



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**RELAÇÃO ENTRE COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS E  
EXÓTICAS E VARIÁVEIS EDÁFICAS EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO  
ECOLÓGICA DE CERRADO SENTIDO RESTRITO**

**Gustavo Barros Rocha**

**Orientador: Alexandre Bonesso Sampaio  
Coorientador: José Roberto Rodrigues Pinto**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Departamento de  
Engenharia Florestal da Universidade de  
Brasília, como requisito para obtenção do  
título de Engenheiro Florestal.

**Brasília  
Junho de 2018**

Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Florestal

## RELAÇÃO ENTRE COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES E VARIÁVEIS EDÁFICAS EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE SAVANA

**Gustavo Barros Rocha**

Matrícula: 13/0113310

Menção: SS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.



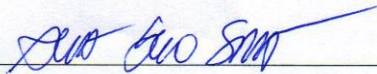
**Rodrigo Studart Corrêa**

Universidade de Brasília – UnB  
Faculdade de Planaltina - FUP  
(Membro da Banca)



**José Roberto Rodrigues Pinto**

Universidade de Brasília – UnB  
Departamento de Engenharia Florestal - EFL  
(Coorientador)



**Alexandre Bonesso Sampaio**

Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiv. do Cerrado e Caatinga.  
ICMBio  
(Orientador)

Aprovado em: 06/07/2018

## Agradecimentos

Agradecido.

À minha família que sempre estende o braço para apoiar o que me disponho a realizar.

À Ana Carla dos Santos pelo auxílio essencial nas coletas, sugestões, conversas, revisão, organização, disposição, diversão e muito carinho.

A todos amigos pela alegria e apoio.

Ao orientador Alexandre Sampaio, pelo entusiasmo com a restauração do Cerrado, por direcionar a escrita e a interpretação dos resultados. À professora Isabel Schmidt pelo apoio, sugestões e por ceder a casa da família durante os trabalhos de campo.

Ao coorientador Zé Roberto por apoiar o projeto, orientar a escrita e pelas aulas de qualidade.

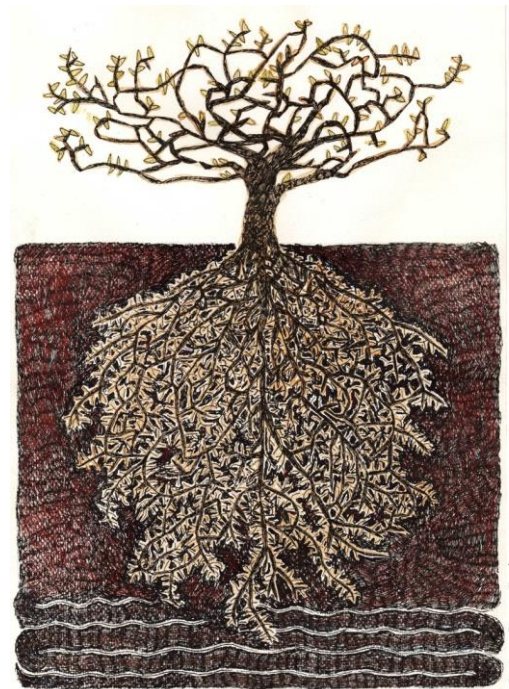
À professora Gabriela Nardoto e seus orientandos, por ceder o laboratório para realização das análises, discutir o processo e proporcionar estudos de solo em suas reuniões. Ao Ray pelas sugestões e orientação de algumas análises, ao Pompers e Kisaka por auxiliar no laboratório de solos e vegetação. À engenheira florestal Jocemara Souza pela disposição de ensinar, ajudar e sanar muitas dúvidas no processo das análises de solos. A técnica Maria Regina pela leitura no espectrômetro, a técnica Patrícia pelas leituras no analisador elementar.

Aos professores do departamento de engenharia florestal da Unb, pelo esforço para minha formação profissional.

Ao André Coutinho por sugerir o projeto, ir ao campo e auxiliar nas análises estatísticas. À Rosana Andrade pela ajuda e aventura.

Aos trabalhadores da área em restauração da Associação de Coletores da Chapada dos Veadeiros. Ao seu Nestor que permitiu a coleta no pasto de sua propriedade.

Ao ICMBio e CIEE pelo fomento financeiro ao projeto.



## Resumo

A compreensão das relações entre as características edáficas e a competição entre gramíneas exóticas e espécies nativas, pode contribuir para aprimorar técnicas de restauração ecológica no Cerrado. Características do solo, como umidade e fertilidade, podem determinar o estabelecimento de gramíneas invasoras em detrimento da vegetação nativa, causando mudanças na estrutura e composição da vegetação e impactando negativamente a biodiversidade. Espécies invasoras também podem alterar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e inibir o estabelecimento e desenvolvimento de espécies nativas. O objetivo deste estudo foi investigar a relação entre os atributos do solo e a proporção de espécies nativa/exótica em áreas de restauração ecológica de Cerrado sentido restrito. O estudo foi realizado no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, Goiás, onde a vegetação em processo de restauração tem sido amostrada semestralmente desde 2015. Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 10 cm e registradas as porcentagens de espécies exóticas e nativas. Para cada amostra de solo, foi medida a umidade, matéria orgânica, pH, quantidade de  $\text{N-NH}^{4+}$  e  $\text{N-NO}^{3-}$ , razão  $\text{N-NH}^{4+}/\text{N-NO}^{3-}$ , mineralização líquida/dia, nitrificação/dia e razão C/N. Também foi comparado os tratamentos com queima e sem queima controlada antes da semeadura direta para as variáveis. Adicionalmente, para caracterização do solo na área total em restauração, foram utilizadas quatro amostras compostas em duas profundidades (0 a 20 cm e 20 a 40 cm), verificando a textura e propriedades químicas do solo. Verificou-se que a textura do solo varia entre argiloso até franco-argilo-arenoso. A porcentagem de cobertura do solo com vegetação nativa reintroduzida variou de 1% a 96% ao longo da área em restauração. O tratamento com queima controlada antes da semeadura direta apresentou pH mais básico, maior nitrificação e menor mineralização. A única variável edáficas que apresentou relação significativas com a cobertura de vegetação nativa foi e razão C/N.

**Palavras-chave:** Cerrado, espécies exóticas invasoras, propriedades físico-químicas do solo, relações solo-planta, recuperação de áreas degradadas, semeadura-direta.

## Lista de Figuras

Figura 1:Área em restauração no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, situado no Nordeste do Estado de Goiás, Brasil.....	11
Figura 2: Área antropizada em processo de restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO. Área de restauração implantada no ano de 2012 (em verde) com 3,0 ha, em 2013 (amarelo) com 3,0 ha, e no ano de 2014 (azul) com 7,0 ha. Imagem de satélite 2018 CNES/Airbus.....	12
Figura 3: Vista panorâmica da vegetação próxima a área em restauração no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, Goiás. (A) Área de vegetação nativa com o morro da baleia ao fundo (B) área de pasto.....	13
Figura 4: Coleta de amostras de solos (A); amostragem da vegetação (B); saturação hídrica do solo após chuva cinco dias antes da coleta das amostras de solos em dezembro de 2017 (C), secagem das amostras de solo em laboratório (D). ....	16
Figura 5: Pontos de coleta de amostras de solos na área em processo de restauração (2012 a 2014), no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. ....	16
Figura 6: relação entre porcentagem de MOS pelo método de Dumas e porcentagem de MOS pelo método da mufla, utilizado para calibração dos valores de MOS na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. ....	19
Figura 7: Imagens dos procedimentos usados nas análises dos dados. (A) Filtrando 2g de solo fresco em 25 ml de KCL 1M; (B) leitura das concentrações de $N-NH^{4+}$ e $N-NO^{3-}$ em espectrofotômetro; (C) estufa e solo para determinação da umidade do solo, (D) analisador elementar para determinação da razão C/N; (E.a) cadinho com solo antes de passar pela Mufla, (E.b) cadinho com solo após passar pela Mufla, para determinar matéria orgânica do solo. ....	20
Figura 8: Espacialização da porcentagem de espécies nativas na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. ....	22
Figura 9: Espacialização da % de Umidade do solo na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.....	23
Figura 10 : Espacialização da porcentagem de MOS pelo método da Mufla na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. ....	24
Figura 11: Relação entre porcentagem de cobertura de espécies nativas e porcentagem de matéria orgânica no solo (%MOS) na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.....	24

Figura 12: Espacialização do pH (H <sub>2</sub> O) na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás, com destaque para a restauração executada em 2014 onde a queima controlada foi executada.....	25
Figura 13: Relação entre pH (H <sub>2</sub> O) e porcentagem de cobertura de vegetação nativas na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. ....	25
Figura 14: Espacialização dos valores de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg) na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.....	26
Figura 15: relação entre quantidade de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg) e a porcentagem de cobertura de vegetação nativa na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.....	26
Figura 16: Espacialização dos valores de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/kg) na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.....	27
Figura 17: relação entre quantidade de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/kg) e a porcentagem de cobertura de vegetação nativa na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.....	27
Figura 18: Espacialização da razão N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> / N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.....	28
Figura 19: relação entre razão N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> / N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> e a porcentagem de cobertura de vegetação nativa na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. ....	28
Figura 20: Espacialização dos dados de mineralização líquida/dia na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. ....	29
Figura 21: relação entre a mineralização líquida/dia (mg/kg) e a porcentagem de cobertura de vegetação nativa na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.....	30
Figura 22: Espacialização dos dados de nitrificação/dia na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.....	30
Figura 23: relação entre a nitrificação/dia (mg/kg) e a porcentagem de cobertura de vegetação nativa na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. ....	31
Figura 24: Dispersão da razão Carbono/Nitrogênio (C/N) em relação a porcentagem de vegetação nativa na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.....	31
Figura 25: Diagrama de ordenação pela Análise de Componentes Principais (PCA), para dados de pH, NH <sub>4</sub> /NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>4</sub> , N-NO <sub>3</sub> , N mineral após mineralização, Mineralização/dia, Nitrificação/Dia e MOS, registradas na área em restauração no Parque Nacional da Chapada	

dos Veadeiros, Goiás. O gradiente entre pontos verde claro e vermelho representam as parcelas e a porcentagem de cobertura de vegetação nativa, sendo que verde está mais próxima a vegetação nativa e vermelho a vegetação exótica. O exixo 1 e o 2 retém, respectivamente 28,9% e 24,5% de explicação da espacialização dos dados..... 33

### **Lista de Tabela**

Tabela 1: Espécies nativas semeadas na área em restauração no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, Goiás, entre 2012 e 2014. Fonte: PELIZZARO (2016) e ALVES (2016) modificado.....	14
Tabela 2: Fertilidade e textura do solo na área em restauração do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.....	21
Tabela 3: Valores médios encontrados para diferentes tratamentos do solo antes da semeadura direta - 2014 - com queima das gramíneas invasoras e uso arado; 2012 e 2013 - sem queima e com uso arado; NATIVA - parcelas controle sem alteração antrópica; PASTO - parcelas controle em área de pasto vizinho a área em restauração. ....	32

## Sumário

1_ Introdução.....	8
2_ Objetivos .....	10
2.1 <i>Objetivo geral</i> .....	10
2.1 <i>Objetivos específicos</i> .....	10
3_ Material e Métodos.....	11
3.1 <i>Área de estudo</i> .....	11
3.2 <i>Histórico da área</i> .....	12
3.3 <i>Coleta de dados em campo e delineamento experimental</i> .....	15
3.4 <i>Obtenção de dados em laboratório</i> .....	17
3.4.1. Disponibilidade de amônio, de nitrato e a mineralização líquida de N.....	17
3.4.2 Teor de umidade presente no solo .....	17
3.4.4 Determinação da matéria orgânica do solo .....	18
3.4.6 Análises das propriedades físico-químicas dos solos.....	19
3.5 <i>Análise dos dados</i> .....	20
4_ Resultados .....	21
4.1 <i>Fertilidade e textura do solo na área em restauração</i> .....	21
4.2 <i>Porcentagem de vegetação nativa</i> .....	22
4.3 <i>Porcentagem de umidade do solo</i> .....	23
4.4 <i>Matéria orgânica do solo</i> .....	24
4.5 <i>pH (H<sub>2</sub>O)</i> .....	25
4.6 <i>N-NH<sup>4+</sup>, N-NO<sup>3-</sup> e razão (NH<sup>4+</sup> / NO<sup>3-</sup>)</i> .....	26
4.7 <i>Mineralização e Nitrificação</i> .....	29
4.8 <i>Razão C/N</i> .....	31
4.10 <i>Análise de Componentes Principais (PCA)</i> .....	33
5_ Discussão.....	34
6_ Conclusão .....	37
7_ Recomendação .....	37
8_ Referências Bibliográficas .....	38



## 1\_ Introdução

Um dos desafios para a restauração ecológica do bioma Cerrado é a supressão de gramíneas invasoras (COUTINHO, 2018), sendo que inúmeras e extensas áreas do bioma estão dominadas por espécies exóticas como *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster - Braquiária, *Melinis minutiflora* P.Beauv - Capim-gordura e *Andropogon gayanus* Kunth - Andropogon. As gramíneas exóticas invasoras (GEI) foram plantadas inicialmente para uso em pastagens, mas se proliferaram e invadiram fragmentos de vegetação nativa e áreas de conservação (KLINK, 2005). As consequências da invasão das GEI são a alteração da estrutura do estrato herbáceo da vegetação savânica e campestre do Cerrado, redução da biodiversidade, menor disponibilidade de alimento/nutrientes para a fauna e flora nativa, extinção local de espécies de gramíneas nativas e alteração do regime de fogo pelo aumento da quantidade de biomassa produzida (D'ANTONIO & VITOUSEK, 1992). Adicionalmente, as GEI interferem negativamente na regeneração e recrutamento de espécies lenhosas ao reduzir drasticamente a luminosidade na superfície do solo, impedindo o estabelecimento das espécies nativas (HUGHES; VITOUSEK, 1993).

Nas áreas com ocupação das GEI as relações edáficas também são alteradas, já que gramíneas exóticas e nativas possuem estratégias diferentes de absorção de nutrientes (SILVA & HARIDASAN, 2007). A gramínea africana *Andropogon gayanus* Kunth (Andropogon) extrai mais nitrogênio do solo infértil do que a espécie nativa *Paspalum platiculatum* Michx (BILBAO & MEDINA, 1990). Por outro lado, o Capim-gordura em áreas de Cerrado tende a aumentar a disponibilidade de nitrogênio processo gerado pelo aumento do pH no solo, característico da invasão e consequente alteração na proporção fungo/bactéria em solos de Cerrado (HOFFMANN & HARIDASAN, 2008). *M. minutiflora* (Capim-gordura) altera a comunidade de microrganismos do solo rizosférico e diminui a diversidade microbiana em áreas de invasão quando comparadas com áreas dominadas pela gramínea nativa *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase (Capim-flexinha) (SILVA, 2012). Essa mudança na relação fungo/bactéria aumenta a quantidade de bactérias nitrificadoras no solo, promovendo alterações nas concentrações das formas inorgânicas de nitrogênio disponível  $\text{NH}_4^+$  (amônio) e  $\text{NO}_3^-$  (nitrato), indicando maiores perdas de nitrogênio para a atmosfera (RODOVALHO, 2016).

As formas fisionômicas das formações savânicas dependem de três aspectos do substrato: da fertilidade e do teor de alumínio disponível (baixa fertilidade, altos teores de alumínio); da profundidade do solo; e do grau de saturação hídrica das camadas superficial e

subsuperficial do solo (EITEN, 1994). Grande parte dos solos nas áreas de Cerrado sentido restrito, são classificados como Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo (REATTO et al., 1998). Essas classes de solos, em geral, apresentam alta permeabilidade hídrica, quimicamente são distróficos e ácidos, de baixa a média capacidade de troca catiônica, alto teor de alumínio e com níveis de pH em torno de 4,0 a 5,3 (REATTO et al., 1998). Embora manchas de Cerrado sentido restrito também possa ocorrer em Cambissolos, Neossolo Quartzarênico, Neossolo Litólico, Plintossolos Pétricos ou Gleissolos (RIBEIRO & WALTER, 2008). Assim o solo e suas características é determinante para o modo como será conduzido a restauração da área em fitofisionomia característica.

Atualmente cerca de 50% do Cerrado apresenta algum tipo de uso antrópico de terra, sendo que pastagens e culturas agrícolas são as classes predominantes, com 27% e 10% respectivamente (SANO et. al. 2008), além de áreas onde não foi possível distinguir entre uso com pastagem ou agrícola correspondem a 13% (PROJETO MAPBIOMAS), concentrando essas mudanças em estados como São Paulo, Minas Gerais e sul de Goiás. A lotação média das pastagens no Brasil é de aproximadamente uma cabeça de gado por hectare (MARTINELLI et. al., 2010), com grande quantidade de pastos abandonados, possuindo espaço para restauração sem afetar a produção. Como muitas dessas propriedades não estão de acordo com o Código Florestal brasileiro (Lei 12.651, de 25 de maio de 2012), que exige que 20% da área das propriedades rurais sejam conservados como reserva legal no Cerrado, fora áreas de APP (Área de Preservação Permanente) e uso restrito, o Programa de Regularização Ambiental (PRA) (Decreto Presidencial 8.235/2014 e a Lei no. 12.651/2012) prevê sua recuperação, recomposição, regeneração ou compensação, assim a restauração de áreas nestes locais, bem como em unidades de conservação com áreas degradadas se faz necessária.

Para restaurar uma área ou recompor a sua vegetação original é necessário um conjunto característico de espécies que ocorrem em ecossistemas de referência, as quais devem criar uma estrutura de comunidade apropriada (BRANCALION, 2012). Assim, para restaurar vegetações campestres e savânicas do Cerrado, é preciso reintroduzir espécies de ervas e arbustos, e não apenas as árvores, como é frequentemente feito nas ações de restauração de florestas (SAMPAIO et al., 2015). O reflorestamento de biomas savânicos e campestres pode comprometer drasticamente os serviços ecossistêmicos, como recursos hídricos e ciclagem de nutrientes do solo (VELDMAN, 2015). Assim a inclusão dos extratos herbáceo e arbustivo na restauração do Cerrado gera benefícios tanto de serviços ecossistêmicos quanto de biodiversidade.

A restauração ecológica pode ser executada através da técnica de semeadura direta, cujo plantio é feito colocando as sementes diretamente no solo, para que germinem e cresçam nas condições locais. Essa alta densidade de sementes de espécies nativas tem a intenção de ocupar o máximo possível do solo evitando a recolonização das gramíneas exóticas (SAMPAIO et al., 2015). Neste caso, é imprescindível o controle de gramíneas invasoras antes da semeadura, pois elas podem invadir novamente a área caso o banco de sementes não seja adequadamente eliminado (COUTINHO, 2018). No entanto, para que a semeadura direta obtenha sucesso é necessário um bom preparo inicial do solo, economizando esforços com o manejo, bem como uso de espécies de vida curta e perenes (COUTINHO, 2018). Iniciativas de restauração experimental de Cerrado sentido restrito por semeadura direta tem indicado que áreas com solos mais rasos e pedregosos parecem apresentar melhores resultados de substituição de gramíneas exóticas por plantas nativas (SAMPAIO et al. em preparação). Diante disso, compreender a relação entre as características edáficas e a competição entre gramíneas exóticas e espécies nativas é importante para aprimorar as técnicas de restauração ecológica no Cerrado.

## **2\_ Objetivos**

### ***2.1 Objetivo geral***

Investigar a relação entre atributos do solo e a proporção de espécies nativa/exótica em uma área de restauração ecológica no Cerrado

### ***2.1 Objetivos específicos***

1- Caracterizar a fertilidade e textura do solo na área em restauração no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, Goiás.

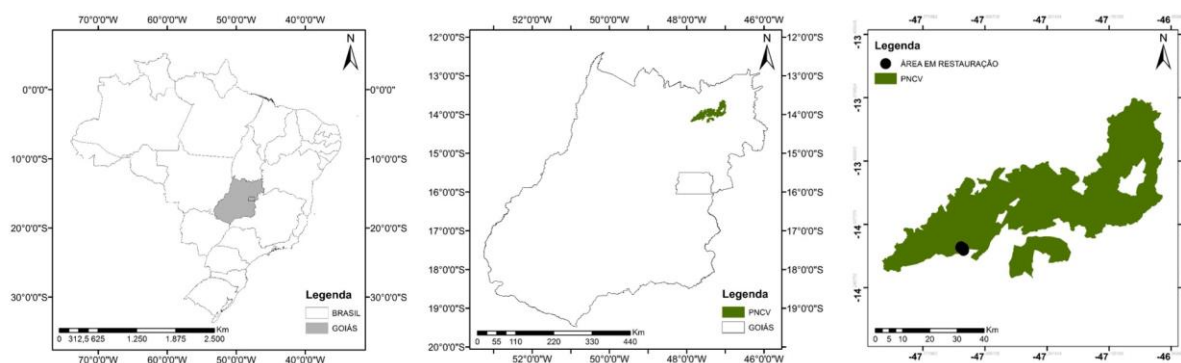
2- Avaliar a relação entre a proporção de espécies nativas/exóticas e matéria orgânica, pH (H<sub>2</sub>O), razão C/N, N mineral, N-NH<sup>4+</sup>, N-NO<sup>3-</sup>, mineralização e nitrificação do solo na área de restauração ecológica por semeadura direta no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, Goiás.

3\_ Georreferenciar os dados da vegetação e edáficos, para identificar padrões espaciais na área em restauração no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, Goiás.

### 3\_ Material e Métodos

#### 3.1 Área de estudo

A área em processo de restauração ecológica investigada está localizada no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros (PNCV), no estado de Goiás (14 ° 7'2,54 "S 47 ° 38'30,36" W). O PNCV possui área de 240.586,56 hectares de Cerrado (Figura 1). O clima da região, segundo o sistema de classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw (com inverno seco e verão chuvoso) (ALVARES et. al., 2013). A precipitação média anual é de 1.625 mm (ICMBio, 2009), a temperatura média anual máxima na região é de 28,5°C e a mínima de 18°C (GOIÁS, 2006). O PNCV está inserido na região geológica denominada de Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí, com altitude que variam entre 800m e 1.650 m (FELFILI, 2007). Grandes extensões do Parque são cobertas pela fitofisionomia de Cerrado Rupestre e Campo Rupestre (PRADO NASCIMENTO & SANO, 2010), podendo ocorrer manchas de Cerrado sentido restrito (Cerrado Ralo, Cerrado Típico e Cerrado Denso), Campo Sujo, Campo Limpo, Vereda e Mata de Galeria, em menores proporções (ICMBio, 2009; LOEBMANN, 2008) e com a ampliação do PNCV em 2017 as Matas Secas também estão presentes. A área do estudo está classificada como área antropizada e faz fronteira com áreas de Campo Limpo e Cerrado Rupestre (ICMBio, 2009). Os solos do PNCV possuem maior ocorrência de Cambissolos, Neossolos Litólico e Latossolos vermelho-amarelo (HARIDASAN, 2007). Nas parcelas de estudo, o relevo é plano e o solo é do tipo Plintossolo, variando de pouco a bem drenado. Como os mapas de solo do estado do Goiás estão em baixa resolução espacial (1:250.000), não é possível obter o tipo de solo em perspectiva mais diminuta como é o caso dos 13 hectares da área em processo de restauração.



**Figura 1:**Área em restauração no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, situado no Nordeste do Estado de Goiás, Brasil.

O processo de restauração na área de estudo teve início em 2012, sendo implantado em três hectares. Em 2013 foram implantados mais três hectares, e em 2014 mais sete hectares, totalizando 13 ha (Figura 2). Ao Sul e a leste da área de restauração é possível observar Campo de murundus (Savana Parque), supondo-se que antigamente tratava-se de um Parque de Cerrado. A Oeste observa-se o Morro da Baleia, com Cerrado sentido restrito remanescente ao seu redor, e ao norte, Mata de Galeria, com presença de Campo Limpo em sua borda. Nota-se também algumas linhas esbranquiçadas do Morro da Baleia em direção à Mata de Galeria que são trajetos de escoamento da água.



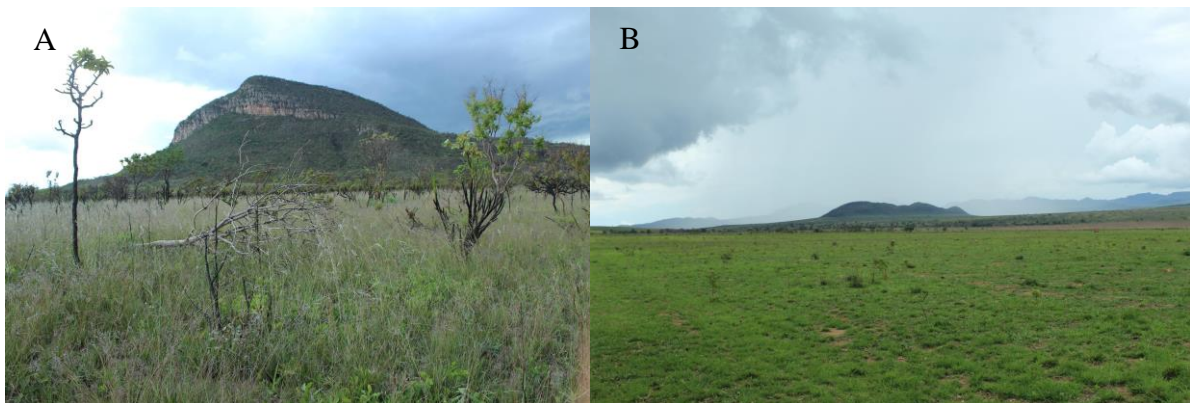
**Figura 2:** Área antropizada em processo de restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO. Área de restauração implantada no ano de 2012 (em verde) com 3,0 ha, em 2013 (amarelo) com 3,0 ha, e no ano de 2014 (azul) com 7,0 ha. Imagem de satélite 2018 CNES/Airbus.

### ***3.2 Histórico da área***

O vale formado a nordeste do Morro da Baleia, tinha como fitofisionomia original o Cerrado sentido restrito com vegetação mais espaçada e maior presença de gramíneas (ALVES, 2016). Porém é possível observar também manchas de Campos de murundus de Parque Cerrado (Figura 2). A vegetação original da área foi convertida em agricultura e posteriormente em pastagem, e foi abandonada no início da década de 1990 (ALVES, 2016). Desde 2012, o projeto de restauração implementado na área utiliza espécies nativas de árvores, arbustos e gramíneas com a técnica de semeadura direta (PELLIZZARO, 2016).

Todos os anos, o solo foi arado antes da semeadura de espécies nativas, o que permitiu destorroar e nivelar a superfície do solo, eliminando partes e raízes de gramíneas invasoras, por trituração e exposição à superfície. Em 2014, além da aragem, utilizou-se a queima controlada no intuito de suprimir as gramíneas invasoras. Entretanto, as gramíneas invasoras se restabeleceram com mais ou menos intensidade nos anos seguintes (COUTINHO, 2018).

As áreas de semeadura estão a 500 m de remanescentes de vegetação original (Figura 3A). As espécies de gramíneas exóticas introduzidas para cultivo da pastagem dominavam a área antes da intervenção de restauração (Figura 3B).



**Figura 3: Vista panorâmica da vegetação próxima a área em restauração no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, Goiás. (A) Área de vegetação nativa com o morro da baleia ao fundo (B) área de pasto.**

As principais espécies invasoras que ocorrem na área de estudo são *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster, *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster e *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga (Capim-braquiária), *Andropogon gayanus* Kunth. (Capim-andropogon), *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf (Capim-jaraguá), e *Melinis minutiflora* P. Beauv (Capim-gordura) (ALVES, 2016). As espécies utilizadas na semeadura direta contemplam espécies de rápida cobertura inicial, como *Lepidaploa aurea* (Mart. ex DC.) H.Rob, até espécies herbáceas perenes como *Schizachyrium sanguineum* (Retz.) Alston, e arbóreas como *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne. (Tabela 1).

**Tabela 1:** Espécies nativas semeadas na área em restauração no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, Goiás, entre 2012 e 2014. Fonte: PELIZZARO (2016) e ALVES (2016) modificado.

<b>Espécie</b>	<b>Nome popular</b>	<b>Família</b>	<b>Hábito</b>
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	Macela	Asteraceae	arbusto
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm	Imburana	Fabaceae	árvore
<i>Anacardium humile</i> A. St.-Hil.	Cajuzinho	Anacardiaceae	arbusto
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	Fabaceae	árvore
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Araticum	Annonaceae	árvore
<i>Aristida gibbosa</i> (Nees) Kunth	Capim-rabo-de-burro	Poaceae	erva
<i>Axonopus aureus</i> P. Beauv	Pé-de-galinha	Poaceae	erva
<i>Bauhinia cf dumosa</i> Benth.	Pata-de-vaca	Fabaceae	arbusto
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Mirindiba	Combretaceae	árvore
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Murici	Malpighiaceae	árvore
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaíba	Fabaceae	árvore
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Baru	Fabaceae	árvore
<i>Echinolaena inflexa</i> (Poir.) Chase	Capim-flexinha	Poaceae	erva
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	Sôbre	Icacinaceae	árvore
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Tamboril	Fabaceae	árvore
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	Candeia	Asteraceae	árvore
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutamba	Malvaceae	árvore
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Jatobá-do-Cerrado	Fabaceae	árvore
<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	Caroba/Jacaranda	Bignoniaceae	árvore
<i>Lepidaploa aurea</i> (Mart. ex DC.) H.Rob.	Amargoso	Asteraceae	arbusto
<i>Loudetiopsis chrysothrix</i> (Nees) Conert	Capim-brinco-de-princesa	Poaceae	erva
<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.	Tingui	Sapindaceae	árvore
<i>Mimosa clausenii</i> Benth.	Mimosa	Fabaceae	arbusto
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira	Anacardiaceae	árvore
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Vinhático	Fabaceae	árvore
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin.	Mandiocão	Araliaceae	árvore
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Braúna	Anacardiaceae	árvore
<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston	Capim-roxo	Poaceae	erva
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose.	Priquiteira	Fabaceae	árvore
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	Lobeira	Solanaceae	árvore
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Barbatimão	Fabaceae	árvore
<i>Stylosanthes capitata</i> Vogel	Estilosantes	Fabaceae	subarbusto
<i>Stylosanthes macrocephala</i> M.B.Ferreira & Sous	Estilosantes	Fabaceae	subarbusto
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Gueroba	Arecaceae	árvore
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	Carvoeiro	Fabaceae	árvore
<i>Terminalia argentea</i> Mart.	Capitão	Combretaceae	árvore
<i>Tibouchina candolleana</i> (Mart. ex DC.) Cogn.	Quaresmeira	Melastomataceae	árvore
<i>Trachypogon spicatus</i> (L.f.) Kuntze	Capim-fiapo	Poaceae	erva
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Amargoso-árvore	Fabaceae	árvore
<i>Vernonanthura polyanthes</i> (Sprengel) Vega & Dematteis	Assa-peixe	Asteraceae	arbusto
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de-Porca	Rutaceae	árvore



### ***3.3 Coleta de dados em campo e delineamento experimental***

As amostras de solo foram coletadas no centro de cada parcela de 1 m<sup>2</sup> instaladas na área de restauração nos anos de 2012, 2013 e 2014 para avaliação da cobertura vegetal. Com o auxílio de um trado holandês, foram obtidas duas amostras da camada superficial de solo, de 0 cm a 10 cm (Figura 4.A), devido a interação solo-planta ser maior nas camadas mais superficiais. A primeira coleta foi acondicionada em caixa térmica com gelo, de modo a preservar o nitrogênio na forma que se encontra no campo, minimizando os processos de mineralização e nitrificação (PICCOLO, 1994), e posteriormente guardado no refrigerador do Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade de Brasília (UnB). A segunda coleta, com a qual foram feitas as análises de pH e matéria orgânica do solo (MOS), foi acondicionada separadamente em saco plástico e seca no Laboratório de Solos e Vegetação da UnB, em temperatura ambiente durante oito semanas (Figura 4D). É importante mencionar que, cinco dias antes de executar as coletas em dezembro de 2017, precipitaram 111 mm num único dia, o que pode ter ocasionado lixiviação do N-NO<sub>3</sub>- da área (Figura 4C).

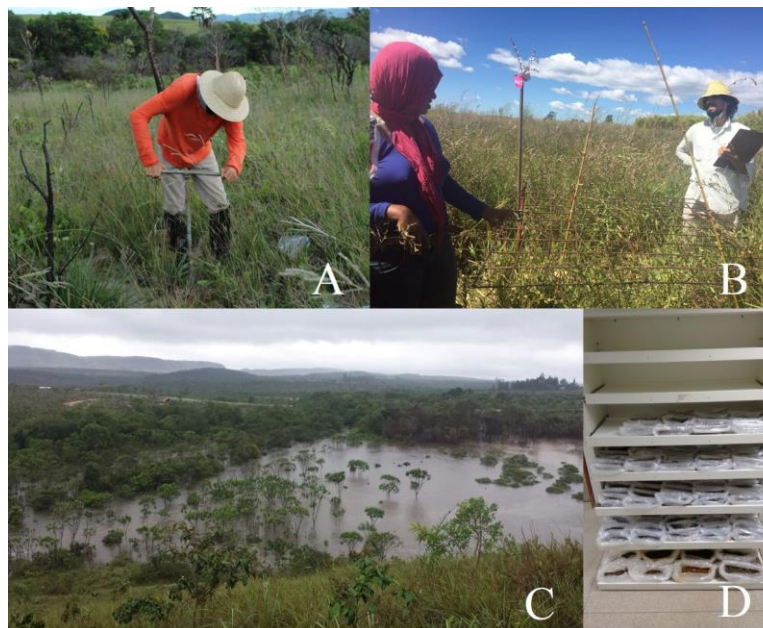
Foram coletadas 85 amostras no centro das parcelas de 1m<sup>2</sup> dentro da área em restauração, e 10 amostras fora da área em restauração, sendo cinco coletas em vegetação nativa e cinco coletas em uma área de pasto vizinha, totalizando 95 amostras (Figura 5).

Para analisar a textura e as propriedades químicas do solo, foram obtidas oito coletas compostas, sendo quatro de 0 a 20 cm e quatro de 20 a 40 cm. As amostras simples coletadas na camada de 0 a 20 cm é onde se concentra o maior volume do sistema radicular, já a amostragem de camadas mais profundas de 20 a 40 cm permitirá avaliar impedimentos químicos ao desenvolvimento radicular de plantas arbóreas (CANTARUTTI et al, 1999). Cada coleta foi formada de seis coletas simples, misturadas e depois retiradas em torno de 500g de solo por amostra. As oito amostras foram coletadas de forma distribuída ao longo do eixo sul-norte da área. Essas coletas foram analisadas pelo o Laboratório de Análise de Solos “SOLOCRIA LABORATÓRIO AGROPECUÁRIO Ltda”, em Goiânia, seguindo metodologia da EMBRAPA (EMBRAPA,1997).

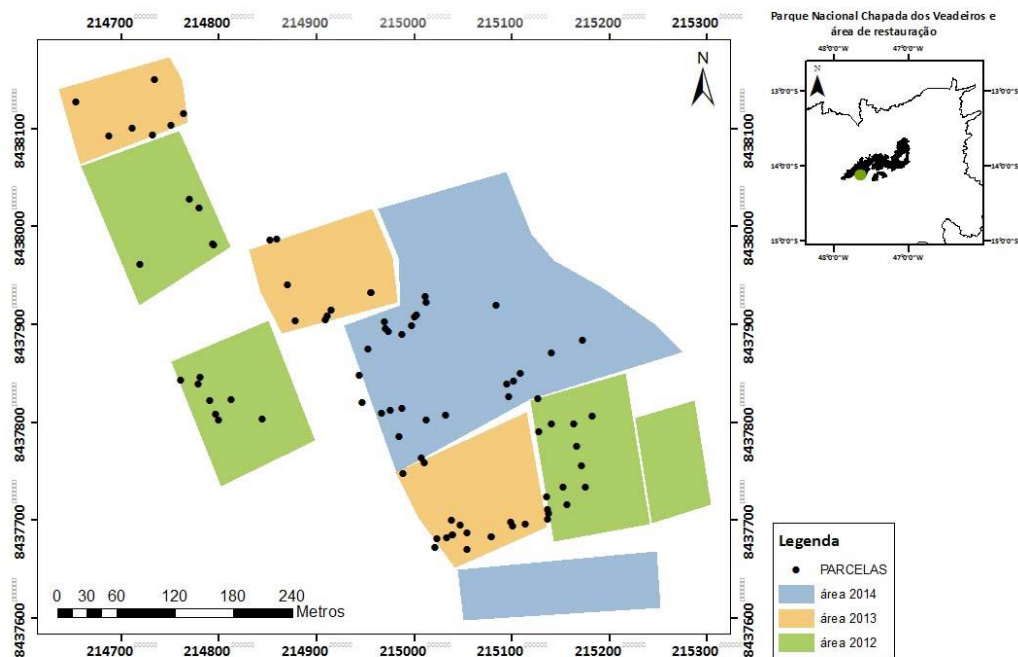
O levantamento da vegetação para verificar a porcentagem e quantidade de vegetação nativa e exótica dentro de cada parcela foi possível a partir do estudo de ecologia de comunidades e restauração ativa (COUTINHO, 2018). A vegetação foi amostrada pelo método de interceptação de pontos em janeiro de 2017, buscando representar a ocupação do espaço por cada espécie (JONASSON, 1988) (Figura 4B). Para isso, a parcela foi delimitada



por um quadro de ferro de 1 m<sup>2</sup> subdividido em 100 quadrículas de 100 cm<sup>2</sup>, suspenso a 1,20 m de altura do solo. No centro de cada quadrícula foi inserida uma vareta de bambu de 2 m de altura por 5 mm de diâmetro marcada a cada 10 cm de altura, e então contabilizado o número de toques de cada espécie, em cada faixa de altura. Essas parcelas permanentes são amostradas desde 2015 a cada seis meses, sendo que as informações utilizadas neste trabalho são referentes à amostragem de janeiro de 2017.



**Figura 4:** Coleta de amostras de solos (A); amostragem da vegetação (B); saturação hídrica do solo após chuva cinco dias antes da coleta das amostras de solos em dezembro de 2017 (C), secagem das amostras de solo em laboratório (D).



**Figura 5:** Pontos de coleta de amostras de solos na área em processo de restauração (2012 a 2014), no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.

### **3.4 Obtenção de dados em laboratório**

#### **3.4.1. Disponibilidade de amônio, de nitrato e a mineralização líquida de N**

Para determinar a concentração de Amônio ( $N-NH_4^+$ ) e Nitrato ( $N-NO_3^-$ ) foi utilizado o método proposto por PICCOLO et al. (1994). Para a extração do Nitrogênio inorgânico foi utilizado 2g de sub amostras de solo fresco em 25 ml de KCL 1M (Figura 6A). Os extratos foram agitados por 1 h em agitador mecânico, em seguida filtrados e congelados. Para determinar as taxas líquidas de mineralização, as amostras permaneceram incubadas por sete dias no laboratório a temperatura de 25°C. Após o período de incubação, os extratos foram obtidos através do mesmo método utilizado para extração de N inorgânico.

As taxas de produção de N inorgânico ( $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$ ) foram determinadas colorimetricamente (RODOVALHO, 2017). O amônio é determinado por método colorimétrico de Nessler (PICCOLO, 1994). As leituras de Nitrato foram realizadas em espectrofotômetro, onde os extratos são colocados diretamente nas cubetas de quartzo (MULVANEY, 1996). As medições foram feitas nas faixas de comprimento de onda em 218, 228, 254, 280 nm. A diferença entre os valores 218 nm e 228 nm equivale à concentração de  $N-NO_3^-$ . Para eliminar a interferência de substâncias húmicas foi calculada a diferença entre os valores de absorvância obtidos para 254 nm e 280 nm (MEIER, 1991). As taxas de mineralização foram calculadas pela diferença na concentração de N mineral ( $N-NH_4^+ + N-NO_3^-$ ) final durante o período de incubação e a concentração inicial de N mineral ( $N-NH_4^+ + N-NO_3^-$ ) (PICCOLO, 1994). A taxa de nitrificação é calculada pela diferença na concentração de  $N-NO_3^-$  final durante o período de incubação menos a concentração inicial de  $N-NO_3^-$  (NARDOTO, 2003). Para a leitura das concentrações de  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$  é utilizado espectrofotômetro Thermo Evolution 201 UV- Visible (Figura 7B) (SOUZA, 2017). As análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Vegetação (Ecologia/IB/UnB).

#### **3.4.2 Teor de umidade presente no solo**

Para determinar o teor de umidade presente no solo, foi utilizado o método de Umidade Gravimétrica (EMBRAPA, 1997). Dessa forma, foi pesado 20g de solo fresco em recipiente de alumínio de peso conhecido e levado para estufa a 105°C por 72 horas (Figura 7C). Posteriormente, foi obtido o peso do solo seco e calculado a porcentagem de água no solo  $[(\text{peso fresco} - \text{peso seco} / \text{peso seco}) * 100]$ .

Não foi possível correlacionar com os dados de cobertura de vegetação pois este método retira também a água higroscópica, não disponível para vegetação.

### **3.4.3 Determinação do Carbono total, Nitrogênio total e relação C/N**

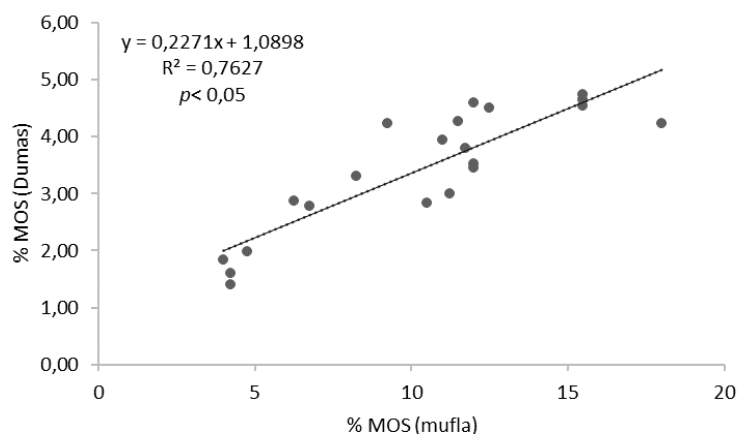
O conteúdo total de Carbono e Nitrogênio, para cálculo da relação C/N, foi determinado pelo método de combustão sólida de Dumas, que consiste na oxidação total da amostra na presença de oxigênio em elevadas temperaturas, seguida de redução dos óxidos de nitrogênio e detecção do nitrogênio molecular produzido (RIBEIRO, 2010), utilizando o analisador elementar da marca LECO (modelo 628CN) (Figura 7D), no Departamento de Botânica da UnB.

Foram selecionadas 21 amostras de solo, em parcelas que abrangeram gradiente entre a vegetação nativa e a exótica, de modo a otimizar os recursos para análises.

### **3.4.4 Determinação da matéria orgânica do solo**

A determinação da matéria orgânica do solo (MOS) foi realizada utilizando o método da mufla, que se baseia no princípio da perda de carbono por aquecimento e incineração (GOLDIN, 1987). É um método econômico, porém superestima os valores, incinerando não somente MOS e também devido à perda de água higroscópica (GOLDIN, 1987). Assim os valores foram calibrados com os valores obtidos de Carbono pelo método de Dumas, utilizando-se o fator de van Bemmelen (1,724), com base no pressuposto de que a MOS contém 58% de carbono orgânico (SEGNINI, 2008).

Para o método da mufla, cerca 4g de solo foram colocados em cadinhos de porcelana, para obtenção do peso do conjunto solo + cadinho. Depois, as amostras foram levadas para a mufla por 5 horas a uma temperatura de 500 °C e logo após o resfriamento as amostras foram pesadas novamente (Figura 7E). Com a diferença nas pesagens foi possível determinar o teor de matéria orgânica do solo pelo método da mufla. Posteriormente com os valores de Carbono das 21 amostras pelo método de Dumas foi realizada a calibração para todas amostras, utilizando a seguinte equação (Figura 6):  $MOS\ calibrada = 0,2271 * (MOS\ mufla) + 1,0898$



**Figura 6:** relação entre porcentagem de MOS pelo método de Dumas e porcentagem de MOS pelo método da mufla, utilizado para calibração dos valores de MOS na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.

### 3.4.5 Determinação de pH (H<sub>2</sub>O)

A determinação do pH foi realizada em água destilada (EMBRAPA,1997). Primeiramente, 10g de solo seco (peneirado e com raízes retiradas) foram colocadas em solução de 25 ml de água destilada, utilizando a relação solo:solução (1:2,5). Depois, as amostras foram homogeneizadas por agitação mecânica e após repouso de 60 minutos procedeu à leitura no pHmêtro.

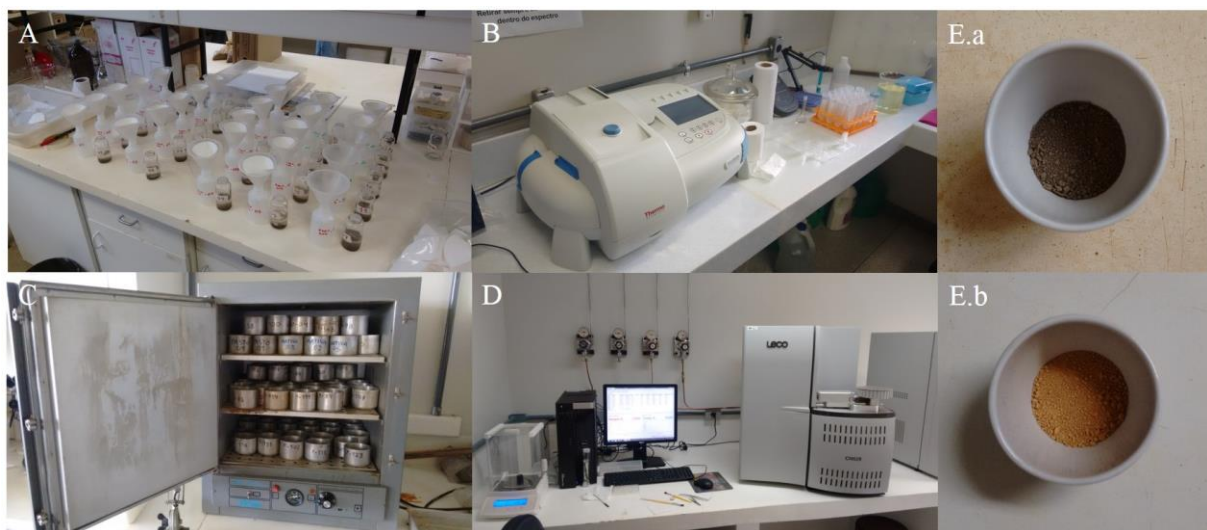
### 3.4.6 Análises das propriedades físico-químicas dos solos

Foram determinadas a granulometria (textura), Ca, Mg, Al, K, P (Melich), Zn trocáveis, acidez potencial (Al + H), pH em CaCl<sub>2</sub> e carbono orgânico. Com os resultados obtidos nas análises, foram calculadas a capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC) e as saturações por base (V) e por Al (m), seguindo as recomendações da EMBRAPA (1997). As análises foram feitas no Laboratório de Análise de Solos SOLOCRIA LABORATÓRIO AGROPECUÁRIO Ltda., em Goiânia. Estas análises utilizaram as coletas compostas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, na intenção de caracterizar a área de restauração como um todo, assim não foi possível interpolar os dados, já que as coletas não foram feitas no centro das parcelas.

### 3.5 Análise dos dados

A interpolação dos dados de cobertura da vegetação nativa (razão nativas/exóticas) e os dados de solos foram feitas utilizando a função IDW (peso inverso da distância), no programa ArcGis 10.3, que permitiu análises espaciais dos dados.

Para sobreposição dos dados de vegetação (nativa / exótica) e os dados obtidos nas análises de solo, foi produzido diagrama de ordenação em função da análise de componentes principais (PCA) no programa R (OKSANEN et al., 2010). Os dados de porcentagem de vegetação usados como variável dependente e os parâmetros medidos nas amostras de solo como as variáveis independentes. A correlação entre os dados de vegetação (nativa/exótica) e dados de solo foram avaliadas uma a uma, por meio de Correlação, utilizando o programa Excel.



**Figura 7:** Imagens dos procedimentos usados nas análises dos dados. (A) Filtrando 2g de solo fresco em 25 ml de KCL 1M; (B) leitura das concentrações de  $N-NH_4^{+}$  e  $N-NO_3^{-}$  em espectrofotômetro; (C) estufa e solo para determinação da umidade do solo, (D) analisador elementar para determinação da razão C/N; (E.a) cadinho com solo antes de passar pela Mufla, (E.b) cadinho com solo após passar pela Mufla, para determinar matéria orgânica do solo.

## 4\_ Resultados

### 4.1 Fertilidade e textura do solo na área em restauração

À medida que as coletas se aproximaram da Mata de Galeria, a textura da área passou de argilosa (mais próxima do pasto, ao Sul), até franco-argilo-arenosa, aumentando a porcentagem de areia de 45 % até 69 % do solo (Tabela 2), essa característica pode ser devido ao material de origem, e a proximidade com as rochas do Morro da Baleia.

As coletas da profundidade de 0 a 20 cm apresentaram sempre maiores valores de CTC que profundidades de 20 a 40 cm, variando de 3,9 a 7,9 cmolc/dm<sup>3</sup> com domínio dos íons hidrogênio e Al no complexo de troca (Tabela 2). A saturação de bases média encontrada foi de 13,9% para profundidade de 0 a 20 cm e 10,8% para profundidade de 20 a 40 cm. A coleta 4 na profundidade de 0 a 20 cm apresentou maiores valores de Ca e Mg enquanto os valores de K e Zn foram menores, mostrando como o material de origem influenciou as propriedades químicas do solo. Em observação de campo, notou-se um gradiente de cor do solo, na parte sul mais alaranjado e ao norte mais acinzentado.

**Tabela 2:** Fertilidade e textura do solo na área em restauração do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.

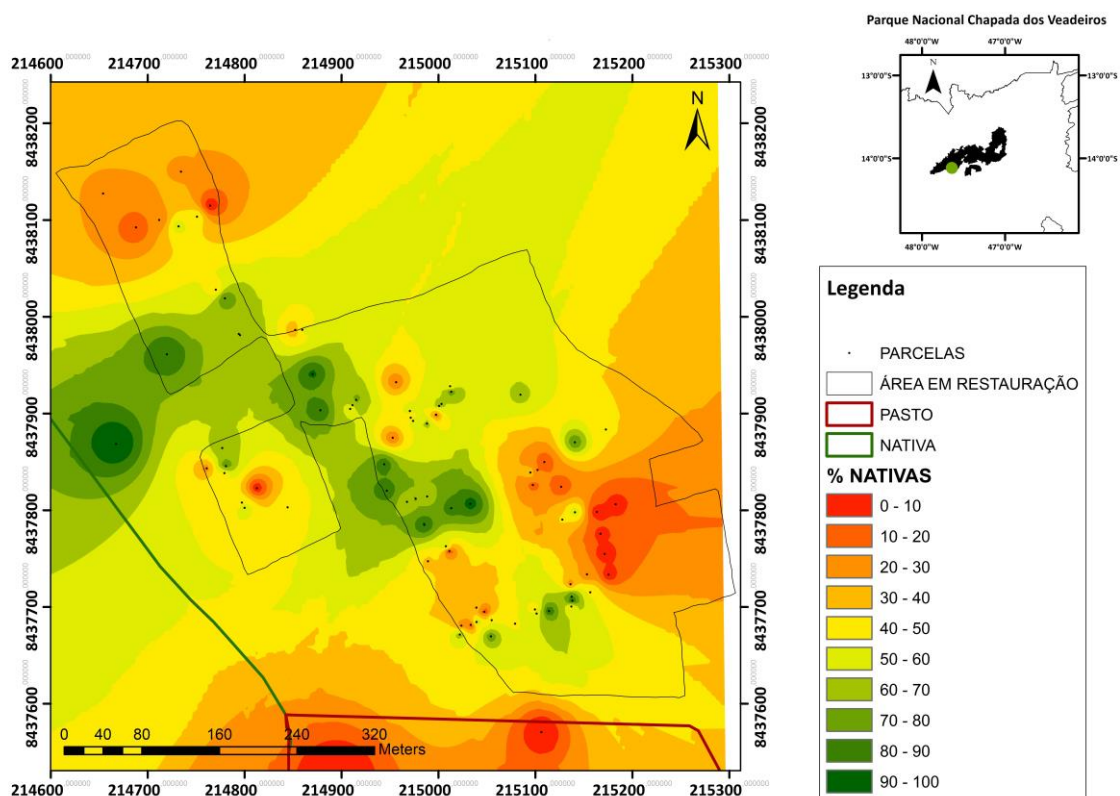
amostra	profundidade (cm)	cmolc/dm <sup>3</sup> (mE/100 ml)					mg/dm <sup>3</sup> (ppm)			Dados Complementares		
		Ca	Mg	Al	H+Al	K	P (Melich)	Zn	CTC	Sat. Bases	Sat. Al	H+Al/CTC
coleta 1	0 - 20	0,3	0,2	0,7	5,6	49,8	0,8	0,3	6,2	10,1%	52,6%	89,8%
coleta 1	20 - 40	0,2	0,1	0,4	3,6	19,5	0,5	1,9	3,9	8,8%	53,3%	91,1%
coleta 2	0 - 20	0,5	0,3	0,3	4,7	68,7	1	0,6	5,7	17,2%	23,4%	82,7%
coleta 2	20 - 40	0,2	0,1	0,3	3,6	47,1	0,5	0,4	4,0	10,4%	41,6%	89,5%
coleta 3	0 - 20	0,5	0,2	0,9	5,7	33,0	0,8	0,3	6,5	12,0%	53,5%	87,9%
coleta 3	20 - 40	0,2	0,1	0,8	5,4	19,7	0,5	0,5	5,7	6,0%	69,5%	93,9%
coleta 4	0 - 20	0,8	0,4	0,8	6,6	34,0	0,8	0,2	7,9	16,3%	38,2%	83,6%
coleta 4	20 - 40	0,6	0,2	1	3,9	19,9	0,5	0,3	4,7	17,8%	54,0%	82,1%

amostra	profundidade (cm)	g/dm <sup>3</sup>		pH	Textura (g/kg)			classificação
		Mat. Org.	Carbono	CaCl2	Argila	Silte	Areia	
coleta 1	0 - 20	22	12,7	4,2	440	110	450	argilosa
coleta 1	20 - 40	16	9,2	4,4	420	110	470	argilo-arenosa
coleta 2	0 - 20	25	14,5	4,3	380	100	520	argilo-arenosa
coleta 2	20 - 40	15	8,7	4,5	400	100	500	argilo-arenosa
coleta 3	0 - 20	22	12,7	4,1	240	70	690	franco-argilo-arenosa
coleta 3	20 - 40	17	9,8	4,1	300	80	620	franco-argilo-arenosa
coleta 4	0 - 20	21	12,1	4,1	300	80	620	franco-argilo-arenosa
coleta 4	20 - 40	16	9,2	4,1	340	90	570	franco-argilo-arenosa

## 4.2 Porcentagem de vegetação nativa

A espacialização dos dados porcentagem de cobertura de vegetação, permitiu observar maior porcentagem de vegetação nativa na área de restauração no sentido sudeste- noroeste (Figura 8). Para as 95 amostras houve uma dispersão dos dados de modo a ocupar todo o gradiente (0 a 100 %) de espécies exóticas a nativas. A média geral da porcentagem de vegetação nativa foi de 47,44% e o desvio padrão de 30,93%.

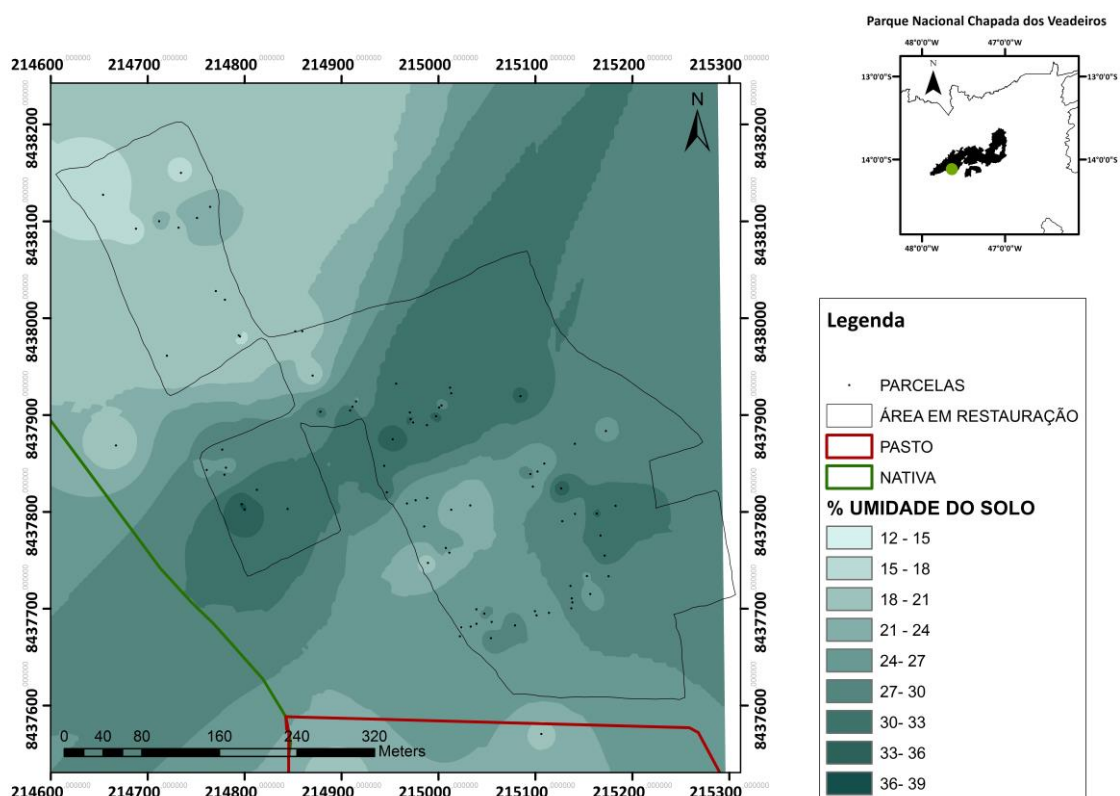


**Figura 8:** Espacialização da porcentagem de espécies nativas na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.



### 4.3 Porcentagem de umidade do solo

A umidade do solo variou de 12% a 36%, com maior umidade no centro da área de restauração (Figura 9), acompanhando as linhas de escoamento do Morro da Baleia a Mata de Galeria (Figura 2). A média da porcentagem de umidade do solo foi de 26,16% e o desvio padrão de 5,57%.

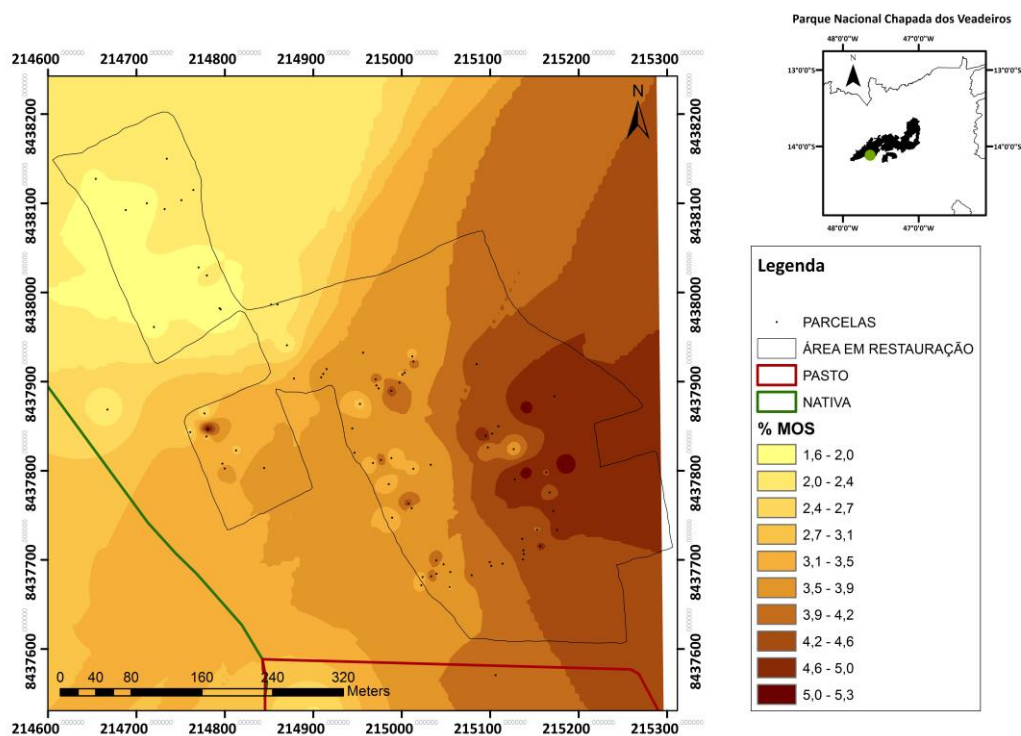


**Figura 9:** Espacialização da % de Umidade do solo na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.

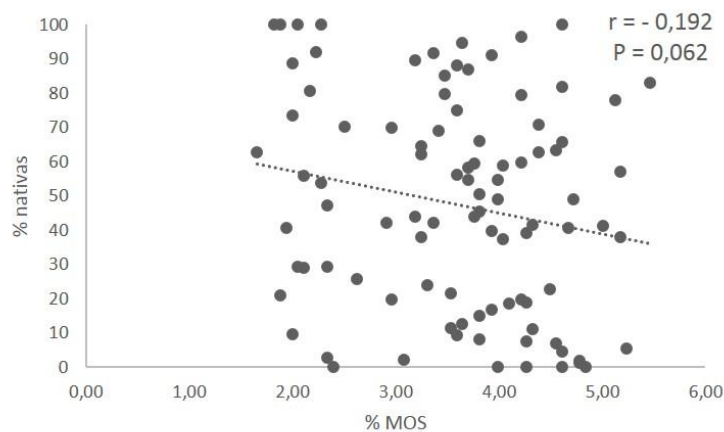


#### 4.4 Matéria orgânica do solo

O teor de matéria orgânica variou de 1,7% a 5,5%, sua média foi de 3,59% e desvio padrão de 0,97%. Existe uma maior concentração de MOS na parte sudeste da área de restauração (Figura 10) e a correlação entre porcentagem de vegetação nativa e a porcentagem de MOS não foi significativa (Figura 11).



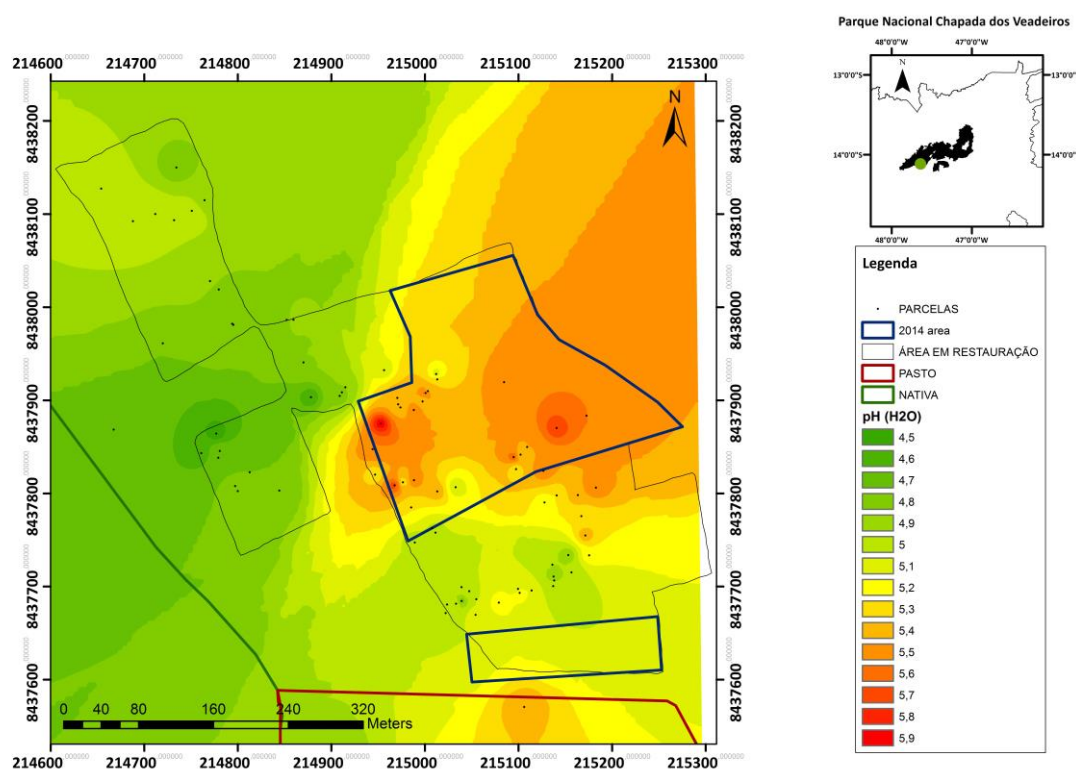
**Figura 10 :** Espacialização da porcentagem de MOS pelo método da Mufla na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.



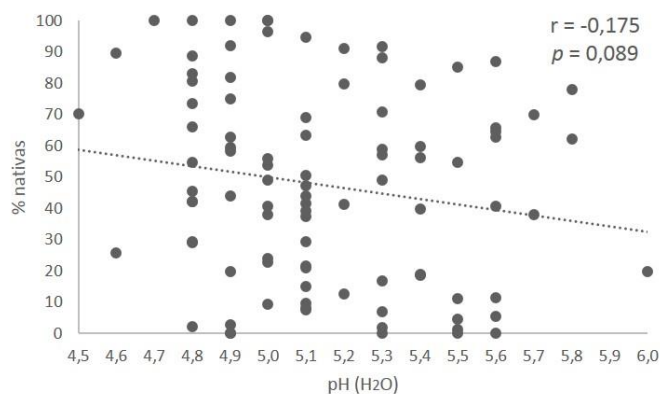
**Figura 11:** Relação entre porcentagem de cobertura de espécies nativas e porcentagem de matéria orgânica no solo (%MOS) na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.

#### 4.5 pH (H<sub>2</sub>O)

O pH em água variou de 4,5 a 6. A média foi de 5,15 e desvio padrão de 0,31. Observa-se maiores valores de pH do centro para leste da área em restauração, onde se encontra o plantio de 2014, cujo preparo envolveu além do arado a queima controlada de gramíneas invasoras (Figura 12). A correlação do pH ligeiramente menor nas parcelas com maior % de vegetação nativa não foi significativa (Figura 13).



**Figura 12:** Espacialização do pH (H<sub>2</sub>O) na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás, com destaque para a restauração executada em 2014 onde a queima controlada foi executada.

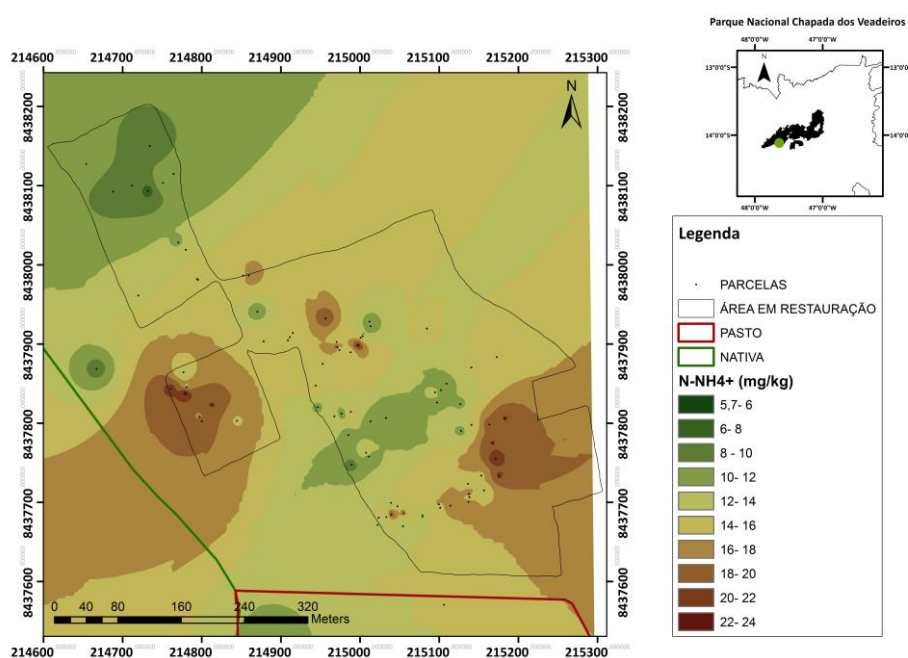


**Figura 13:** Relação entre pH (H<sub>2</sub>O) e porcentagem de cobertura de vegetação nativas na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.

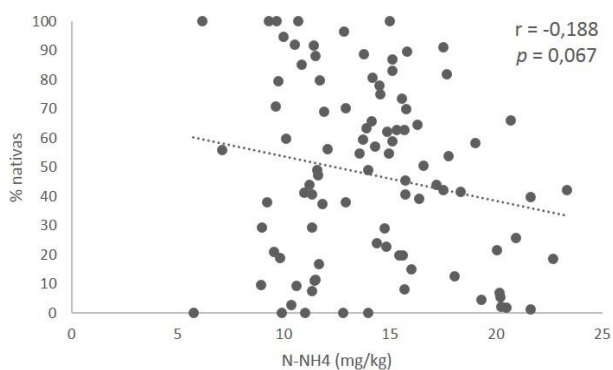
#### 4.6 N-NH<sup>4+</sup>, N-NO<sup>3-</sup> e razão (NH<sup>4+</sup> / NO<sup>3-</sup>)

Os valores obtidos de N-NH<sup>4+</sup> variaram de 23,35 mg/kg a 5,74 mg/kg, sendo que a média foi de 14,10 mg/kg e o desvio padrão de 3,81 mg/kg (Figura 14). Para o N-NO<sup>3-</sup> o maior valor foi de 0,6 mg/kg e o menor valor de 0,32 mg/kg, com média de 0,42 mg/kg e desvio padrão de 0,06 mg/kg (Figura 16). A razão N-NH<sup>4+</sup> / N-NO<sup>3-</sup> variou de 13,55 a 57,55, com média de 34,1 e desvio padrão de 9,08 (Figura 18). A correlação com a cobertura de vegetação nativa e o N-NH<sup>4+</sup>, o N-NO<sup>3-</sup> a razão N-NH<sup>4+</sup> / N-NO<sup>3-</sup> não foi significativa (Figura 15, 17 e 19).

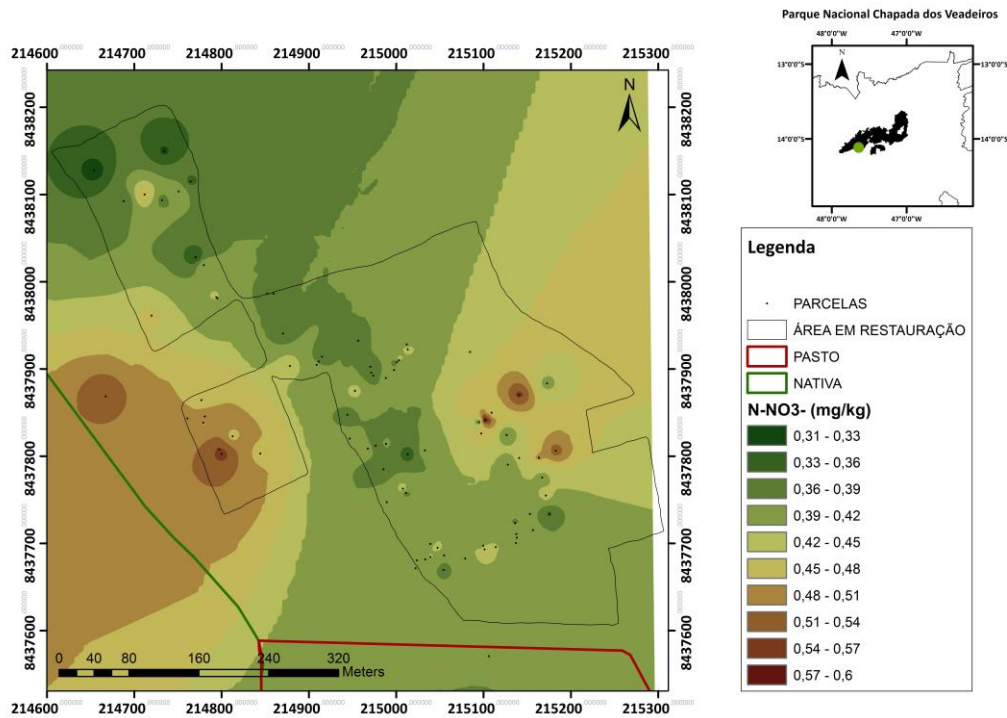
Com espacialização dos dados é observado um padrão semelhante para o Amônio e a Razão (N-NH<sup>4+</sup> / N-NO<sup>3-</sup>) já que o amônio é muito superior em quantidade que o nitrato.



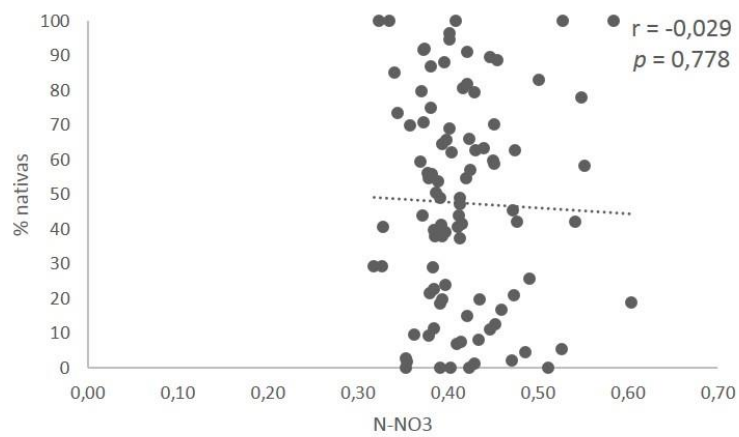
**Figura 14:** Espacialização dos valores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/kg) na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.



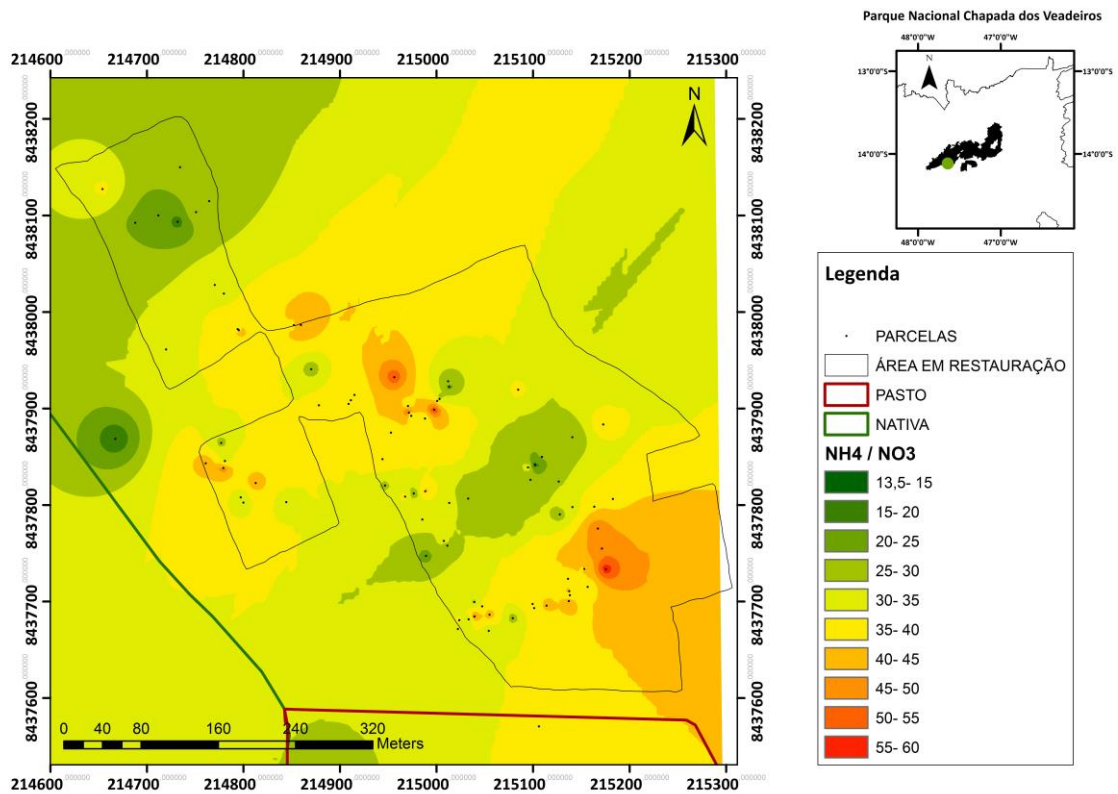
**Figura 15:** relação entre quantidade de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/kg) e a porcentagem de cobertura de vegetação nativa na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás



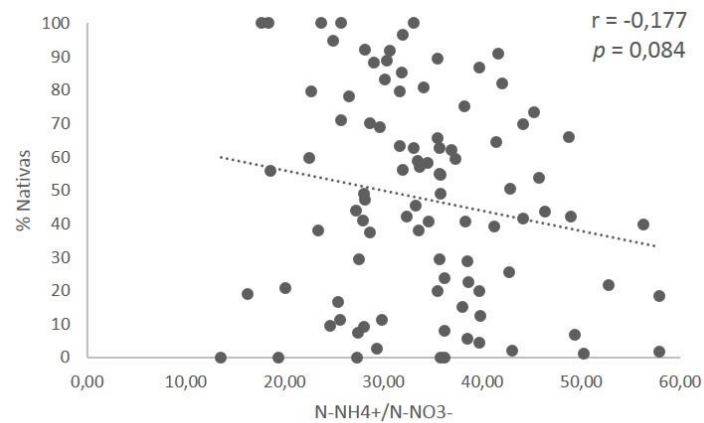
**Figura 16:** Espacialização dos valores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/kg) na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.



**Figura 17:** relação entre quantidade de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/kg) e a porcentagem de cobertura de vegetação nativa na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás



**Figura 18:** Espacialização da razão N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> / N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.



**Figura 19:** relação entre razão N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> / N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e a porcentagem de cobertura de vegetação nativa na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.

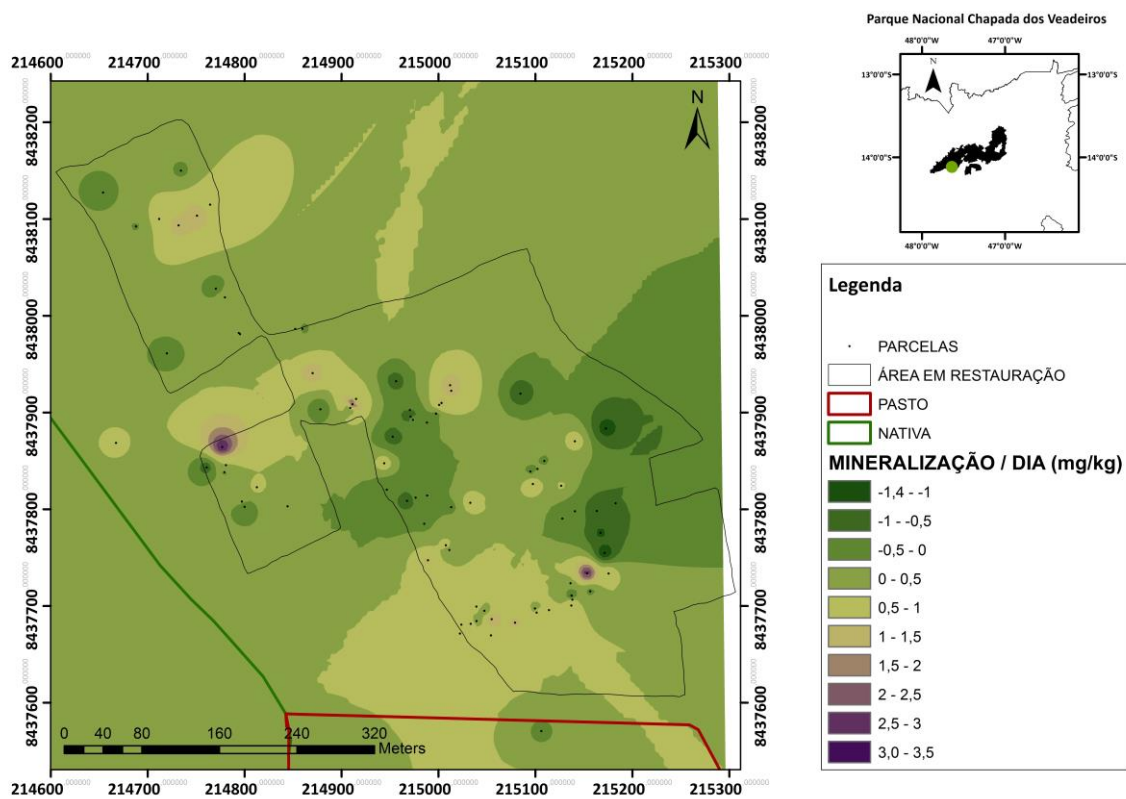


#### 4.7 Mineralização e Nitrificação

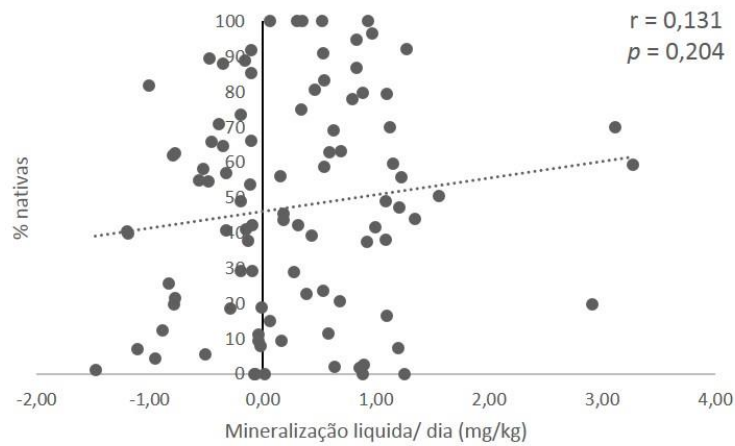
A mineralização líquida/dia apresentou média de 0,28 mg/kg/dia e desvio padrão de 0,86 mg/kg/dia (maior que a média), os maiores valores foram de 3,27 mg/kg/dia e o menor de -1,48 mg/kg/dia (imobilização) (Figura 20).

Foi observado uma tendência de aumento da nitrificação com o aumento do pH (H<sub>2</sub>O). A nitrificação líquida/dia apresentou média de -0,01 mg/kg/dia e desvio padrão de 0,02 mg/kg/dia. O maior valor encontrado foi de 0,07 mg/kg/dia, numa coleta feita em área de pasto, o menor valor foi de -0,04 mg/kg/dia (Figura 22).

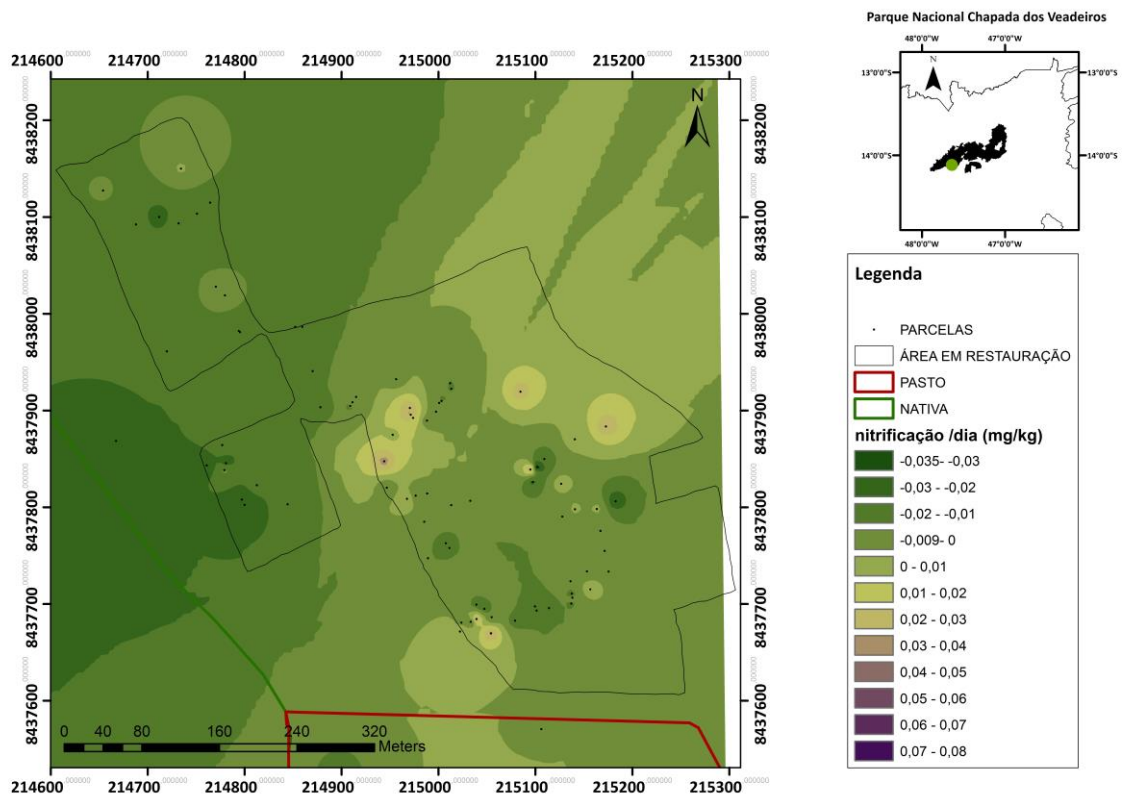
A correlação dos valores de mineralização líquida/dia e de nitrificação/dia com a porcentagem de cobertura de vegetação nativa não foi significativa (Figura 21 e 23).



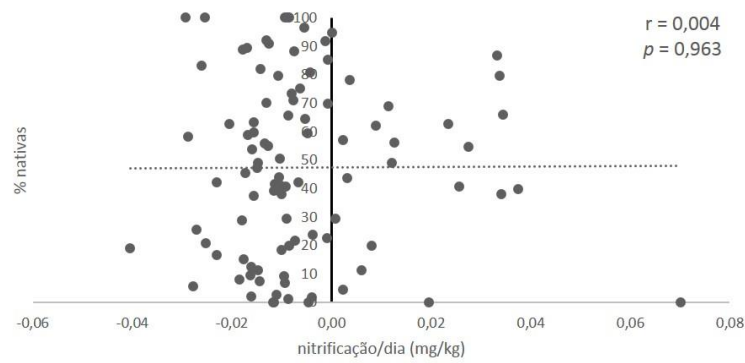
**Figura 20:** Espacialização dos dados de mineralização líquida/dia na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.



**Figura 21:** relação entre a mineralização líquida/dia (mg/kg) e a porcentagem de cobertura de vegetação nativa na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.



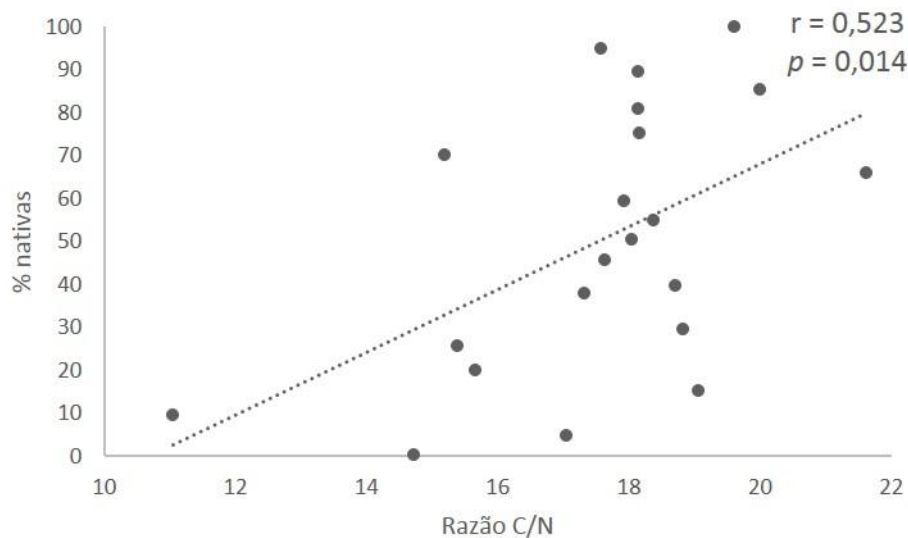
**Figura 22:** Espacialização dos dados de nitrificação/dia na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.



**Figura 23:** relação entre a nitrificação/dia (mg/kg) e a porcentagem de cobertura de vegetação nativa na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.

#### 4.8 Razão C/N

O valor médio encontrado para razão C/N foi de 17,54 com desvio padrão de 2,22. Os valores variaram de 11,05 a 21,62. Maiores valores foram encontrados para parcelas com maior % de vegetação nativa, isto é, maior concentração de carbono em relação ao nitrogênio total. Houve correlação significativa e positiva entre a porcentagem de vegetação nativa e razão C/N (Figura 24).



**Figura 24:** Dispersão da razão Carbono/Nitrogênio (C/N) em relação a porcentagem de vegetação nativa na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás.



#### 4.9 Comparação entre os diferentes tratamentos do solo

Os valores médios encontrados para os diferentes tratamentos do solo antes da semeadura direta (2014 com queima das gramíneas invasoras e 2012 e 2013 sem queima) apresentaram médias distintas, bem como os valores médios das parcelas controle (vegetação nativa e pasto) (Tabela 3). O maior valor de pH (H<sub>2</sub>O) foi de 5,5 para 2014 e o menor de 4,9 para vegetação nativa. A porcentagem de MOS foi maior para 2014 com 3,94% e menor para vegetação nativa com 2,53%. O nitrogênio mineral foi maior para 2012 e 2013 com 15,45 mg e o menor valor foi encontrado para vegetação nativa com 10,6 mg/kg. A maior mineralização líquida foi na vegetação nativa com 0,435 mg/kg/dia, e a menor em 2014 com 0,083 mg/kg/dia. O maior valor de nitrificação foi no Pasto com 0,012 mg/kg/dia e o menor valor foi em vegetação nativa com -0,016 mg/kg/dia. A maior razão N-NH<sup>4+</sup>/N-NO<sup>3-</sup> foi na área em restauração de 2012 e 2013 com 36,15 e a menor encontrada foi na vegetação nativa com 23,65.

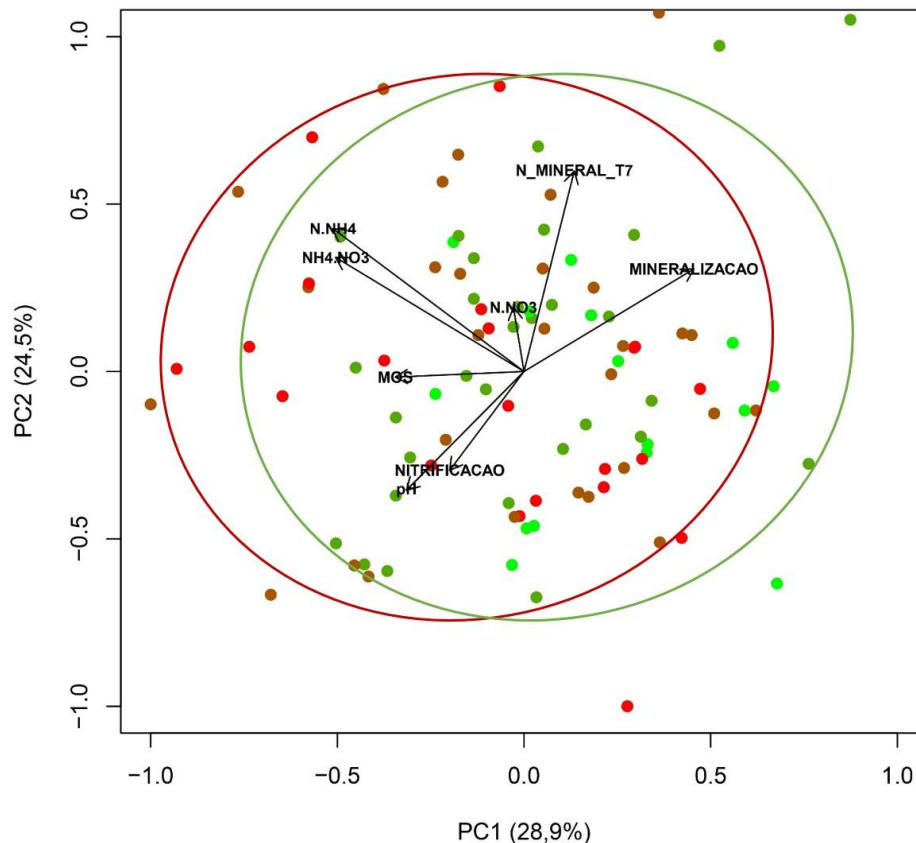
**Tabela 3:** Valores médios encontrados para diferentes tratamentos do solo antes da semeadura direta - 2014 - com queima das gramíneas invasoras e uso arado; 2012 e 2013 - sem queima e com uso arado; NATIVA - parcelas controle sem alteração antrópica; PASTO - parcelas controle em área de pasto vizinho a área em restauração.

	% NATIVAS	% UMIDADE	pH (H <sub>2</sub> O)	% MOS	N mineral (mg/kg)	Mineralização líquida (dia) mg/kg	Nitrificação (dia) mg/kg	razão N-NH <sup>4+</sup> / N-NO <sup>3-</sup>
<b>2014</b>								
média	<b>55,30</b>	<b>28,89</b>	<b>5,5</b>	<b>3,94</b>	<b>13,86</b>	<b>0,083</b>	<b>0,002</b>	<b>33,05</b>
Dp	26,32	4,26	0,2	0,61	3,29	0,763	0,019	9,42
<b>2012 e 2013</b>								
média	<b>43,34</b>	<b>25,74</b>	<b>5,0</b>	<b>3,48</b>	<b>15,45</b>	<b>0,342</b>	<b>-0,010</b>	<b>36,15</b>
Dp	27,85	5,04	0,2	1,01	3,77	0,942	0,012	8,15
<b>NATIVA</b>								
média	<b>100,00</b>	<b>18,27</b>	<b>4,9</b>	<b>2,53</b>	<b>10,60</b>	<b>0,435</b>	<b>-0,016</b>	<b>23,68</b>
Dp	0,00	9,09	0,1	1,17	3,27	0,323	0,010	6,23
<b>PASTO</b>								
média	<b>0,00</b>	<b>24,22</b>	<b>5,2</b>	<b>4,02</b>	<b>11,11</b>	<b>0,401</b>	<b>0,012</b>	<b>26,45</b>
Dp	0,00	5,55	0,3	0,96	3,16	0,625	0,035	10,00

#### 4.10 Análise de Componentes Principais (PCA)

A PCA mostra que as parcelas com sua respectiva proporção de vegetação nativa/exótica (verde = nativa, vermelho = exótica) estão agrupadas entre si quanto as variáveis independentes, ou seja, existe uma grande área de intersecção dos dados. Sendo que as espécies nativas agrupadas (elipse verde) estão levemente deslocadas para a direita, e as exóticas agrupadas (elipse vermelha) levemente deslocadas para esquerda do eixo 1 (Figura 25).

Um ângulo agudo entre o pH (H<sub>2</sub>O) e a nitrificação, mostra sua alta correlação, ângulo próximo a 180° entre o pH (H<sub>2</sub>O) e a mineralização mostra correlação oposta.



**Figura 25:** Diagrama de ordenação pela Análise de Componentes Principais (PCA), para dados de pH, NH<sub>4</sub>/NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N mineral após mineralização, Mineralização/dia, Nitrificação/Dia e MOS, registradas na área em restauração no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. O gradiente entre pontos verde claro e vermelho representam as parcelas e a porcentagem de cobertura de vegetação nativa, sendo que verde está mais próxima a vegetação nativa e vermelho a vegetação exótica. O eixo 1 e o 2 retém, respectivamente 28,9% e 24,5% de explicação da espacialização dos dados.

## 5\_ Discussão

Plintossolos apresentam horizonte plíntico ou litoplíntico (EMBRAPA 2006). Porém, como as coletas foram até 40 cm, não se buscou evidenciar essa característica, entretanto foi observado a presença de concreções na área, evidenciando acentuada influência do processo de umedecimento e secagem (EMBRAPA, 2006). Solos sujeitos a encharcamentos periódicos como o Plintossolo apresentam redução dos valores de pH quanto maior a profundidade, paralelamente ao aumento dos teores de Al (CUNHA DOS ANJOS, 2007). Porém não se verificou este caráter comparando as coletas de 0 a 20 cm com as de 20 a 40 cm, provavelmente devido ao revolvimento do solo com o arado. O caráter distrófico encontrado com Sat. Base < 50% (EMBRAPA, 2006) é esperado para solos do Cerrado (REATTO et. al., 1998).

A maior porcentagem de vegetação nativa no sentido sudeste-noroeste pode evidenciar resposta ao relevo, com solo mais pedregoso. O aumento da disponibilidade de nutrientes favoreceu o sucesso da invasão de *U. decumbens* (Braquiária) e sua persistência em comparação a *Echinolaena inflexa* (Capim-flexinha) que possui estratégia adequada a ambientes pobres em nutrientes (ZUPO, 2010), como pode ser o caso das parcelas com maior ocorrência de vegetação nativa. Além disso, o relevo pode explicar a umidade do solo no momento da coleta. Maiores valores de umidade superficial do solo são encontrados no centro da área em restauração, como uma faixa de escoamento entre o Morro da Baleia e a Mata de Galeria. Vantagem competitiva para vegetação exótica onde existe maior disponibilidade hídrica foi observada em savanas venezuelanas, onde as gramíneas invasoras *Hyparrhenia rufa* e *Melinis minutiflora* deslocaram a gramínea nativa *Trachypogon plumosus* em locais úmidos e férteis (BARUCH et al., 1985). Assim é possível que áreas com menor disponibilidade hídrica tenham mais sucesso em restauração de savana.

O maior teor de matéria orgânica no solo conforme maior cobertura de vegetação exótica, pode ser explicado pela maior biomassa de gramíneas exóticas invasoras. A grande produtividade de biomassa das gramíneas africanas pode modificar os regimes de queima e também alterar a ciclagem do nitrogênio (D'ANTONIO & VITOUSEK, 1992), estimulando a atividade dos decompositores (ZUPO, 2010). A maior concentração de matéria orgânica no solo no sudeste da área em restauração é influenciada pela textura do solo, apresentando maiores teores de MOS onde o solo é mais argiloso. Correlação positiva entre maior teor de silte + argila e matéria orgânica foi encontrado em solos sob condições de argila de atividade baixa, profundos, bem drenados, sob clima tropical, em monoculturas de algodão (LEPSCH

et. al., 1982). Esta ligação da matéria orgânica às argilas ocorre devido a alta densidade de sítios carregados negativamente nos minerais da argila, atraindo assim as cargas positivas na matéria orgânica ou formando pontes com cátions polivalentes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{4+}$ ) que se ligam a grupos carboxilas da matéria orgânica, reduzindo sua decomposição (CHAPIN, 2011).

O pH do solo mais básico na área de restauração onde o tratamento de solo foi com queima controlada da vegetação invasora e uso do arado, se deve ao incremento e incorporação das cinzas na superfície do solo no local queimado (KAUFFMAN et al., 1992). O aumento do pH também foi encontrado para áreas com queima prescrita em estudo de dinâmica de nitrogênio e fogo em Cerrado sentido restrito, onde também foi encontrado menores valores de mineralização líquida de nitrogênio (NARDOTO & BUSTAMANTE, 2003). Maiores valores de pH torna o ambiente mais favorável às bactérias em relação aos fungos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006) o que resultou no aumento da nitrificação do solo na área. Após a queima controlada ocorre aumento da mineralização líquida, seguido por período em que a taxa de mineralização líquida retorna aos níveis de pré-combustão podendo apresentar taxa de imobilização líquida de N seis meses a dois anos após o incêndio (KNOEPP & SWANKK, 1995), é possível ter ocorrido este efeito na área com semeadura direta em 2014, onde foi observado diminuição das taxas de mineralização líquida.

Experimentos com queimadas anuais para o controle de *M. minutiflora* e *Andropogon gayanus*, demonstraram que *A. gayanus* recuperou-se rapidamente após o fogo, enquanto que o mesmo não ocorreu com *M. minutiflora* (MARINHO, 2013), indicando caráter dúbio na escolha do uso do fogo para controle de gramíneas invasoras.

Apesar de não significativa, uma tendência para maiores valores de pH foi encontrada para maior cobertura de vegetação exótica invasora. Áreas invadidas por Capim-gordura estão associadas a maiores valores de pH (RODOVALHO, 2017). Espécies exóticas invasoras são espécies engenheiras, ou seja, possuem a capacidade de alterar o ambiente de forma a dificultar o estabelecimento de espécies nativas (tanto árvores quanto gramíneas) e facilitar sua própria expansão (SAMPAIO & SCHMIDT, 2014).

Correlação positiva entre a porcentagem de umidade do solo e os valores de  $\text{N-NH}_4^+$  foi observada, possivelmente devido ao aumento da atividade microbiana, disponibilizando mais amônio no solo. A mineralização de nitrogênio geralmente aumenta com a umidade do solo, até o ponto onde pode restringir a difusão de oxigênio, restringindo assim a atividade microbiana (STANFORD & EPSTEIN, 1974). Tornando o  $\text{N-NH}_4^+$  mais disponível para plantas nos locais mais úmidos.

A razão C/N média, inferior ao valor crítico proposto como limiar entre mineralização líquida e imobilização líquida de 20/1, (KILLHAM, 1994) sugere que o nitrogênio é excretado no solo devido ao excesso para o crescimento microbiano (CHAPIN, 2011), ficando assim disponível para as plantas. Maiores valores de razão C/N foram encontrados nas áreas com maior cobertura de vegetação nativa. Esta relação é devido a altas taxas de retranslocação de nutrientes e baixas taxas de decomposição de serapilheira em comunidades de plantas do Cerrado (NARDOTO et al., 2006), aumentando a proporção C/N no solo onde ocorre mais vegetação nativa. A maior biomassa de Capim-gordura gera mais aporte de serapilheira, e assim, esse material contribui mais para matéria orgânica em áreas invadidas (RODOVALHO, 2016). Além disso, o Capim-gordura também aumenta o nitrogênio no solo (EHRENFELD, 2003), diminuindo a proporção C/N, como encontrado em parcelas com menor cobertura de vegetação nativa na área em restauração. De forma geral espécies de plantas invasoras frequentemente aumentam a biomassa e a disponibilidade de N, alterando as taxas de fixação e produzindo serapilheira com taxas mais altas de decomposição do que as plantas nativas (EHRENFELD, 2003). Porém, essas observações são modificadas conforme composição de espécies, clima e solo.

As variações nas taxas de mineralização líquidas de N no Cerrado são em grande parte devido à disponibilidade de nitrogênio amoniacal (NARDOTO & BUSTAMANTE, 2003), e este é favorecido em pH mais ácido devido a atuação de fungos em relação a bactérias nitrificadoras. Neste estudo a maior parte do N mineral encontrado também está na forma de  $\text{N-NH}_4^+$  e a maior taxa de mineralização líquida se deu no tratamento com vegetação nativa remanescente, onde o pH é mais ácido. A mineralização líquida acontece quando o crescimento microbiano é limitado pelo Carbono, já a imobilização líquida ocorre quando o crescimento microbiano é limitado pelo nitrogênio (SCHIMEL & BENNETT, 2004). Baixos valores de  $\text{N-NO}_3^-$  são esperados para o Cerrado (NARDOTO & BUSTAMANTE, 2003), porém o pequeno valor encontrado pode ter sido acentuado pela grande precipitação ocorrida dias antes das coletas de solo. O nitrato é móvel nas soluções do solo, pois é carregado negativamente e não se liga aos locais de troca de cátions, facilitando a absorção pelas plantas por fluxo de massa ou facilitando sua lixiviação no solo (CHAPIN et. al., 2011).

A razão  $\text{N-NH}_4^+ / \text{N-NO}_3^-$  registrado na área em restauração foi maior do que o observado em outros estudos no Cerrado, como SOUZA (2017), que encontrou máxima de 22,8 mg/kg em experimento com gramíneas invasora cujo tratamento removeu Capim-gordura e braquiária, e RODOVALHO (2016) que encontrou valores de 5 mg/kg em Cerrado sentido restrito. Este alto valor provavelmente foi devido a lixiviação do  $\text{N-NO}_3^-$  nos dias

antes da coleta de solo. Uma tendência sutil entre menor razão  $N-NH^{4+} / N-NO^{3-}$  onde se encontra maior cobertura de vegetação nativa foi encontrada.

A análise PCA não indicou uma distinção no espaço bidimensional dos eixos 1 e 2 das áreas dominadas por nativas ou exóticas, assim como o eixo 1 não explicou a variação na cobertura da vegetação. Outros fatores como a quantidade e a composição de espécies semeadas na área, assim como a intensidade de controle mecânico com uso de trator, bem como a espécie de gramínea exótica no local podem ter determinado mais fortemente o sucesso da restauração do que os fatores edáficos isoladamente.

De forma geral, o sucesso da restauração é bastante variável o que dificulta identificar relações solo-planta. Em comparação, incluindo solos de classes distintas, como Latossolos, Plintossolos com e sem afloramento laterítico e Cambissolos, foi observado que em Cambissolos e Plintossolos com afloramento laterítico houve um melhor estabelecimento da vegetação nativa e uma significativa redução na dominância de gramíneas invasoras (Sampaio et al. em preparação). Com isso, surge a hipótese de que há um maior sucesso da restauração em solos menos férteis e com condições menos favoráveis ao estabelecimento e crescimento de gramíneas exóticas.

Os resultados aqui apresentados apontam indícios para confirmar essa hipótese, porém mais estudos são necessários para confirmá-la. O entendimento mais aprofundado da relação solo-planta em áreas em restauração pode contribuir sobremaneira para o desenvolvimento de técnicas de maior sucesso para restaurar formações savânicas do Cerrado.

## **6\_Conclusão**

A variável edáfica que apresentou relação significativas com a cobertura de vegetação nativa foi razão C/N. Para todas as outras não foi encontrado correlação com a cobertura de vegetação nativa.

## **7\_Recomendação**

É recomendável análise mais profunda do relevo na área, investigando associação com o sucesso da restauração nas parcelas mais próximas ao Morro da Baleia. Outras análises possíveis que podem auxiliar no estudo são textura do solo em cada parcela, quantidade de fósforo.

## 8\_ Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, A.M.; FONSECA, C.R.; PRADO, P.I.; ALMEIDA-NETO, M.; DINIZ, S.; KUBOTA, U.; BRAUN, M.R.; RAIMUNDO, R.L. G.; ANJOS, L.A.; MENDONÇA, T.G.; FUTADA, S.M. & LEWINSOHN, T.M. Diversidade e ocorrência de Asteraceae em cerrados de São Paulo. *Biota Neotrop*, vol. 5, no. 2, 2005
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, Monique. Semeadura direta de ervas, arbustos e árvores para restauração do Cerrado. 2017.
- ANDRADE, Amanda Ferreira. Biomassa lenhosa, estoque de carbono e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em Cerrado sentido restrito sob influência de Capim-gordura. 2017.
- BARUCH, Z.; LUDLOW, M. M.; DAVIS, R. Photosynthetic responses of native and introduced C 4 from Venezuelan savannas. *Oecologia*, v. 67, n. 3, p. 388-393, 1985.
- BILBAO, Bibiana; MEDINA, Ernesto. Nitrogen-use efficiency for growth in a cultivated African grass and a native South American pasture grass. *Journal of Biogeography*, p. 421-425, 1990
- BERARDI, A. .Effects of the African grass *Melinis minutiflora* on plant community composition and fire characteristics of a central Brazilian savanna. Tese de Mestrado. University College London, Londres. 1994.
- BRANCALION, Pedro Henrique Santin et al. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*, v. 2, 2012.
- CAMPOS-FILHO, Eduardo M. et al. Mechanized direct-seeding of native forests in Xingu, Central Brazil. *Journal of sustainable forestry*, v. 32, n. 7, p. 702-727, 2013.
- CANTARUTTI, Reinaldo Bertola; ALVAREZ V, V. H.; RIBEIRO, A. C. Amostragem do solo. RIBEIRO, AC; GUIMARAES, PTG; ALVAREZ, VH Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 13-20, 1999.

CHAPIN, F.S.; MATSON, P.A.; VITOUSEK, P.M. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer-Verlag, 2 ed., New York. 529p. 2011.

COUTINHO, André. Construção de comunidades em restauração ativa de savana. 2018.

CUNHA DOS ANJOS, Lúcia Helena et al. Caracterização e classificação de plintossolos no município de Pinheiro-MA. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 5, 2007.

D'ANTONIO, C.M. & VITOUSEK, P.M. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. Annual Reviews of Ecology and Systematics v. 23, p. 6387, 1992

EHRENFELD, Joan G. Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. Ecosystems, v. 6, n. 6, p. 503-523, 2003.

EITEN, George et al. Vegetação do cerrado. Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas, v. 2, p. 17-73, 1994.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. - 2. ed. rev. atual. - Rio de Janeiro, 212p., 1997.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 306.p., 2006.

FELFILI, Jeanine Maria. Biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros. UnB: Finatec, 2007.

GOIÁS. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Caracterização Climática do Estado de Goiás. Por Silvando Carlos da Silva, Neiva Maria Pio de Santana, José Cardoso Pelegrini. Goiânia, 2006.

GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.18, n. 10, p.1111-1116, 1987.

HARIDASAN, M. Capítulo Solos, in: FELFILI, J.M., REZENDE, A.V., JÚNIOR, M.C. da S. (Eds.), Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros. Universidade de Brasília, Brasília, 25–43. 2007.



HOFFMANN, W.A.; HARIDASAN, M. The invasive grass, *Melinis minutiflora*, inhibits tree regeneration in a Neotropical savanna. *Austral Ecology*. 33: 29-36, 2008.

HUGHES, F.; VITOUSEK, P.M. Barriers to shrub establishment following fire in the seasonal submontane zone of Hawaii. *Oecologia*, v. 93, p. 557-563. 1993.

ICMBio. Plano de Manejo do Parque Nacional Chapada dos Veadeiros. 2009

JONASSON, Sven. Evaluation of the point intercept method for the estimation of plant biomass. *Oikos*, p. 101-106, 1988.

KAUFFMAN, J. B.; TILL, K. M.; SHEA, R. W. Biogeochemistry of deforestation and biomass burning. In: DUNNETTE, D. A. (Ed.). *The science of global change: the impact of human activities on the environment*. Washington: American Chemical Society. p. 45-58. (American Chemical Society Symposium Series, 483), 1992

KILLHAM, K. *Soil ecology*. Cambridge, England: University Press, 242 p, 1994.

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

KNOEPP, J.D.; SWANK, W.T. Comparison of available soil nitrogen assays in control and burned forested sites. *Soil Science Society of America Journal*, v. 59, n. 6, p. 1750-1754, 1995.

LEPSCH, Igo Fernando; DA SILVA, Nelson Machado; ESPIRONELO, Ademar. Relação entre matéria orgânica e textura de solos sob cultivo de algodão e cana-de-açúcar, no estado de São Paulo Organic matter as related to texture in soils cropped with cotton and sugarcane in São Paulo state, Brazil. *Bragantia*, v. 41, n. 1, p. 231-236, 1982.

LOEBMANN, Daniel Gomes dos Santos Wendriner. Classificação fitofisionômica do cerrado no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO, com a aplicação de uma análise combinatória com filtros adaptativos em imagens TM Landsat. 2008.

MACHADO, R.B., M.B. RAMOS NETO, P. PEREIRA, E. CALDAS, D. GONÇALVES, N. SANTOS, K. TABOR & M. STEININGER. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Conservation International do Brasil, Brasília, 2004.

- MARINHO, M.S. Efeito do fogo Anual na mortalidade e no Banco de Sementes de *Andropogon gayanus* (Kunth) e *Melinis minutiflora* (Beauv) no Parque Nacional de Brasília. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília. 75p. 2013
- MARTINELLI, Luiz Antonio et al. A falsa dicotomia entre a preservação da vegetação natural e a produção agropecuária. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 4, 2010.
- MEIER, M. Nitratbestimmung in Boden-Proben (N-minMethode). *LaborPraxis, Würzburg*, p. 244-247, 1991.
- MENDONÇA, R.C., FELFILI, J.M., WALTER, B.M.T., SILVA Jr., M.C., REZENDE, A.V., FILGUEIRAS, T.S., NOGUEIRA, P.E. & FAGG, C.W. Flora Vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In *Cerrado: ecologia e flora* (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p.421-1279. 2008
- MIRANDA, A.C.; MIRANDA, H.S.; LLOYD, J.; GRACE, J.; FRANCEY, R.J.; MCINTYRE, J.A.; MEIR, P.; RIGGAN, P.; LOCKWOOD, R.; BRASS, J. Fluxes of carbon, water and energy over Brazilian cerrado, an analysis using eddy covariance and stable isotopes. *Plant, Cell and Environment*, v. 20, p. 315–328. 1997.
- MOREIRA, F.M.S; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. 2ª ed. editora UFLA. 729p, 2006.
- MULVANEY, R. L. Nitrogen—inorganic forms. *Methods of soil analysis part 3—Chemical methods*, n. *methodsofsoilan3*, p. 1123-1184, 1996.
- NARDOTO, G.B.; BUSTAMANTE, M.M.C. Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 8, p. 955-962, 2003.
- NARDOTO, G.B.; BUSTAMANTE, M.M.C.; PINTO, A.S.; KLINK, C.A. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of central Brazil and impacts of fire. *Journal of Tropical Ecology*, 22:1–11, 2006.
- PELLIZZARO, Keiko Fueta. *Restauração ecológica por meio de semeadura direta no Cerrado: avaliando espécies de diferentes formas de vida e densidades de plantio*. 2016.
- OKSANEN, Jari et al. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 1.17-2. R Development Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010.

PICCOLO, M.C.; NEILL, C.; CERRI, C.C. . Net nitrogen mineralization and net nitrification along a tropical forest-to-pasture chronosequence. *Plant and Soil* 162: 6170, 1994.

PRADO NASCIMENTO, Erika Regina; EYJI SANO, Edson. Identificação de Cerrado Rupestre por meio de imagens multitemporais do Landsat: proposta metodológica. *Sociedade & Natureza*, v. 22, n. 1, 2010.

PROJETO MAPBIOMAS– Coleção [2016] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em [março de 2018] através do link: [<http://mapbiomas.org>]

REATTO, Adriana et al. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. *Cerrado: ambiente e flora*, 1998.

RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In *Cerrado: ecologia e flora* (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina. p.151 -212, 2008.

RIBEIRO, PE de A. Implementação de análise de nitrogênio total em solo pelo método de Dumas. Embrapa Milho e Sorgo-Documents (INFOTECA-E), 2010.

RODOVALHO, Natália Lopes. Efeito do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a dinâmica de nitrogênio em fragmento de Cerrado sentido restrito circundado por matriz agrícola. 2017.

SAMPAIO, Alexandre Bonesso; SCHMIDT, Isabel Belloni. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, n. 2, p. 32-49, 2014.

SAMPAIO, A. B. ET AL. Guia de Restauração Do Cerrado Volume 1 - Semeadura Direta. Brasília/DF, 2015.

SANO, E. E., ROSA, R., BRITO, J. L. S., & FERREIRA, L. G. Semidetailed land use mapping in the Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(1), 153-156, 2008.

SCHIMEL, Joshua P.; BENNETT, Jennifer. Nitrogen mineralization: challenges of a changing paradigm. *Ecology*, v. 85, n. 3, p. 591-602, 2004.

SEGNINI, Aline et al. Estudo comparativo de métodos para a determinação da concentração de carbono em solos com altos teores de Fe (Latosolos). *Química Nova*, v. 31, n. 1, p. 94-97, 2008.

SILVA, M.R.S.S. Diversidade de comunidades bacterianas de solo de Cerrado em resposta a diferentes alterações dos ecossistemas. Tese de doutorado. Universidade de Brasília. 2012.

SILVA, JOSÉ SALOMÃO OLIVEIRA; HARIDASAN, MUNDAYATAN. Acúmulo de biomassa aérea e concentração de nutrientes em *Melinis minutiflora* P. Beauv. e gramíneas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 30, n. 2, p. 337-344, 2007.

SOUZA, Jocemara Viana de. Dinâmica de nitrogênio no solo em áreas de cerrado sentido restrito com invasão biológica de capim-gordura (*Melinis minutiflora*) e braquiária (*Brachiaria decumbens*) no Planalto Central brasileiro. 2017.

STANFORD, George; EPSTEIN, Eliot. Nitrogen Mineralization-Water Relations in Soils 1. *Soil Science Society of America Journal*, v. 38, n. 1, p. 103-107, 1974.

VELDMAN, Joseph W. et al. Tyranny of trees in grassy biomes. *Science*, v. 347, n. 6221, p. 484-485, 2015.

ZUPO, Talita Marques. Invasão, competição e uso de recursos por uma gramínea nativa e uma gramínea invasora do cerrado. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.