO-JUNIOR, C. F.; DIAS JUNIOR, M DE S.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALCÂNTARA, E. N. Capacidade de suporte de carga e umidade crítica de um Latossolo induzida por diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 115-131, 2011.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L do P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 425-435, 2005.

BARBOSA, V.; BARRETO-GARCIA, P.; GAMA-RODRIGUES, E.; PAULA, A. de. Biomassa, Carbono e Nitrogênio na Serapilheira Acumulada de Florestas Plantadas e Nativa. **Floresta e Ambiente**, v.24, 2017.

BRANCALION, P. H. S., VIANI, R. A. G., STRASSBURG, B. B. N. AND RODRIGUES, R. R. Finding the money for tropical forest restoration. **Unasylva**, v.63, p.25 – 34, 2012.

BRANCALION, P. H. S.; SCHWEIZER, D.; GAUDARE, U.; MANGUEIRA, J. R.; LAMONATO, F.; FARAH, F. T.; NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R. Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active restoration in agricultural landscapes: the case of Brazil. **Biotropica**, v.48, n.6, p.856–867, 2016.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 11/04/2019.

BREED, M. F.; LOWE, A. J.; MORTIMER, P. E. Restoration: ‘Garden of Eden’ unrealistic. **Nature**, v.533, p.469 – 469, 2016.

BUDDENHAGEN, C. E. The successful eradication of two blackberry species *Rubus megalococcus* and *R. adenotrichos* (Rosaceae) from Santa Cruz Island, Galapagos, Ecuador. **Pacific Conservation Biology**, v.12, p.272–278, 2006.

CALIL, F. C.; LIMA, N. L.; SILVA, R. T.; MORAES, M. D. A. DE; BARBOSA, P. V. G.; LIMA, P. A. F.; BRANDÃO, D. C.; SILVA-NETO, C. DE M.; CARVALHO, H. C. DE. S.; NASCIMENTO, A. dos R. Biomass and nutrition stock of grassland and accumulated litter in a silvopastoral system with Cerrado species. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n.38, p. 3701-3709, 2016.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. dos. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.

CAMPOE, O. C.; STAPE, J. L.; MENDES, J. C. T. Can intensive management accelerate the restoration of Brazil's Atlantic forests. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p.1808 -1814, 2010.

CAMPOS-FILHO, E. M.; GUIMARÃES, J. C. C.; FREITAS, L. G. B de; MARQUES, M. C. M.; GUERIN, N.; BRITEZ, R. M.; JUNQUEIRA, R. G. P. Métodos de restauração florestal: áreas que não possibilitam o aproveitamento inicial da regeneração natural. In: BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**, Oficina de Textos, São Paulo - SP, 2015, p.219 - 250.

CARNEVELE, N. J.; MONTAGNINI, F. Facilitating regeneration of secondary forest with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species. **Forest Ecology and Management**, v.163, n.1-3, p.217-227, 2002.

CASTILLO, J.; SMITH-RAMÍREZ, C. Impact of invasive plant control on soil loss: a case study on Robinson Crusoe Island. **Restoration Ecology**, v.26, n.6, p.1165 – 1169, 2018.

CASTRICINI, A.; DIAS, M. S. C.; MARTINS, R. N.; SANTOS, L. O. Morangos produzidos no semiárido de Minas Gerais: qualidade do fruto e da polpa congelados. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p.2-7, 2017.

CAVA, M. G. B.; PILON, N. A. L.; RIBEIRO, M. C.; DURIGAN, G. Abandoned pastures cannot spontaneously recover the attributes of old-growth savannas. **Journal of Applied Ecology**, v.55, n.3, p.1164-1172, 2017

CAVALLI, E.; LANGE, A.; CAVALLI, C.; BEHLING, M. Decomposition and release of nutrients from crop residues on soybean-maize cropping systems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.13, n.2, p.1981 - 0997, 2018.

CÉSAR, R. G., BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; OLIVEIRA, A. M. DOS S.; ALVES, M. C. Does crotalaria (*Crotalaria breviflora*) or pumpkin (*Cucurbita moschata*) inter-row cultivation in restoration plantings control invasive grasses? **Scientia Agricola**, v.70, n.4, p.268-273, 2013.

CÉSAR, R. G.; VIANI, R. A. G.; SILVA, M. C. DA; BRANCALION, P. H. S. Does a native grass (*Imperata brasiliensis* Trin.) limit tropical forest restoration like an alien grass (*Melinis minutiflora* P. Beauv.). **Tropical Conservation Science**, v.7, n.4, p.639 - 656, 2014.

CHAZDON, R. L. Beyond Deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands. **Science**, v. 320, p.1458-1460, 2008.

CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. da. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação

Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta botânica brasílica**, v.20, n.1, p.49 – 59, 2006.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado - Manual para revegetação**. Brasília, Ed. Universa, 2009. 174p.

COUTINHO, A. G.; ALVES, M.; SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. VIEIRA, D. L. M. Effects of initial functional-group composition on assembly trajectory in savanna restoration. **Applied Vegetation Science**, p.1–10. <https://doi.org/10.1111/avsc.12420>, 2019.

DAVIS, J.C. 1986. **Statistics and Data Analysis in Geology**. John Wiley & Sons.

DE-GROOT, R. S.; BLIGNAUT, J.; VAN DER PLOEG, S.; ARONSON, J.; ELMQVIST, T.; FARLEY, J. Benefits of investing in ecosystem restoration. **Conservation Biology**, v.27,p.1286–1293, 2013.

DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.), **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa - MG, 2007, p.955-990.

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

DUBOC, E.; GUIRRINI, I, A. Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de mata de galeria no domínio do cerrado em resposta a fertilização. **Energia na Agricultura**, v.22, n.1, p.42-60, 2007.

DURIGAN, G.; TABARELLI, M.; CHAZDON, R. L. Bases conceituais para a restauração florestal: sucessão ecológica e um modelo de fases. In: BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**, Oficina de Textos, São Paulo - SP, 2015, p.135 - 160.

EHAGBONARE, J. E. Effect of taungya on regeneration of endemic forest tree species in Nigeria: Edo State Nigeria as a case study. **African Journal of Biotechnology**, v.5, p.1608–1611, 2006.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed. – Rio de Janeiro, RJ : EMBRAPA-SPI, 2013. 353p

FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; PINTO, J. R. R. 2005. Modelo nativas do bioma stepping stones na formação de corredores ecológicos, pela recuperação de áreas degradadas no Cerrado. In: ARRUDA, M. B. (Org.) **Gestão integrada de ecossistemas aplicada a corredores ecológicos**. IBAMA, Brasília – DF, 2005. p.187-209.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. 2000. **Recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa – CPAC.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. de J. van (Ed.) **Física do solo**. SBCS, Viçosa – MG, 2010. p. 1–27.

FERREIRA, W. N.; ZANDAVALLI, R. B.; BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altshul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**, v.26, n.2, p.408-414. 2012.

FLORENTINE, S. K.; WESTBROOKE, M. E. Restoration on abandoned tropical pasturelands do we know enough? **Journal for Nature Conservation**, v.12, n.2, p.85 – 94, 2004.

GHIMIRE, S. K.; HIGAKI, D.; BHATTARAI, P. Estimation of soil erosion rates and eroded sediment in a degraded catchment of the Siwalik Hills, Nepal. **Land**, v.2, p.1–22, 2013.

GONÇALVES, F. L. A.; RESENDE, A. S.; LIMA, I. S. S.; CHAER, G. M.. Coroamento manual versus papelão na restauração florestal: custos e efeito sobre o desenvolvimento das mudas. **Planta Daninha**, 2017.

GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA JÚNIOR, L.R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E. de; MORAES, L.F.D. de; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, p.111-163, 2003.

HAMMER.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. 2001. **PAST: Paleontological Statistics software package for education and analysis**. Paleontologia Electronica, v.4, n.1, 9p.

HOBBS, R. J.; ARICO, S.; ARONSON, J.; BARON, J. S.; BRIDGEWATER, P.; CRAMER, V. A.; EPSTEIN, P. R.; EWEL, J.; KLINK, C. A.; LUGO, A. E.; NORTON, D.; OJIMA, D.; RICHARDSON, D. M.; SANDERSON, E. W.; VALLADARES, F.; VILÁ, M.; ZAMORA, R.; ZOBEL, M. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. **Global Ecology Biogeogry**. v.15, n.1, p.1-7, 2006.

HOBBS, R. J.; HIGGS, E.; HARRIS, J. A. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. **Trends in Ecology and Evolution**, v.24, n.11, 2009.

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

HOLL, K. D. Effects of above- and below-ground competition of shrubs and grass on *Callophylum brasiliense* (Camb.) seedling growth in abandoned tropical pasture. **Forest Ecology and Management**. v.109, p.187-195, 1998.

HOLL, K. D.; HOWARD, E. A.; BROWN, T. M.; CHAN, R. G.; SILVA, T. S. DE; MANN, E. T.; RUSSELL, J. A.; SPANGLER, W. H. Efficacy of Exotic Control Strategies for Restoring Coastal Prairie Grasses. **Invasive Plant Science and Management**, v.7, n.4, p.590 – 598, 2014.

HOLL, K. D.; HOWARTH, R. B. Paying for restoration. **Restoration Ecology**. v.8, p.260–267, 2000.

HOOPER, E.; LEGENDRE, P.; CONDIT, R. Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. **Journal of Applied Ecology**, v.42, p.1165-1174, 2005.

ISERNHAGEN, I; BRANCALION, P.H.S; RODRIGUES, R.R. Adubação verde na restauração florestal In: FILHO, O. F de L; AMBROSANO, E. J; ROSSI, F; CARLOS, J.A.D (eds.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, p.269-287, 2014.

ISRAELSEN, O. W.; HANSEN, V. E. **Principios y aplicaciones del riego**. 2.ed. Barcelona: Editorial Reverte, 1965. 400p

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B. Restauração e conservação de ecossistemas tropicais. In: CULLEN, L. et al. **Métodos de estudo em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: UFPR, p. 383-394, 2006.

KAUANO, E. E.; CARDOSO, F. C. G.; TOREZAN, J. M. D.; MARQUES, M. C. M. Micro- and Meso-Scale Factors Affect the Restoration of Atlantic Forest. **Natureza & Conservação**, v.11, n.2, p.145-151, 2013.

KLINK, C. A.; MACHADO R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v.19, p.707-713, 2005.

KLUTE, A.; DIRKSEN, C. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. In: KLUTE, A., ed. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.687-732.

KOBAYASHI, S. Landscape rehabilitation of degraded tropical forest ecosystems: case study of the CIFOR/Japan project in Indonesia and Peru. **Forest Ecology and Management**, v.201, p.13–22, 2004.

LAMB, D.; ERSKINE, P. D.; PARROTTA, J. A. Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes. **Science**, New Series, v.310, n. 5754, p.1628 – 1632, 2005.

LEGENDRE, P. & L. LEGENDRE. 1998. **Numerical Ecology**, 2nd English ed. Elsevier, 853 pp.

LIMA, P. A. F. ; ALBUQUERQUE, L. B. ; MALAQUIAS, J. V. ; GATTO, A.; AQUINO, F. G. Eficiência de regenerantes como indicador de restauração ecológica no Cerrado, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, p. 455-472, 2016.

LÖF, M. , THOMSEN, A.; MADSEN, P. Sowing and transplanting of broadleaves (*Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L., *Prunus avium* L. and *Crataegus monogyna* Jacq.) for afforestation of farmland . **Forest Ecology and Management**, v.188 , p.113 – 123, 2004.

LÖF, M.; WELANDER, N.T. Influence of herbaceous competitors on early growth in direct seeded *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L . **Annals of Forest Science**, v.61, p.781 – 788, 2004.

LOPES, A. S.; COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soils under “Cerrado” vegetation in Brazil. **Soil Science of American Journal**, v.41, p.742-747, 1977.

LOPES, A. S. **Solos sob cerrado**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Potafos, 1983. 162p.

LOPES, P. G.; SALLES, K. A.; CALDAS OLIVEIRA, S. C.; SAMPAIO, A. B. Evidence of phytotoxicity in a fast-growing shrub useful for savanna restoration in Central Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v.40, p.643, 2017.

MAHLUM, S.; COTE, D.; WIERSMA, Y. F.; PENNELL, C.; ADAMS, B. Does restoration work? It depends on how we measure success. **Restoration Ecology**, v.26, n.5, p.952–963, 2018.

MARACAHIPES-SANTOS, L.; LENZAB, E.; SANTOS, J. O.; MEWS, H. A.; OLIVEIRA, B. Effects of soil and space on the woody species composition and vegetation structure of three Cerrado phytophysognomies in the Cerrado-Amazon transition. **Brazilian Journal of Biology**, v.77, n.4, p.830 – 839, 2017.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; FARIA, T, G. Chuvas no Cerrado da Região Centro-Oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. **Ateliê Geográfico**, v.6, n.2, p.112-130, 2012

MARTHA-JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Uso de fertilizantes em pastagens. In: MARTHA-JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de (Eds.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**, EMBRAPA Cerrados, Planaltina – DF, 2007, p.43 – 68.

MARTINS, E. G.; NEVES, E. J. M.; SANTOS, A. F.; FERREIRA, C. A. **Papelão tratado: Alternativa para controle de plantas daninhas em plantios de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth)**. 2004. Comunicado Técnico. Embrapa, Colombo, 2004.

MATTOS, K. M da C.; ANGELOCCI, L. R.; FURLANI, P. R.; NOGUEIRA, M. C. S. Temperatura do ar no interior do canal de cultivo e crescimento da alface em função do material de cobertura da mesa de cultivo hidropônico – NFT. **Bragantia**, v.60, n.3, p.253-260, 2001.

MELI, P.; HERRERA, F. F.; MELO, F.; PINTO, S.; AGUIRRE, N.; MUSÁLEM, K.; MINAVERRY, C.; RAMÍREZ, W.; BRANCALION, P. H. S. Four approaches to guide ecological restoration in Latin America. **Restoration Ecology**, v.25, n. 2, p.156–163, 2017a.

MELI, P.; ISERNHAGEN, I.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, E. C. C.; BEHLING, M.; RODRIGUES, R. R. Optimizing seeding density of fast-growing native trees for restoring the Brazilian Atlantic Forest. **Restoration Ecology**, v.26, n.2, p. 1 – 8, 2017b.

MERCER, D. E.; HAGGAR, J.; SNOOK, A.; SOSA, M. Agroforestry adoption in the Calakmul Biosphere Reserve, Campeche, Mexico. **Small-Scale Forestry**, v.4, p.163–183, 2005.

MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMAN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOREUX, J.; FONSECA, G. A. B. 2005. **Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. Cemex, Mexico City, 392p.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENTS, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v.403, p.853-958, 2000.

NASCIMENTO, A. R. T; HOLL, K. D.; MOLIN, P. G.; SILVA, P. P. F.; ZAHAWI, R. A.; FERRAZ, S. F. de B.; Métodos de restauração florestal: áreas que possibilitam o aproveitamento inicial da regeneração natural. In: BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**, Oficina de Textos, São Paulo - SP, 2015, p.189-218.

NAVE, A. G.; BRANCALION, P. H. S.; COUTINHO, E.; CESAR, R. G. Descrição das ações operacionais de restauração florestal. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto para a Restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. 1. ed. São Paulo: Instituto BioAtlântica, v.1. p.176 -217, 2009.

NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R. Combination of species into filling and diversity groups as forest restoration methodology. In: Rodrigues, R.R., Martins, S.V. e Gandolfi, S. (Eds.) - **High diversity forest restoration in degraded areas: Methods and projects in Brazil**. New York, Nova Science Publishers. p.103-126, 2007.

NEUMANN, M.; HORST, E. H.; BUENO, A. V. I.; VENANCIO, B. J.; SANTOS, L. C.; STADLER JÚNIOR, E. S.; LEÃO, G. F. M. Desempenho de novilhos confinados alimentados com silagens de diferentes híbridos de milho Performance of confined steers fed with different corn hybrids silages . **Revista de Ciências Agrárias** , v.41, n.2, p. 548-556, 2018.

OLIVA, E. V.; REISSMANN, C. B.; MARQUES, R.; BIANCHIN, J. E.; DALMASO, C. A.; WINAGRASKI, E. Florística e estrutura de duas comunidades arbóreas secundárias

com diferentes graus de distúrbio em processo de recuperação. **Ciência Florestal**, v.28, n.3, p.1088-1103, 2018.

ORTEGA-PIECK, A., LÓPEZ-BARRERA, F., RAMÍREZ-MARCIAL, N. GARCÍA-FRANCO, J. G. Early seedling establishment of two tropical montane cloud forest tree species: the role of native and exotic grasses. **Forest Ecology and Management**.v.261, p.1336-1343, 2011.

PARAJARA, F. C.; GLEHN, H. C. von.; SANTOS, J. D. dos; BARBOSA, K.; MORAES, L. F. D. de; BARBOSA, L. M.; GUEDES-BRUNI, R. R.; BARBOSA, T. Histórico da restauração florestal no Brasil. . In: BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**, Oficina de Textos, São Paulo - SP, 2015, p.41 - 68.

PEREIRA, I. S.; CALIL, F. N.; MARTINS, T. O.; SILVA-NETO, C. DE M. E.; BORGES, J. B.; VENTUROLI, F.; OLIVEIRA, L. H.; BARBOSA, P. V. G.; XAVIER, A. C. F.; GONÇALVES, B. B. Fire effect on the seasonal forest structure in the Cerrado biome. **Floresta**, Curitiba, PR, v.46, n.4, p. 499 - 508, 2016.

PINTO, H. C. A.; BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F. DA; OLIVEIRA, F. G. R. B. de; PAULA, A. DE; AMARAL, A. R. Decomposição da serapilheira foliar de floresta nativa e plantios de *Pterogyne nitens* e *Eucalyptus urophylla* no sudoeste da Bahia. **Ciência Florestal**, v.26, n.4, p.1141 - 1153, 2016.

PINTO, J. R. R.; BORDINI, M. C. P.; PORTO, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C. Princípios e Técnicas na Recuperação de Áreas Degradadas. In: FAGG, C. W.; MUNHOZ, C.B. R.; SOUSA-SILVA, J. C, 2011. **Conservação de áreas de preservação permanente do Cerrado – Caracterização, Educação ambiental e Manejo**. Brasília, CRAD. p.149- 184, 2011.

PIVELLO, V. R.; CARVALHO, V. M. C.; LOPES, P. F.; PECCININI, A. A.; ROSSO, S. Abundance and distribution of native and alien grasses in a ‘Cerrado’ (Brazilian savanna) biological reserve. **Biotropica**, v.31, p.71-82, 1999.

PORTO, L. M.; MCLAUGHLIN, R. L.; NOAKES, D. L. G. Low-head barrier dams restrict the movements of fishes in two Lake Ontario streams. **North American Journal of Fisheries Management**, v.19, p.1028–1036, 1999.

PRANDO, M. B.; OLIBONE, D.; OLIBONE, A. P. E.; ROSOLEM, C. A. Infiltração de água no solo sob escarificação e rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 693-700, 2010.

RAO, R. Ecological Restoration of Basalt quarry- the case of Timba, Gujarat. **Journal of Mechanical and Civil Engineering**, v.11, p.17-19, 2014.

REIS, A.; BECHARA, F.; TRES, D. Nucleation in tropical ecological restoration. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 244 -250, 2010.

REZENDE, G. M.; VIEIRA, D. L. M. Forest restoration in southern Amazonia: Soil preparation triggers natural regeneration. **Forest Ecology and Management**, v.433, p.93–104, 2019.

RIBEIRO, J. F.; OLIVERIA, M. C.; AQUINO, F. de G. Desafios de uso e conservação nas áreas de reserva legal e de preservação permanente no bioma Cerrado. In: FAGG, C. W.; MUNHOZ, C.B. R.; SOUSA-SILVA, J. C, 2011. **Conservação de áreas de preservação permanente do Cerrado – Caracterização, Educação ambiental e Manejo**. Brasília, CRAD. p.309- 321, 2011.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofissionomias do Bioma Cerrado, In: SANO, S. M; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F (Eds), **Cerrado: Ecologia e Flora**, v.1. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2008, 406p.

RODRIGUES, R. F.; ARAÚJO, G. M. de. Estrutura da vegetação e características edáficas de um Cerradão em solo distrófico e em solo mesotrófico no Triângulo mineiro. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6 , p. 2013-2029, 2013.

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.

ROSA, T. de F. de D.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; FEITOSA, I. P.; ABREU, F. F. M. de. Produção e decomposição de serapilheira em povoamentos de teca no estado de Mato Grosso, Brasil. **Ciência Florestal**, v.27, n.4, p.1117 - 1127, 2017.

SAMPAIO, A. B; SCHMIDT, I. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v.3, n.2, p.32-49, 2013.

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

SANTOS, E. M.; MOURA ZANINE, A de.; SILVA de OLIVEIRA, J. Produção de silagem de gramínea tropicais. **Revista Eletrônica de Veterinária**, 2006.

SCHEER, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR) **Floresta**, v.38, n.2, 2008.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; KÖNIG, F. G.; KLEINPAUL, J. J.; KLEINPAUL, I. S. Análise de nutrientes para a sustentabilidade. **Revista da Madeira**, n. 83, ano 14, 2004.

SER, Science and Policy working Group 2004. **The SER Primer on Ecological Restoration**. Disponível em: <www.ser.org>. Acesso em: 24/02/2019.

SHANKAR, U.; LAMA, S. D.; BAWA, K. S. Ecosystem reconstruction through 'Taungya' plantations following commercial logging of a dry, mixed deciduous forest in Darjeeling Himalaya. **Forest Ecology and Management**, v.102, p.131–142, 1998.

SILVA, C. J. da; LOBO, F. de A.; BLEICH, M. E.; SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação da serapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v.39, n.3, p.591 – 600, 2009.

SILVA, C. L.; KATO, E. Efeitos do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.593- 597, 1997.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. de. S. Matéria orgânica do solo. In: Novais, R. F.; Alvarez V, V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J. C. L. (eds.), **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa - MG, 2007, p.275-374.

SILVA, J. V. DE S.; CRUZ, S. C. S.; ALOVISI, A. M. T. KURIHARA, C. H.; XAVIER, W. D.; MARTINEZ, M. A.; Adubação fosfatada no feijoeiro cultivado sob palhada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Revista Ceres**, v.65, n.2, p. 181-188, 2018.

SILVA, L. de C. R.; CORRÊA, R. S. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no Cerrado. **Revista Árvore**, v.32, n.4, p.731-740, 2008.

SILVA-FILHO, J. L. da; BORIN, A. L. D. C.; FERREIRA, A. C. de B.. Dry matter decomposition of cover crops in a no-tillage cotton system. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 264 – 270, 2018.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A.de. Acidez do solo e sua correção. In: Novais, R. F.; Alvarez V, V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J. C. L. (eds.), **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa - MG, 2007, p.205-274.

STAPE, J. L.; CAMPOE, O. C.; ZILLER, S. R. Procedimentos operacionais para aplicação de métodos de restauração florestal. In: BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**, Oficina de Textos, São Paulo - SP, 2015, p.251-285.

SUGANUMA, M.S.; ASSIS, G.B. DE; DURIGAN, G. Changes in plant species composition and functional traits along the successional trajectory of a restored patch of Atlantic Forest. **Community Ecology**, v.15, n.1, p.27-36, 2014.

SUGANUMA. M. S.; TOREZAN, J. M. D.; DURIGAN, G. Environment and landscape rather than planting design are the drivers of success in long-term restoration of riparian Atlantic forest. **Applied Vegetation Science**, v.21, p.76–84, 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS/ESCOLA DE AGRONOMIA (UFG/EA). **Dados meteorológicos**: Estação convencional da Escola de Agronomia.

Disponível em: <https://www.agro.ufg.br/p/7944-estacao-agrometeorologica>. Acesso em: 20/06/2019.

VENTUROLI, F.; CARVALHO, F. A.; SILVA-NETO, C. M.; MORAES, D. C.; MARTINS, T. O.; SOUZA, D. M. Manejo Florestal no bioma Cerrado: uma opção para conservar e lucrar. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 35, p. 1-10, 2015.

VIEIRA, D. C. M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, n.4, p.541-554, 2006.

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

VIEIRA, D. L. M.; SCARIOT, A. Principles of Natural Regeneration of Tropical Dry Forests for Restoration. **Restoration Ecology**, v.14, n.1, p.11–20, 2006.

VIEIRA, M. L.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1271-1280, 2007.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D.M.G.de; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção de solo e adubação**. 2ª ed. EMBRAPA, Brasília - DF, 2004, p.367- 382.

ZAPPI, D. C. et al . Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1085-1113, 2015 .

WILLOUGHBY, I.; DIXON, F. L.; CLAY, D. V. Dormant season vegetation management in broadleaved transplants and direct sown ash (*Fraxinus excelsior* L.) seedlings. **Forest Ecology and Management**, v.222, p.418 – 426 .2006

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

WORTLEY, L.; HERO, J.; HOWES, M. Evaluating Ecological Restoration Success: A Review of the Literature. **Restoration Ecology**, v.21, n.5, p.537–543, 2013.