



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação

TOPOGRAFIA E SOLO DEFININDO A VEGETAÇÃO EM
ESCALA LOCAL NO ECÓTONO CERRADO - FLORESTA
AMAZÔNICA

PATRÍCIA MARQUES SANTOS

São Luís/MA
2017

PATRÍCIA MARQUES SANTOS

TOPOGRAFIA E SOLO DEFININDO A VEGETAÇÃO EM
ESCALA LOCAL NO ECÓTONO CERRADO - FLORESTA
AMAZÔNICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Dr. Guillaume Xavier Rousseau

Coorientador: Dr. Nivaldo de Figueiredo

São Luís/MA
2017

FICHA CATALOGRAFICA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo (a) autor (a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Marques Santos, Patrícia.

TOPOGRAFIA E SOLO DEFININDO A VEGETAÇÃO EM ESCALA LOCAL
NO ECÓTONO CERRADO - FLORESTA AMAZÔNICA / Patrícia Marques
Santos. - 2017.

68 p.

Coorientador(a): Nivaldo de Figueiredo.

Orientador(a): Guillaume Xavier Rousseau.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Biodiversidade Conservação/ccbs, Universidade Federal do
Maranhão, São Luis, 2017.

1. Altitude. 2. Declividade. 3. Gradiente

Vegetacional. 4. Microclima. 5. Saturação por Bases. I.
de Figueiredo, Nivaldo. II. Xavier Rousseau, Guillaume.

III. Título.

PATRÍCIA MARQUES SANTOS

TOPOGRAFIA E SOLO DEFININDO A VEGETAÇÃO EM
ESCALA LOCAL NO ECÓTONO CERRADO - FLORESTA
AMAZÔNICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Dr. Guillaume Xavier Rousseau

Coorientador: Dr. Nivaldo de Figueiredo

Aprovada em: / /

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Guillaume Xavier Rousseau
Universidade Estadual do Maranhão

1º Examinador: Fredgardson Costa Martins
Universidade Federal do Maranhão

2º Examinador: Alana Das Chagas Ferreira Aguiar
Universidade Federal do Maranhão

Tombam árvores, morrem índios
Queimam matas, ninguém vê
Que o futuro está pedindo
Uma sombra e não vai ter
Pensem em Deus, alertem o mundo
Pra floresta não morrer
Devastação é um monstro
Que a natureza atropela
Essas manchas de queimadas
Que hoje vemos sobre ela
São feridas que os homens
Fizeram no corpo dela
Use as mãos, mude uma planta
Regue o chão, faça um pomar
Ouça a voz dos passarinhos
A floresta quer chorar
Quando os cedros vão tombando
Dão até a impressão
Que os estalos são gemidos
Implorando compaixão
As mãos do homem malvado
Desmatou sem precisão
Mas quando Deus sentir falta
Do pau que já foi cortado
O homem talvez procure
Por a culpa no machado
Ai Deus vai perguntar:
"E por quem foi amolado?"
Fauna e flora valem mais
Do valor que o ouro tem
A natureza é selvagem
Mas não ofende ninguém
Ela é a mãe dos seres vivos
Precisa viver também
Ouça os índios, limpem os rios
Façam a Deus esse favor
Floresta é palco de ave
Museu de sonho e de flor
Vamos cuidar com carinho
Do que Deus fez com amo
Sebastião Dias

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos vão primeiramente a Deus pois somente através dele, o meu objeto de estudo “A VIDA” é possível. Ele me guia e protege!

Agradeço aos meus familiares pois eles estarão comigo sempre, agradeço pela força e paciência dedicada a mim. Agradeço também ao namorado pela parceria.

Agradeço ao meu orientador Guillaume Xavier Rousseau, pela orientação e ensinamentos necessários para a realização deste trabalho. E em especial ao meu Coorientador Nivaldo de Figueiredo, primeiramente pela confiança em aceitar me orientar, pela paciência e dedicação em me ensinar e mostrar a necessidade de ser um bom Biólogo, grande inspiração profissional e como pessoa. Obrigada pela oportunidade de conviver e aprender com você!

Um agradecimento muito mais que especial aos meus colegas e amigos que se dispuseram a ir a campo e tornar viável este trabalho, somente graças a eles, foi possível concluir a etapa de campo (Francisca Frazão, Marcio Frazão, Hugo, Anderson Muniz, Rômulo Sampaio, José Antônio, Kele Pires, Ingrid Amorim, Gustavo, Helen, Luana, Carlos, Lays, Henry, Marco Ribeiro e Gustavo).

Agradeço aos proprietários das áreas amostradas, senhor João do Carmo e esposa que foram muito gentis, cedendo a sede de sua fazenda para nos abrigar durante os dias de coleta. A senhora Luce Maria Brandão, proprietária de uma das áreas amostradas.

Agradeço especialmente ao seu Sebastião e seu filho Manuel, por contribuir imensamente com meu trabalho, auxiliando na coleta e identificação das espécies no campo, agradeço por sua generosidade e disponibilidade.

À Universidade Federal do Maranhão, pela oportunidade.

À todos os professore(a)s e funcionário(a)s do Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Conservação, que contribuíram direta e indiretamente para a minha formação.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida e a FAPEMA pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa.

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) por fornecer carro e motorista para as viagens à campo. E ao laboratório de Solos da UEMA, pelas análises das amostras, em especial a técnica Kellen pela disponibilidade e atenção.

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO I.....	12
1.1	APRESENTAÇÃO GERAL	12
1.2	INTRODUÇÃO.....	12
1.3	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	14
1.4	OBJETIVO GERAL.....	20
1.4.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
2	REFERÊNCIAS	21
3	CAPÍTULO II.....	33
	TOPOGRAFIA E SOLO DEFININDO A VEGETAÇÃO EM ESCALA LOCAL NO ECÓTONO CERRADO - FLORESTA AMAZÔNICA.....	33
	RESUMO	33
3.1	INTRODUÇÃO.....	34
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.2.1	Área de estudo	36
3.2.2	Delineamento amostral.....	38
3.2.3	Amostragem da vegetação.....	38
3.2.4	Amostragem do solo.....	38
3.2.5	Dados climáticos locais e regionais.....	39
3.2.6	Dados topográficos locais (altitude e declividade).....	40
3.2.7	Análises dos dados	40
3.3	RESULTADOS.....	41
3.3.1	Solos	42
3.3.2	Correlação entre variáveis ambientais e distribuição das espécies.....	45
3.4	DISCUSSÃO.....	47
3.5	CONCLUSÃO.....	50
4	REFERÊNCIAS	51

RESUMO

Os padrões de distribuição espacial das espécies são influenciados por características ambientais e bióticas que determinam a capacidade das espécies de se estabelecerem em ambientes específicos. Assim, condições geoambientais regionais ou locais têm contribuído para a configuração atual das diversas formações da vegetação brasileira. Analisamos neste trabalho, a variação na composição e estrutura da vegetação explicada por variáveis físicas como topografia, solo, clima e microclima em áreas de contato, Cerrado e Floresta Amazônica. Testamos a hipótese de que em escala local variações na topografia deveriam explicar melhor a distribuição das espécies entre formações de Cerrado e Mata Amazônica. Realizamos a coleta dos dados em grides de 100x100m subdividido em parcelas 20x20m. Amostramos, sistematicamente, seis parcelas em cada formação com 3 repetições espaciais: Cerrado 3 (área 1, 2 e 3) e Floresta 3 (Área 1, 2 e 3) e adotamos como critério de inclusão os indivíduos com DAP (diâmetro a altura do peito) a 1,30m do solo ≥ 10 cm. Coletamos dados de solo, microclima local (temperatura e umidade) e clima (temperatura e precipitação), além de dados de Declividade e Altitude por parcela. Realizamos análises exploratórias dos dados (similaridade entre amostras utilizando Cluster UPGMA), para verificar a existência de diferença na composição e estrutura entre as duas formações, e o test T de Student para definir as variáveis ambientais que diferiram entre as formações de Cerrado e Floresta. Testamos a hipótese de trabalho e a interação de padrões da vegetação e fatores ambientais através da Análise Canônica de Redundância(RDA) e a partição da variância explicada através de análises de redundância parciais com o programa R. As duas formações são florística e estruturalmente distintas, sem sobreposição da composição florística denotando transição abrupta. A análise de redundância explicou 20,7% da variação da vegetação nos dois primeiros eixos, sendo as variáveis Saturação em Bases, Capacidade de Troca Catiônica efetiva mais relacionadas ao eixo 1 e Altitude e Declividade mais relacionadas ao eixo 2 da análise. Portanto nossa hipótese foi corroborada parcialmente, uma vez que a área estudada apresentou um gradiente de fertilidade das áreas de floresta para o Cerrado e a Declividade e Altitude atuam de forma relevante para distinção entre estas formações em ambientes de tensão ecológica. Altitude e Declividade são fatores que atuam na distribuição das espécies em escala local, provavelmente atuando como agentes moduladores da distribuição de nutrientes no solo.

Palavras chaves: Fertilidade dos solos; Altitude; Declividade; Gradiente vegetacional; Zona de tensão ecológica Cerrado-Floresta Amazônica; Vegetação ecotonal; Escala local; Microtopografia.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APGIII- Angiosperm Phylogeny Group

CL-Cerrado Luce

CJ-Cerrado Jaborandi

CM-Cerrado Maria Antônia

DAP-Diâmetro a Altura do Peito

FL-Floresta Luce

FJ-Floresta Jaborandi

FM-Floresta Maria Antônia

IAC- Instituto Agronômico de Campinas

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE-Instituto de Pesquisas Espaciais

MMA- Ministério do Meio Ambiente

QGIS-Quantum Gis

RDA- Análise de Redundância

TFSA- Terra Fina Seca o Ar

TST-Temperatura Superficial Terrestre

UPGMA- Unweighted Pair-Group Method Using an Arithmetic Average

ZTE- Zona de Tensão Ecológica

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média e Desvio Padrão das variáveis físicas e químicas do solo amostradas em 36 parcelas de forma extensiva em 3 área de transição ecológica, Maranhão.....	44
Tabela 2. Variáveis ambientais mais correlacionadas ($P > 0,05$) com os eixos 1 e 2 da ordenação, criadas a partir de dados de abundância de 36 parcelas em área de transição da vegetação Floresta Amazônica e Cerrado, Maranhão.....	46
Tabela 3: Efeito de cada variável individualmente na distribuição da vegetação da área de transição Cerrado/Mata Amazônica.....	47

LISTA DE FIGURAS

- Figura1.** Tipologia da vegetação das áreas de amostragem em Zona de Tensão Ecológica (ZTE), nos municípios de Colinas e Mirador Maranhão. Adaptado de (Ministério do Meio Ambiente 2016).....37
- Figura2.** Localização das áreas de amostragem 1,2 e 3. Distribuição das parcelas de 20 x 20m (em cinza), de forma sistemática, em área de Cerrado e Floresta.....39
- Figura3.** Dendrograma de similaridade florística obtidos por média de grupo (UPGMA) e Índice de Jaccard (SJ) para espécies por parcela das áreas de amostragem da vegetação Floresta e Cerrado.....41
- Figura4.** Curva do coletor para área de Floresta (a) e Cerrado (b) localizada no município de Colinas Maranhão, número de espécies por amostra (parcela). Análise com 50 parcelas, 25 para Floresta e 25 Cerrado. Linha azul representa o desvio padrão da amostra com 95% de confiança.....42
- Figura5.** Distribuição dos valores de Declividade (a) e Altimetria (b) ao longo das parcelas de amostragem, Maranhão. FL=Floresta Área 1; CL=Cerrado Área1 FJ=Floresta Área 2; CJ=Cerrado Área 2; FM= Floresta Área 3; CM=Cerrado Área 1.....45
- Figura6.** Diagrama de análise de ordenação (RDA) produzido a partir de dados de abundancia para 3 áreas de transição da vegetação Floresta Amazônica e Cerrado, Maranhão. FL=Floresta Área 1; CL=Cerrado Área1 FJ=Floresta Área 2; CJ= Cerrado Área 2; FM= Floresta Área 3; CM=Cerrado Área 1.....46
- Figura7.** Partição da variação explicada pela análise (RDA), a partir dos 4 eixos canônicos.....47

CAPÍTULO I

1.1 APRESENTAÇÃO GERAL

1.2 INTRODUÇÃO

A compreensão dos padrões de distribuição da biodiversidade tem sido objeto crescente de estudos na literatura, apresentando enfoques bastante diversificados (Marques 2016; Niklaus et al. 2016; Pellegrini et al. 2016; Lenza, Santos, and Maracahipes-Santos 2015; Muelbert et al. 2016; Bueno et al. 2013; Carvalho MB, Bernacci LC 2013; Haidar et al. 2013; Andrade, L. A.; Fabricante, J. R.; Araujo 2011; Felfili et al. 2011; Alves and Miranda 2008; Borcard et al. 1992; Eiten 1972). Parte deste interesse vem da percepção de que a compreensão destes padrões possibilitará o melhor manejo e conservação dos recursos naturais, subsidiando maneiras de preservar a biodiversidade em escala local (Cox and Moore 2014).

A distribuição das espécies e os padrões de organização biológica estão intimamente relacionados às características e a complexidade estrutural do ambiente, como heterogeneidade ambiental, qualidade do habitat, tipo e quantidade de zonas de contato entre as formações (Pires et al. 2014).

Cada bioma é diferenciadamente afetado pelos fatores ambientais, e estes contribuem para diversidade e estrutura do ambiente (W. A. Hoffmann 2005; Scariot, Felfilli, and Sousa-Silva 2005; William A. Hoffmann and Franco 2008). Para áreas de Cerrado fatores como a profundidade efetiva do solo, drenagem, presença de concreções no perfil, profundidade do lençol freático, fertilidade do solo (Eiten 1972; Scariot, Felfilli, and Sousa-Silva 2005); além de precipitação, ocorrência de fogo e perturbações antrópicas (William A. Hoffmann et al. 2009; Oliveira-Filho, Ratter, and Shepherd 1990); são os mais relevantes.

Já para a Floresta Amazônica a precipitação, disponibilidade hídrica, a produção de serapilheira e a ciclagem de nutrientes, são fatores determinantes para a abundância e distribuição das plantas, se tornando fatores seletivos nestes ambientes onde é baixa a disponibilidade hídrica e nutricional (Farquhar and Sharkey 1982; William A. Hoffmann and Franco 2008).

Outro fator a ser destacado são as diferenças no relevo, na origem e tipos de solos podem influenciar na distribuição dos nutrientes no solo. Assim solos de áreas mais altas e íngremes apresentariam maior remoção de sedimentos, causado pelo vento e chuva, que escoaria para as áreas mais baixas e planas onde se acumularia, influenciando assim nas propriedades do solo (Fescenko, Nikodemus, and Brūmelis 2014).

Contudo estudos destacam que as variáveis climáticas são responsáveis pela distribuição das espécies, principalmente as variáveis relacionadas a temperatura e precipitação pois estas promovem um gradiente de distribuição do componente florístico (Engelbrecht et al. 2007; Eisenlohr et al. 2013; Saiter et al. 2015).

Vale destacar ainda que a disponibilidade destes recursos no ambiente, está sujeita a variações no espaço e no tempo, o que promove a retração e expansão das florestas em direção a savanas (Scariot, Felfilli, and Sousa-Silva 2005; Rossatto 2014).

A importância destas variáveis na vegetação, no entanto, depende da escala do estudo, em macro escala precipitação e latitude definem as formações vegetais (Pianka 1966) em escala regional fatores como precipitação e temperatura teriam maior influência (Souza 2013; Nguyen and Gómez-Zurita 2016).

Contudo, em escala local ainda não há consenso, e os fatores podem variar entre regiões mais secas e regiões úmidas. Em geral estão relacionados à fertilidade dos solos, além do teor de areia e drenagem, no entanto, degradação, fogo, profundidade dos solos, também tem efeito importante (Bond 2010; William A. Hoffmann et al. 2012).

A área de contato entre dois biomas é conhecida como Zona de Tensão ecológica (ZTE), nestas regiões geralmente ocorre uma vegetação de transição com características intermediárias as duas formações, com espécies comuns as duas áreas, mas também espécies próprias, o que lhe confere grande biodiversidade (Neiff 2003; Rossatto 2014). A ZTE entre os biomas Cerrado e Amazônia abrange uma extensa área de mais de 6.000 Km, ainda pouco conhecida (Radam Brasil 1982).

Estudos vêm descrevendo quais fatores determinam a distribuição das espécies em área de tensão ecológica, contudo em sua maioria com enfoque principal no uso da terra (Mews et al. 2012; Alencar et al. 2004). A região nordeste apesar de abrigar grande parte das ZTEs, é escassa a bibliografia sobre este tema (Marques 2016).

O objetivo deste trabalho foi verificar se variáveis como topografia, solo, clima e microclima explicam a variação na composição e estrutura da vegetação.

A importância destas variáveis na vegetação, no entanto, é dependente da escala do estudo (Pauchard, Ugarte, and Millán 2000), em macro escala (escala global) precipitação e latitude definem as formações vegetais; em escala regional fatores como precipitação e temperatura teriam maior influência (Oliveira Filho A.T. and Fontes 2000).

Nossa hipótese de trabalho segue a premissa de que em escala local precipitação, latitude e temperatura devem variar menos e, portanto, variáveis locais (que apresentam maior oscilação) teriam maior influência determinando o tipo de vegetação. Assim testaremos a hipótese de que a declividade do terreno teria uma importância fundamental na ocorrência dos tipos vegetacionais observados.

1.3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Os padrões de composição das espécies são influenciados por características ambientais que determinam a capacidade das espécies de se estabelecerem em ambientes específicos (Matos DCL, Ferreira LV 2013). Assim características dos solos e do clima atuam na vegetação, influenciando sua diversidade e estrutura. Desta forma variáveis edáficas e climáticas são responsáveis pela quantidade de nutrientes e água fornecidos às espécies que sobre o solo se desenvolvem (Martins et al. 2003; Pinto et al. 2008; Skorupa et al. 2012).

Além da influência do ambiente circundante a vegetação atual é resultado também de eventos pretéritos ocorridos no planeta (M. L. da Silva 2011). A teoria dos refúgios e dos redutos, explica como as mudanças climáticas que ocorreram no quaternário influenciaram a distribuição da flora e fauna atuais, em tempos determinados, ao longo de espaços fisiográficos, paisagísticos e ecologicamente mutantes (Ab'Sáber 2012).

Em contraponto a teoria dos refúgios, temos os modelos paliobiogeográficos da Amazônia que conta uma história anterior a essas mudanças climáticas, no período de formação da bacia Amazônica (Ribas et al. 2011). Estes eventos associados a fatores ecológicos como competição e dispersão, são importantes para a compreensão da evolução e caracterização do status atual da fitogeografia brasileira (Passos 2003; Pinheiro and Monteiro 2009).

Para analisar esse histórico em escala local, temos os modelos teóricos de Ecologia de Comunidades, como a Teoria da Neutralidade (Hubbell 2001) e a Teoria do Nicho (Kneitel and Chase 2004) descrevendo a distribuição das espécies condicionadas a fatores físicos e biológicos do ambiente (com ênfase em fatores estocásticos e dispersão).

Assim, condições físicas, geoambientais regionais ou locais têm contribuído para a configuração atual das diversas formações da vegetação brasileira, principalmente as áreas de cerrado, que ocorrem em regiões com características ambientais seletivas(Aquino, Walter, and Ribeiro 2007).

Neste contexto a região Ecológica é um conceito que abrange todos os ambientes oriundos a partir dos mesmos fenômenos geológicos, que sofre influência dos mesmos processos geológicos ao longo dos anos e estão sob o mesmo clima de importância regional, assim esse ambiente sustenta o mesmo tipo de vegetação(N.M. Ivanauskas 2002).

Desta forma os sistemas de transição ocorrem entre duas ou mais regiões fitoecológicas ou tipos de vegetação e existem sempre, ou pelo menos na maioria das vezes, comunidades indiferenciadas, onde as floras se interpenetram, constituindo as transições florísticas ou contatos edáficos(IBGE 2012). Nestes pontos de contato entre as regiões fitoecológicas, as floras podem se justapor formando os chamados “encraves”, ou então interpenetrar-se formando os “ecótonos” ou “zonas ecotonais” (N.M. Ivanauskas 2002).

Autores discutem a dificuldade de se delimitar as áreas de ambientes florestais em regiões de transição e/ou tensão ecológica, principalmente Cerrado – Floresta Amazônica devido às inúmeras reentrâncias e interpenetrações de formações savânicas no território da Amazônia Legal (Ratter et al. 1973; Eiten 1972; N.M. Ivanauskas 2002; Natália Macedo Ivanauskas, Monteiro, and Rodrigues 2004; Haidar et al. 2013). Áreas com essas características podem ser encontradas nos estados do Amazonas, Mato Grosso, Pará, Maranhão e Tocantins(Natália Macedo Ivanauskas, Monteiro, and Rodrigues 2004; Kunz et al. 2008; Haidar et al. 2013).

O estado do Maranhão tem uma área de 331.936,948 Km², faz parte da região Nordeste, e está em uma posição de transição entre as regiões Norte e Centro Oeste. Desta forma o estado reúne características comuns a estas regiões (IBGE 2002; IBGE 2012). No Maranhão a mais importante zona ecotonal ocorre entre os biomas Amazônico e Cerrado (Ab’Sáber 2012; MMA 2007) com área aproximada de 21.228Km² (IBGE 2011), onde é possível observar um mosaico de fisionomias vegetais savânicas concomitantes às formações florestais ombrófilas (IBGE 2012).

O Bioma Cerrado em várias regiões do Brasil faz fronteira com outras formações vegetais, caracterizando-se por ser o segundo maior bioma brasileiro em extensão territorial, sendo superado apenas pela Amazônia (IBGE 2004). O Cerrado compreende 22% do

território nacional e é considerada a última fronteira agrícola do planeta (Borlaug 2002; MMA 2015).

No Maranhão, o cerrado representa o maior ecossistema maranhense, e está localizado desde a região Nordeste até a região Sul do Estado, cobrindo cerca de 60% de sua superfície, ocorrendo em aproximadamente 55 municípios. Destes, 23 apresentam quase que exclusivamente recobertos por esse tipo de vegetação (F. S. Da Silva, Almeida, and Rangel 2015).

O Cerrado maranhense está ameaçado, pois encontra-se sob forte pressão pela expansão agrícola, espécies nativas importantes, comercial e ecologicamente, estão desaparecendo em função da ocupação desordenada, queimadas, extração de madeira para produção de carvão, e agricultura (Ministério do Meio Ambiente 2010).

Este processo de devastação do cerrado maranhense está em curso principalmente na região sudoeste do Estado, onde nos últimos anos os cerrados do Sul do Maranhão têm se mostrado muito atrativo, principalmente devido as terras baratas e altamente mecanizáveis apresentando alta produtividade (Neres and Conceição 2010).

Já a região da Amazônia brasileira, compreende nove estados: Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia e Tocantins, totalizando uma área de 88.668.43 Km², representando 59.76% do Território Nacional (IBGE 2011). No Maranhão o Bioma amazônico abrange cerca de 34% do território do estado, ocupando 62 municípios (Almeida and Vieira 2013).

Diversos fatores contribuem para a distribuição das espécies nos ambientes, mas cada autor destaca fatores diferentes para cada formação, bioma ou região ecológica, fruto muitas vezes do objetivo de cada trabalho. Os fatores que determinam a distribuição das espécies em área de cerrado são: a profundidade efetiva do solo, a drenagem, a presença de concreções no perfil, a profundidade do lençol freático e a fertilidade do solo (Eiten 1972; Haridasan 1992), além da precipitação, ocorrência de fogo e perturbações antrópicas (RadamBrasil 1982; Oliveira-Filho, Ratter, and Shepherd 1990; Sano and Almeida 1998).

Nos ambientes da floresta amazônica, a disponibilidade hídrica e a produção de biomassa são fatores determinantes para a abundância e distribuição das plantas nos diversos ecossistemas, e estes são considerados fatores seletivos em ambientes onde é baixa a disponibilidade hídrica e nutricional (Farquhar and Sharkey 1982; William A. Hoffmann and Franco 2008).

Já nas áreas de contato entre essas duas formações, cerrado e floresta amazônica, os estudos são menos frequentes, assim pouco se conhece sobre sua flora e os fatores que influenciam a sua distribuição (R. C. Mendonça et al. 2008). Diante do exposto, o conhecimento da estrutura e a determinação de padrões de distribuição das espécies é fundamental para a conservação e manutenção desses ecossistemas (Felfili et al. 2011; Marques 2016).

Estudos recentes em regiões de ecótonos trazem novas contribuições para a flora do Cerrado (R. C. Mendonça et al. 2008), trabalhos como os de Ivanauskas (Natália Macedo Ivanauskas, Monteiro, and Rodrigues 2008; Natália Macedo Ivanauskas, Monteiro, and Rodrigues 2004) e Haidar (Haidar et al. 2013) destacam a grande biodiversidade encontrada em áreas de ecótono e a importância do conhecimento dessa biodiversidade. Contudo, as análises dos fatores determinantes para a distribuição dessas espécies em região de transição, ainda são raras e não conclusivas (Haidar et al. 2013; Marques 2016).

Ruggiero, estudou a influência do solo na vegetação de cerrado e floresta no estado de São Paulo, determinando que as florestas estavam correlacionada a saturação por bases, já as fisionomias de cerrado condicionadas as variação na concentração de alumínio (P. G. C. Ruggiero et al. 2002). Outros trabalhos atribuíram a distribuição das áreas de transição às condições do solo, com florestas associados a solos mais férteis e cerrados em solos distróficos (Feitosa et al. 2016; Durigan and Ratter 2006; Neri et al. 2012), já Furley e Ratter atribuíram a umidade do solo (Durigan and Ratter 2006; Furley, Proctor, and Ratter 1994).

Campos estudou a relação solo relevo em área transicionais, onde a variação nos atributos do solo, estavam diretamente relacionados a variação do relevo, pois este condiciona a drenagem e o nível do lençol freático (Campos et al. 2012).

Moeslund, descreveu como os diversos fatores bióticos interagem com a topografia, analisando principalmente em escalas espaciais menores, onde a elevação não flutua o suficiente para causar diferenças de temperatura, assim a microtopografia seria um agente promotor de variações na energia solar incidente, exposição ao vento, hidrologia, geoquímica e condições bióticas (Moeslund et al. 2013).

Warman comparou áreas de ecótono com as formações subjacentes e analisou as mudanças químicas do solo em cada formação, determinando que os solos das áreas de ecótono eram mais parecidos com os encontrados em áreas de floresta. Desta forma a medida que as florestas invadem as áreas de savana, a própria vegetação modificava o solo e com o

passar dos anos o solo sob vegetação savânica se torna cada vez mais semelhante aos solos florestais e essa dinâmica ajudaria a explicar porque o solo no limite seria mais semelhante ao solo florestal (Warman, Bradford, and Moles 2013).

Desta forma estudos sobre as relações entre a diversidade vegetal e fatores ambientais além de fornecer informações que podem auxiliar na conservação da biodiversidade local, podem contribuir para orientar os projetos de restauração da vegetação (Kotchetkoff-Henriques, Joly, and Bernacci 2005).

O solo é um dos fatores de referência para a determinação da diversidade florística em áreas de transição (Campos et al. 2012; Campos et al. 2011; Patricia Guidão Cruz Ruggiero et al. 2006; P. G. C. Ruggiero et al. 2002; Feitosa et al. 2016; Neri et al. 2012; Durigan and Ratter 2006). Pois, o solo é a camada onde o reino vegetal e animal estabelece contato com o mundo mineral, esta relação é dinâmica e é responsável pela manutenção da vida na terra.

Desta forma as plantas dependem do solo para obter nutrientes e água, os animais por sua vez dependem das plantas para sobreviver. Mas essa relação não é unidirecional, o solo também precisa das plantas e animais que sobre ele vivem, para a manutenção de sua composição e estrutura (Troeh 2007).

Assim, solo compõe-se de uma parte sólida, líquida e outra gasosa. A parte sólida do solo compõe-se de uma parte mineral inerte e matéria orgânica de organismos vivos, constituindo sua estrutura básica. Outro constituinte importante para o solo é o espaço poroso, ocorre entre partículas sólidas, este espaço poroso é ocupado por água ou ar em proporções variáveis de acordo com o constituinte mineral presente, solos arenosos retêm pouca água enquanto que solos argilosos tem a tendência de segurar mais água (Primavessi 2002).

A parte mineral do solo varia de acordo com o tamanho das partículas, menores que 2mm de diâmetro são divididas em areia, silte e argila. Segundo a escala internacional de classificação das partículas do solo a areia varia em tamanho de 0,2-2,0mm, o silte de 0,002-0,2 mm, a argila caracteriza-se por tamanho inferior a 0,002 mm (Bernardo Van Raij 2011).

Ao longo de um corte longitudinal no solo, é possível observar distintas camadas sobrepostas que se distribuem no decorrer da profundidade. A camada mais superficial é chamada de horizonte A, por esta mais exposta ao ambiente tem maior quantidade de matéria orgânica, essa disponibilidade diminui ao longo do perfil. A segunda camada, é chamada de horizonte B, a junção do horizonte A+B é denominado de *solum*. Logo em seguida temos o horizonte C que se estende até ao leito da rocha (Troeh 2007).

Os desgastes provocados por fatores ambientais dão origem as camadas do solo e ainda promovem a quebra de algumas partículas minerais presente no solo, assim a areia é quebrada em partículas menores de silte e a quebra do silte resulta em partículas menores, a argila (Troeh 2007).

A diversidade que o solo apresenta nos mais diversos ambientes, é promovida pela ação dos fatores de formação do solo que são: material de origem, clima, organismos vivos, topografia e tempo. As diversas possibilidades de interação desses cinco fatores podem gerar uma infinidade de tipos de solos, cada um com propriedades únicas (Ronquim 2010; Resende 2007; Troeh 2007; Bernardo Van Raij 2011; Primavessi and Raij 2002; Primavessi 2002).

Assim a diversidade de solos é resultado da ação de fatores ambientais através do tempo e também resulta da ação dos organismos vivos que sobre ele sobrevivem. Existe uma grande diversidade de organismos vivos que fazem parte da formação do solo e estes interagem entre si e com os fatores climáticos transformando o material de origem, em solo (Troeh 2007).

A grande maioria desses organismos pertence ao reino vegetal, sendo esta uma variável muito importante na formação de diversos tipos de solo, contudo, esta variável não é completamente independente do clima e do material de origem do solo (Brevik et al. 2015). Desta forma, o clima e o tipo de material do solo influenciamno tipo de vegetação e no seu crescimento. A vegetação e o solo interagem, um influenciando ao outro e estes sofrem influência do clima e de outros fatores ambientais(Troeh 2007).

Além do componente vegetal, outro fator importante de formação do solo é a ação animal, minhocas, formigas, cupins, pequenos mamíferos e répteis, os quais modificam a estrutura física do solo abrindo caminho através deste movimentando o solo e tornando-o mais aerado.Os microrganismos atuam modificando os compostos orgânicos do solo, outra contribuição dos animais é a matéria orgânica oriunda dos microrganismos(H. M. da Costa, Silva, and Ribeiro 2013; Abreu Jr., Muraoka, and Oliveira 2001; Brevik et al. 2015).

A topografia de uma área influencia no tipo de solo, e da mesma forma, o tipo de solo pode influencia na topografia. Isso ocorre à medida que solos mais propensos a erosão, rapidamente formam vales imensos e, por outro lado, solos mais resistentes formam vales menores e mais íngremes. Quanto maior a declividade do terreno mais rápida é a erosão, devido à ação da gravidade sobre os corpos (Resende 2007; Troeh 2007).

Desta forma o relevo de uma área tende a impor características ao ambiente, assim em áreas planas, a água tende a se acumular mais do que em áreas onde a declividade é maior, com isso os solos são mais úmidos com acúmulo de matéria orgânica, dando origem a coloração mais escura do solo (H. M. da Costa, Silva, and Ribeiro 2013; Barros 2015). Já em áreas com maior declividade os solos acumulam menos água tornando-se mais secos rasos e possuem coloração mais clara, pois acumulam menos matéria orgânica. A vegetação nessas áreas se organiza de forma mais espaçada, e o solo tende a ser mais quente (Brevik et al. 2015).

O processo de formação do solo caracteriza-se principalmente através do tempo, pois este é um processo lento, os solos vão se diferenciando através do tempo a que são expostos aos agentes de intemperismo (Troeh 2007). Sendo assim, solos mais jovens são mais parecidos com o seu material de origem e solos mais velhos são mais distintos.

Solos mais velhos apresentam maior teor de argila no horizonte B o que o torna mais compactado, menos aerado, dificultando a penetração das raízes de plantas (Bernardo Van Raij 2011). Com o passar do tempo, a fertilidade vai diminuindo, pois, os solos mais velhos tornam-se mais compactados, com menor disponibilidade de água e nutrientes às plantas.

Já os materiais de origem do solo têm composição relativamente fixa, e os principais componentes são: oxigênio, silício, alumínio, ferro, cálcio, sódio, potássio, magnésio e titânio (Bernardo Van Raij 2011). Mas, apenas uma pequena porção destes elementos estão disponíveis para a planta, pois estão aderidos aos minerais (Ronquim 2010).

Como ressaltado anteriormente, diversos fatores, variáveis, processos e até mesmo a ação destes através do tempo contribuem na relação solo vegetação. Muitos destes ainda pouco estudados, tanto para as áreas de Cerrado como para a floresta Amazônica e, menos ainda se conhece sobre a ação destes fatores em áreas de transição entre as formações (Eisenlohr et al. 2013). Logo, há uma grande necessidade de compreender a dinâmica do ecótono entre cerrado e floresta amazônica (Marques 2016), e para isso é necessário um maior conhecimento das diferenças ecológicas e fisiológicas entre as espécies desses dois ambientes (W. A. Hoffmann 2005).

Com isso, se faz necessário à compreensão dos fatores determinantes da distribuição da flora destes ecossistemas. Além disso o estudo das áreas ecotonais nos fornece informações sobre os principais fatores limitantes da ocorrência das espécies nestes ambientes (Marques 2016; W. A. Hoffmann 2005).

1.4 OBJETIVO GERAL

Analisar a porcentagem da variação na composição e estrutura da vegetação que pode ser explicada pela topografia, solo e clima em áreas de transição Cerrado / Floresta Amazônica.

1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a composição e estrutura da comunidade em área de transição Cerrado / Floresta Amazônica.
- Amostrare variáveis ambientais como solo, topografia e clima.
- Avaliar a influência dos fatores ambientais (clima, solo, declividade) na vegetação em escala local.

2 REFERÊNCIAS

Ab'Sáber, Aziz. 2012. *Domínios de Natureza No Brasil, Os – Potencialidades Paisagísticas*. 7^o. São Paulo: Ateliê Editorial.

Abreu Jr., Cassio Hamilton, Takashi Muraoka, and Fernando Carvalho Oliveira. 2001. “Cátions Trocáveis, Capacidade de Troca de Cátions E Saturação Por Bases Em Solos Brasileiros Adubados Com Composto de Lixo Urbano.” *Scientia Agricola* 58 (4): 813–24. doi:10.1590/S0103-90162001000400025.

Ackerly, D. D., S. R. Loarie, W. K. Cornwell, S. B. Weiss, H. Hamilton, R. Branciforte, and N. J B Kraft. 2010. “The Geography of Climate Change: Implications for Conservation Biogeography.” *Diversity and Distributions* 16 (3): 476–87. doi:10.1111/j.1472-4642.2010.00654.x.

Alencar, Ane, Daniel Nepstad, David McGrath, Paulo Moutinho, Maria Del Carmen Vera Diaz, and Britaldo Soares Filho. 2004. “Desmatamento Na Amazônia: Indo Além Da ‘ Emergência Crônica .’” *Instituto de Pesquisa Ambiental Da Amazônia (IPAM)*, 87.

Almeida, A.S., and I.C.G. Vieira. 2013. “Cenários Para a Amazônia Área de Endemismo Belém.” *Repositotio UFPA*.
http://www.ppgca.ufpa.br/arquivos/repositorio/TEXTODOWN/Sumario_Executivo_AEB.pdf.

Alves, João Carlos Zenaide Oliveira, and Izildinha De Souza Miranda. 2008. “Análise Da Estrutura de Comunidades Arbóreas de Uma Floresta Amazônica de Terra Firme Aplicada Ao Manejo Florestal.” *Acta Amazonica* 38 (4): 657–66. doi:10.1590/S0044-59672008000400008.

Andrade, L. A.; Fabricante, J. R.; Araujo, E. L. 2011. “Estudos de Fitossociologia Em Vegetação de Caatinga.” In *Fitossociologia No Brasil: Métodos E Estudos de Casos*,

edited by J. A. A. Felfili, J. M.; Eisenlohr, P. V.; Melo, M. M. R. F.; Andrade, L. A.; Meira Neto, 1°, 339–71. Viçosa: UFV.

- APG III, Angiosperm Phylogeny Group-. 2009. *An Update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants*. *Botanical Journal of the Linnaean Society*. 3rded.
- Aquino, Fabiana De Gois, Bruno Machado Teles Walter, and José Felipe Ribeiro. 2007. “Woody Community Dynamics in Two Fragments Of ‘cerrado’ stricto Sensu over a Seven-Year Period (1995-2002), MA, Brazil.” *Revista Brasileira de Botânica* 30 (1): 113–21. doi:10.1590/S0100-84042007000100011.
- Barros, José Deomar de Souza. 2015. “Contribuições Da Matéria Orgânica Do Solo Para Mitigar as Emissões Agrícolas de Gases de Efeito Estufa.” *Questões Contemporâneas* 2 (2013): 2–7.
- Bohlman, Stephanie a, William F. Laurance, Susan G Laurance, Henrique E.M. Nascimento, Philip M Fearnside, and Ana Andrade. 2008. “Importance of Soils, Topography and Geographic Distance in Structuring Central Amazonian Tree Communities.” *Journal of Vegetation Science* 19 (6): 863–74. doi:10.3170/2008-8-18463.
- Bond, William J. 2010. “Do Nutrient-Poor Soils Inhibit Development of Forests? A Nutrient Stock Analysis.” *Plant and Soil* 334 (1): 47–60. doi:10.1007/s11104-010-0440-0.
- Borcard, Daniel, Pierre Legendre, and Pierre Drapeau. 1992. “Partiallying out the Spatial Component of Ecological Variation Author (S): Daniel Borcard , Pierre Legendre and Pierre Drapeau Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1940179> REFERENCES Linked References Are Available on JSTOR for This Article : You May.” *Ecological Society of America* 73 (3): 1045–55.
- Borcard, Daniel, Pierre Legendre, Pierre Drapeau, and Daniel Borcard. 1992. “Partiallying out the Spatial Component of Ecological Variation.” *Ecological Sociedade of America* 73 (3): 1045–55.
- Borlaug, N.E. 2002. “Feeding a World of 10 Billion People: The Miracle Ahead.” In *Global Warming and Other Eco-Myths*, edited by R. Bailey, 29–60. Roseville, EUA: Competitive Enterprise Institute.
- Brevik, E. C., A. Cerdà, J. Mataix-Solera, L. Pereg, J. N. Quinton, J. Six, and K. Van Oost. 2015. “The Interdisciplinary Nature of SOIL.” *Soil* 1 (1): 117–29. doi:10.5194/soil-1-117-2015.
- Bruno, Rogério Deitali. 2004. “Variabilidade Observada Da Umidade Do Solo Em Floresta Tropical E Cerrado.” UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.
- Bueno, Marcelo Leandro, Danilo Rafael Mesquita Neves, Anderson Fernandes Souza, Elio Oliveira Junior, Geraldo Alves Damasceno-Junior, Vanessa Pontara, Valdemir Antônio Laura, and James A Ratter. 2013. “Influence of Edaphic Factors on the Floristic Composition of an Area of Cerradão in the Brazilian Central-West.” *Acta Botanica Brasílica* 27 (2): 445–55. doi:10.1590/S0102-33062013000200017.

- Camargo, O.A.; Moniz, A.C.; Jorge, J.A. & Valadares, J.M.A.S. 1986. “Métodos de Análise Química, Mineralógica E Física Do Instituto Agrônômico de Campinas.” *Instituto Agrônômico, (IAC. Boletim Técnico, 106)* 106: 94.
- Campos, Milton César Costa, Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino Souza-Junior, Mateus Rosas Ribeiro-Filho, and Rômulo Vinicius Cordeiro Conceição Souza. 2011. “Relações Solo-Paisagem Em Uma Topossequência Sobre Substrato Granítico Em Santo Antonio Do Matupi, Manicoré (AM).” *R. Bras. Ci. Solo*, 35: 13–23.
- Campos, Milton César Costa, Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Mateus Rosas Ribeiro Filho, and Maria Conceição Almeida. 2012. “Topossequência de Solos Na Transição Campos Naturais-Floresta Na Região de Humaitá, Amazonas.” *Acta Amazonica* 42 (3): 387–98. doi:10.1590/S0044-59672012000300011.
- Carvalho MB, Bernacci LC, Coelho RM. 2013. “Floristic and Phytosociology in a Physiognomic Gradient of Riverine Forest in Cerrado, Campinas.” *Biota Neotropica* 13: 110–20.
- Condit, Richard, Nigel Pitman, and Egbert G Leigh Jr. 2002. “Beta-Diversity in Tropical Forests.” *Science* 297 (August): 2–4. doi:10.1126/science.297.5586.1439a.
- Costa, F. R C, William E. Magnusson, and Regina C. Luizao. 2005. “Mesoscale Distribution Patterns of Amazonian Understorey Herbs in Relation to Topography, Soil and Watersheds.” *Journal of Ecology* 93 (5): 863–78. doi:10.1111/j.1365-2745.2005.01020.x.
- Costa, Helaine Martins da, Helane França Silva, and Paula Rose de Almeida Ribeiro. 2013. “Matéria Orgânica Do Solo E O Seu Papel Na Manutenção E Produtividade Dos Sistemas Agrícolas.” *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer* 9 (17): 1842–60.
- Cox, C. Barry, and Petter D. Moore. 2014. *Biogeografia. Uma Abordagem Ecológica E Evolucionária*. 7th ed. Rio de Janeiro: LTC.
- Da Silva, Fabricio Sousa, Ricardo Sousa Almeida, and Mauricio Eduardo Salgado Rangel. 2015. “Análise Da Temperatura Superficial Terrestre Do Município de São Luís/MA a Partir de Imagem Orbital Do Sensor OLI/Landsat-8.” *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* 2 (1): 6381–88. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- da Silva, Márcio Luiz. 2011. “A Dinâmica de Expansão E Retração de Cerrados E Caatingas No Período Quaternário: Uma Análise Segundo a Perspectiva Da Teoria Dos Refúgios E Redutos Florestais.” *Revista Brasileira de Geografia Física*.
- De Paula, Gabriel Arvelino. 2011. “Influências Do Relevo E Solo Na Estrutura Da Vegetação Arbórea Em Floresta Estacional Decidual E Cerrado Sentido Restrito, Lavras - MG.” Universidade Federal de Lavras.
- Durigan, G, G A D C Franco, and M F Siqueira. 2004. “A Vegetação Dos Remanescentes de Cerrado No Estado de São Paulo.” In *Viabilidade de Conservação Dos Remanescentes de Cerrado No Estado de São Paulo*, edited by Dantas Bitencourt and Renata Ramos Mendonça, 1st ed., 29–56. São Paulo: FAPESP & ANNABLUME editora.

- Durigan, G, and J A Ratter. 2006. "Successional Changes in Cerrado and Cerrado / Forest Ecotonal Vegetation in Western São Paulo State , Brazil , 1962 – 2000." *EDINBURGH JOURNAL OF BOTANY* 63 (August): 119–30. doi:10.1017/S0960428606000357.
- Eisenlohr, Pedro V., Luciana F. Alves, Luís Carlos Bernacci, Máira C G Padgurschi, Roseli B. Torres, Eduardo M B Prata, Flavio Antonio M dos Santos, et al. 2013. "Disturbances, Elevation, Topography and Spatial Proximity Drive Vegetation Patterns along an Altitudinal Gradient of a Top Biodiversity Hotspot." *Biodiversity and Conservation* 22 (12): 2767–83. doi:10.1007/s10531-013-0553-x.
- Eiserhardt, Wolf L, Jens-christian Svenning, W Daniel Kissling, and Henrik Balslev. 2011. "Geographical Ecology of the Palms (Areaceae): Determinants of Diversity and Distributions across Spatial Scales." *Annals of Botany* 108: 1391–1416. doi:10.1093/aob/mcr146.
- Eiten, George. 1972. "The Cerrado Vegetation of Brazil." *The Botanical Review* 38 (2): 201–338. doi:10.1007/BF02859158.
- Embrapa. 2011. *Manual de Métodos de Análise de Solos. Embrapa Solos*. Rio de Janeiro.
- Engelbrecht, Bettina M. J., Liza S. Comita, Richard Condit, Thomas A. Kursar, Melvin T. Tyree, Benjamin L. Turner, and Stephen P. Hubbell. 2007. "Drought Sensitivity Shapes Species Distribution Patterns in Tropical Forests." *Nature* 447 (7140): 80–82. doi:10.1038/nature05747.
- Farquhar, G D, and T D Sharkey. 1982. "Stomatal Conductance and Photosynthesis." *Annual Review of Plant Physiology* 33 (1): 317–45. doi:10.1146/annurev.pp.33.060182.001533.
- Feitosa, Keily Katiany Almeida, José Frutuoso do Vale Júnior, Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaeffe, Maria Ivonilde Leitão de Sousa, and Pedro Paulo Ramos Ribeiro Nascimento. 2016. "Relações Solo–Vegetação Em ‘Ilhas’ Florestais E Savanas Adjacentes, No Nordeste De Roraima." *Ciência Florestal* 26 (1): 135–46. doi:10.5902/1980509821098.
- Felfili, J. M., F. A. Carvalho, A. M. Libano, F. Venturoli, B. A. S. Pereira, and E. L. M. Machado. 2011. "Análise Multivariada: Princípios E Métodos Em Estudos Da Vegetação." In *Fitossociologia No Brasil: Métodos E Estudos de Casos*, edited by J. A. A. Felfili, J. M.; Eisenlohr, P. V.; Melo, M. M. R. F.; Andrade, L. A.; Meira Neto, 1sted. Viçosa: UFV.
- Fescenko, Anda, Olgerts Nikodemus, and Guntis Brūmelis. 2014. "Past and Contemporary Changes in Forest Cover and Forest Continuity in Relation to Soils (Southern Latvia)." *Polish Journal of Ecology* 62 (4): 625–38. doi:10.3161/104.062.0408.
- Fidalgo, Osvaldo, and Vera.Lúcia Ramos Bononi. 1984. *Guia de Coleta, Preservação E Herborização de Material Botânico*. Edited by Osvaldo Fidalgo. Manual N^o4. São Paulo: Instituto de Botânica.
- Furley, P.A., J Proctor, and J.A. Ratter. 1994. "Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries." *Journal of Ecology* 82 (3): 702–3.

- Gotelli, Nicholas J., and Aaron M. Ellison. 2011. *Princípios de Estatística Em Ecologia*. Porto Alegre: Artmed.
- Haidar, R. F., F. J. M. Felfili, J. R. R. Pinto, R. R. Dias, G. Damasco, L. de C.R. Silva, and C. W. Fagg. 2013. "Seasonal Forests and Ecotone Areas in the State of Tocantins, Brazil: Structure, Classification and Guidelines for Conservation." *Acta Amazonica* 43 (3). doi:ISSN 0044-5967.
- Haridasan, M. 1992. "Observations on Soils, Foliar Nutrient Concentration and Floristic Composition of Cerrado Sensu Stricto and Cerradão Communities in Central Brazil." In *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries*, edited by P.A. Furley, J. Proctor, and J.A. Ratter, 171–84. London: Chapman & Hall Publishing.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis. 2005. "Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas." *International Journal of Climatology*. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1276/pdf>.
- Hoffmann, W. A. 2005. "Ecologia Comparativa de Espécies Lenhosas de Cerrado E de Mata." In *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade E Conservação*, edited by J.M. Scariot, A.; Sousa-Silva, J.C.; Felfili, 220–33. Brasília: Ministerio do Meio Ambiente.
- Hoffmann, William A., Ryan Adasme, M. Haridasan, Marina T. De Carvalho, Erika L. Geiger, Mireia A B Pereira, Sybil G. Gotsch, and Augusto C. Franco. 2009. "Tree Topkill, Not Mortality, Governs the Dynamics of Savanna-Forest Boundaries under Frequent Fire in Central Brazil." *Ecology* 90 (5): 1326–37. doi:10.1890/08-0741.1.
- Hoffmann, William A., and Augusto C. Franco. 2008. "The Importance of Evolutionary History in Studies of Plant Physiological Ecology: Examples from Cerrados and Forests of Central Brazil." *Brazilian Journal of Plant Physiology* 20 (3): 247–56. doi:10.1590/S1677-04202008000300008.
- Hoffmann, William A., Erika L. Geiger, Sybil G. Gotsch, Davi R. Rossatto, Lucas C.R. Silva, On Lee Lau, M. Haridasan, and Augusto C. Franco. 2012. "Ecological Thresholds at the Savanna-Forest Boundary: How Plant Traits, Resources and Fire Govern the Distribution of Tropical Biomes." *Ecology Letters* 15 (7): 759–68. doi:10.1111/j.1461-0248.2012.01789.x.
- Hubbell, S. P. 2001. "The United Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography." *Princeton University Press*.
- IBGE. 2002. "Mapa Brasil Climas." *Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística*. ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf.
- IBGE. 2004. "Mapa de Biomas Do Brasil." *Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística*. ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais//biomas.pdf.
- IBGE. 2011. *Geoestatísticas de Recursos Naturais Da Amazônia Legal*. Edited by Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. Rio de Janeiro: IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. doi:ISSN 0101-4234.
- IBGE. 2012. *Manual Técnico Da Vegetação Brasileira. Inventário Das Formações Florestais*

E Campestres. Técnicas E Manejo de Coleções Botânicas. Procedimentos Para Mapeamentos. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística - IBGE.

- IBGE. 2016. "IBGE-Cidades / Maranhão-Colinas." *Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística*.
<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=210350&search=%7C%7Cin%7C%7Cfogr%7C%7Cfocos:-informa%7C%7Ces-completas>.
- INPE. 2017a. "Divisão de Geração de Imagem :: Catálogo de Imagens." *Catalogo de Imagens*. <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>.
- INPE. 2017b. "Mapa Índice TOPODATA(versao 2)." *Banco de Dados Relevô*.
<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>.
- INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAS. 2017c. "Monitoramento Da Cobertura Florestal Da Amazônia Por Satélites – Sistemas Prodes, Deter, Degrad E Queimadas." *Sistemas Prodes, Deter, Degrad E Queimadas*. <http://www.inpe.gov.br>.
- Ivanauskas, N.M. 2002. "Estudo Da Vegetação Presente Na Área de Contato Entre Formações Florestais Em Gaúcha Do Norte-MT."
- Ivanauskas, Natália Macedo, Reinaldo Monteiro, and Ricardo R. Rodrigues. 2004. "Estrutura de Um Trecho de Floresta Amazônica Na Bacia Do Alto Rio Xingu." *Acta Amazonica* 34 (2): 275–99. doi:10.1590/S0044-59672004000200015.
- Ivanauskas, Natália Macedo, Reinaldo Monteiro, and Ricardo Ribeiro Rodrigues. 2008. "Classificação Fitogeográfica Das Florestas Do Alto Rio Xingu." *Acta Amazonica* 38 (3): 387–402. doi:10.1590/S0044-59672008000300003.
- Joly, Carlos Alfredo, Marco Antonio Assis, Luis Carlos Bernacci, Jorge Yoshio Tamashiro, Mariana Cruz Rodrigues de Campos, José Ataliba Mantelli Aboin Gomes, Maryland Sanchez Lacerda, et al. 2012. "Florística E Fitossociologia Em Parcelas Permanentes Da Mata Atlântica Do Sudeste Do Brasil Ao Longo de Um Gradiente Altitudinal." *Biota Neotropica* 12 (1): 125–45. doi:10.1590/S1676-06032012000100012.
- Kneitel, J. M., and J.M. Chase. 2004. "Trade-Offs in Community Ecology: Linking Spatial Scales and Species Coexistence." *Ecology Letters* 7 (1): 69–80.
- Köppen, W. 1984. "Climatologia: Con Un Estudio de Los Climats de La Tierra." *Fondo de Cultura Econômica*, 479.
- Kotchetkoff-Henriques, Olga, Carlos a Joly, and Luís C. Bernacci. 2005. "Relação Entre O Solo E a Composição Florística de Remanescentes de Vegetação Natural No Município de Ribeirão Preto, SP." *Revista Brasileira de Botânica* 28 (3): 541–62. doi:10.1590/S0100-84042005000300011.
- Kunz, S. H., N. M. Ivanauskas, S. V. Martins, E. Silva, and D. Stefanello. 2008. "Aspectos Florísticos E Fitossociológicos de Um Trecho de Floresta Estacional Perenifolia Na Fazenda Trairao, Bacia Do Rio Das Pacas, Querencia-MT." *Acta Amazonica* 38 (2): 245–254.
- Legendre, P. & Gallagher, E.D. 2001. "Ecologically Meaningful Transformations for

- Ordination of Species Data.” *Oecologia* 129: 271–80.
- Lenza, E., J.O. Santos, and L. Maracahipes-Santos. 2015. “Species Composition, Diversity, and Vegetation Structure in a Gallery Forest-Cerrado Sensu Stricto Transition Zone in Eastern Mato Grosso, Brazil.” *Acta Botanica Brasilica* 29 (3): 327–38. doi:10.1590/0102-33062014abb3697.
- Maracahipes-Santos, L., E. Lenza, J. O. Santos, H. A. Mews, and B. Oliveira. 2017. “Effects of Soil and Space on the Woody Species Composition and Vegetation Structure of Three Cerrado Phytophysiognomies in the Cerrado-Amazon Transition.” *Brazilian Journal of Biology*, no. ahead: 0–0. doi:10.1590/1519-6984.02016.
- Maracahipes Santos, Leonardo, Eddie Lenza, Josias Oliveira Dos Santos, Beatriz Schwantes Marimon, Pedro V. Eisenlohr, Ben Hur Marimon Junior, and Ted R. Feldpausch. 2015. “Diversity, Floristic Composition, and Structure of the Woody Vegetation of the Cerrado in the Cerrado-Amazon Transition Zone in Mato Grosso, Brazil.” *Revista Brasileira de Botanica* 38 (4). Springer International Publishing: 877–87. doi:10.1007/s40415-015-0186-2.
- Marimon, B. S., E. De S. Lima, T. G. Duarte, L. C. Chierogatto, and J. A. Ratter. 2006. “Observations on the Vegetation of Northeastern Mato Grosso, Brazil. Iv. an Analysis of the Cerrado–Amazonian Forest Ecotone.” *Edinburgh Journal of Botany* 63 (2–3): 323. doi:10.1017/S0960428606000576.
- Marimon, B. S., J. M. Felfili, and M. Haridasan. 2001. “Studies in Monodominant Forests in Eastern Mato Grosso, Brazil: I. A Forest of *Brosimum Rubescens* Taub.” *Edinburgh Journal of Botany* 58: 123–37.
- Marimon, Beatriz S., Ben Hur Marimon-Junior, Ted R. Feldpausch, Claudinei Oliveira-Santos, Henrique A. Mews, Gabriela Lopez-Gonzalez, Jon Lloyd, et al. 2014. “Disequilibrium and Hyperdynamic Tree Turnover at the Forest–cerrado Transition Zone in Southern Amazonia.” *Plant Ecology & Diversity* 7 (1–2). Taylor & Francis: 281–92. doi:10.1080/17550874.2013.818072.
- Marques, Eduardo Queiroz. 2016. “Redefinindo Os Limites Amazônia-Cerrado No Brasil: Quanto E O Que Estamos Perdendo?” *Researchgate*. doi:10.13140/RG.2.1.3425.6241.
- Martins, Sebastião Venâncio, Nívea Roquilini Santos Silva, Agostinho Lopes De Souza, and João Augusto Alves Meira Neto. 2003. “Tree Species Distribution in a Topographical Gradient of Tropical Semideciduous Forest in Viçosa, MG.” *Scientia Forestalis*, no. 64: 172–81.
- Matos DCL, Ferreira LV, Salomao RdP. 2013. “Influence of Geographical Distance in Richness and Composition of Tree Species in a Tropical Rain Forest in Eastern Amazonia.” *Rodriguésia* 64 (2): 357–67.
- Mayle, Francis E, and Mitchell J Power. 2008. “Impact of a Drier Early – Mid-Holocene Climate upon Amazonian Forests.” *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 363 (February): 1829–38. doi:10.1098/rstb.2007.0019.
- Mcgarigal, K., S. Cushman, and S. Stafford. 2000. “Multivariate Statistics for Wildlife and

- Ecology Research.” *Springer Science and Business Media*.
- Mendonça, Gabriel Vargas. 2012. “Análise Florístico-Estrutural E Relações Com O Ambiente Em Área de Ecótono Floresta Estacional-Cerrado Sensu Stricto No Estado Do Tocantins.” Universidade de Brasília.
- Mendonça, R.C., J.M. Felfili, B.M.T. Walter, J.M.C. Silva, A.V. Rezende, T. S. Filgueiras, and P. E. Nogueira. 2008. “Flora Vascular Do Cerrado.” In *Cerrado: Ambiente E FLor*, edited by S.M Sano and S.P. Almeida, 289–556. Planaltina: EMBRAPA-CPAC.
- Mews, Henrique Augusto, Beatriz Schwantes Marimon, Leandro Maracahipes, and Edmar Almeida de Oliveira. 2012. “Análise Temporal Das Distribuições de Diâmetros E Alturas de Uma Floresta Estacional Semidecidual Na Transição Cerrado- Floresta Amazônica , Leste Do Mato Grosso , Brasil.” *Biotemas* 25 (2): 33–43. doi:10.5007/2175-7925.2012v25n2p33.
- Ministério do Meio Ambiente. 2010. *Plano de Ação Para Prevenção E Controle Do Desmatamento E Das Queimadas No Cerrado*. Brasília. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- Ministério do Meio Ambiente. 2016. “MAPAS - Download de Dados geográficos(MMA).” *Ministério Do Meio Ambiente*. <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm#>.
- MMA. 2015. “O Bioma Cerrado.” *Ministerio Do Meio Ambiente*. <http://www.ministeriodomeioambiente.gov.br/biomas/cerrado>.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente. 2007. *Mapeamento Da Cobertura Vegetal Do Bioma Cerrado, Relatório Final*. Edital Probio 02/2004. Projeto Executivo B.02.02.109. Brasília.
- Mochel, F. R., L. A. A. Macedo, M. M. C. Rego, M. V. Cutrim, M. A. Kowarick, M. S. Rodrigues, and M. M. Ferreira-Correia. 1991. “Diagnóstico Dos Principais Problemas Ambientais Do Estado Do Maranhão.” *Instituto Brasileiro de Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) and Secretaria de Meio Ambiente E Turismo (SEMATUR)* 1: 194.
- Moeslund, Jesper Erenskjold, Lars Arge, Peder Klith Bocher, Tommy Dalgaard, and Jens Christian Svenning. 2013. “Topography as a Driver of Local Terrestrial Vascular Plant Diversity Patterns.” *Nordic Journal of Botany* 31 (2): 129–44. doi:10.1111/j.1756-1051.2013.00082.x.
- Moura, E. G. 2006. “Agroambientes de Transição Entre O Trópico Úmido E O Semi-Árido. Atributos; Alterações; Uso Na Produção Familiar.” In *Agroambientes de Transição Entre O Trópico Úmido E O Semi-Árido. Atributos; Alterações; Uso Na Produção Familiar*, edited by E. G Moura, 345. São Luís: UEMA.
- Muelbert, Adriane Esquivel, Timothy R Baker, Kyle Dexter, Simon L Lewis, Hans ter Steege, Gabriela Lopez-Gonzalez, Abel Monteagudo Mendoza, et al. 2016. “Seasonal Drought Limits Tree Species across the Neotropics.” *Ecography* 39 (April): 12. doi:10.1111/ecog.01904.
- Mueller-Dombois, Dieter, and Heinz Ellenberg. 1974. “Aims and Methods of Vegetation

- Ecology.” *Wiley*. doi:10.1016/0304-3746(75)90017-7.
- Neiff, Juan José. 2003. “Planícies de Inundação São Ecótonos?” In *Ecótonos Nas Interfaces Dos Ecossistemas Aquáticos*, edited by Raol Henry, 1sted., 31–47. São Carlos: Rima.
- Neres, L.P., and G.M.da Conceição. 2010. “Florística E Fitossociologia Da Área de Proteção Ambiental Municipal Do Inhamum, Caxias, Maranhão, Brasil.” *Cadernos de Geociências* 7 (2).
- Neri, A. V., C. E. G. R. Schaefer, A. F. Silva, A. L. Souza, W. G. Ferreira-Junior, and J. A. A. Meira-Neto. 2012. “The Influence of Soils on the Floristic Composition and Community Structure of an Area of Brazilian Cerrado Vegetation.” *Edinburgh Journal of Botany* 69 (1): 1–27. doi:10.1017/S0960428611000382.
- Nguyen, Dinh T., and Jesús Gómez-Zurita. 2016. “Subtle Ecological Gradient in the Tropics Triggers High Species-Turnover in a Local Geographical Scale.” *PLoS ONE* 11 (6): 1–26. doi:10.1371/journal.pone.0156840.
- Niklaus, Pascal a., Xavier Le Roux, Franck Poly, Nina Buchmann, Michael Scherer-Lorenzen, Alexandra Weigelt, and Romain L. Barnard. 2016. “Plant Species Diversity Affects Soil–atmosphere Fluxes of Methane and Nitrous Oxide.” *Oecologia*, no. April. Springer Berlin Heidelberg: 13. doi:10.1007/s00442-016-3611-8.
- Oliveira-Filho, A.T., J.A. Ratter, and G. J. Shepherd. 1990. “Floristic Composition and Community Structure of a Central Brazilian Gallery Forest.” *Flora* 184: 103–17.
- Oliveira Filho A.T., and M.A.L Fontes. 2000. “Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate.” *Biotropica* 32: 793–810.
- Pansonato, Marcelo P., R C Costa, Carolina V De Castilho, Fernanda A Carvalho, and Gabriela Zuquim. 2013. “Spatial Scale or Amplitude of Predictors as Determinants of the Relative Importance of Environmental Factors to Plant Community Structure.” *Biotropica* 45 (3): 299–307.
- Passos, M. M. 2003. *Biogeografia E Paisagem. UEM*. 2°. Maringá: UEM.
- Pauchard, A., E. Ugarte, and J. Millán. 2000. “A Multiscale Method for Assessing Vegetation Baseline of Environmental Impact Assessment (EIA) in Protected Areas of Chile.” *USDA Forest Service Proceedings RMRS* 3: 15.
- Pellegrini, Adam F A, Jacob B. Socolar, Paul R. Elsen, and Xingli Giam. 2016. “Trade-Offs between Savanna Woody Plant Diversity and Carbon Storage in the Brazilian Cerrado.” *Global Change Biology*, no. February. doi:10.1111/gcb.13259.
- Pianka, Eric R. 1966. “Latitudinal Gradients in Species Diversity : A Review of Concepts.” *The American Society of Naturalists* 100 (910): 33–46.
- Pinheiro, Marcelo Henrique Ongaro, and Reinaldo Monteiro. 2009. “Análise Estrutural E Considerações Sobre a Dinâmica Sucessional de Dois Fragmentos Florestais Semidecíduais Do Jardim Botânico Municipal de Bauru, SP, Brasil.” *Acta Botanica Brasilica* 23 (4): 968–75. doi:10.1590/S0102-33062009000400007.

- Pinto, Sheila Isabel do C., Sebatião V. Martins, Nairam F. De Barros, Herly Carlos T. Dias, and Sustanis H. Kunz. 2008. "Influence of Environmental Variables on the Shrub and Tree Species Distribution in Two Semideciduous Forest Sites in Viçosa, Minas Gerais, Brasil." *International Journal of Tropical Biology* 56 (3): 1557–69.
- Pires, Gabriela Gomes, Rubens Manoel dos Santos, Rosângela Alves Tristão, Daniel Salgado Pifano, Carlos Alberto Reis, and Daniel Quedes Domingos. 2014. "Influência de Variáveis Ambientais Na Comunidade Arbórea de Inselbergs." *Cerne* 20 (1): 97–104. doi:10.1590/S0104-77602014000100013.
- Primavessi, Ana. 2002. *Manejo Ecologico Do Solo: A Agricultura Em Solos Tropicais*. São Paulo: Nobel.
- Primavessi, Ana, and Bernardo Van Raij. 2002. *Fertilidade Do Solo E Manejo de Nutrientes*. 2nded. Piracicaba, SP: Nobel.
- RadamBrasil. 1982. *Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação E Uso Potencial Da Terra*. Rio de Janeiro: Ministerio do Meio Ambiente.
- Raij, B.van, J.C. Andrade, H. Cantarela, and J.A. Quaggio. 2001. *Análise Química Para Avaliação Da Fertilidade de Solos Tropicais*. Edited by B.van RAIJ, J.C. ANDRADE, H. CANTARELA, and J.A. QUAGGIO. 1sted. Campinas-SP: Instituto Agrônômico de Campinas.
- Raij, Bernardo Van. 2011. *Fertilidade Do Solo E Manejo de Nutrientes*. 2nded. Piracicaba, SP: Internacional Plant Nutrition Institute.
- Ratter, J.A., P.W. Richards, G. Argent, and D.R. Gifford. 1973. "Observations on the Vegetation of the Northeastern Mato Grosso. The Wood Vegetations Types of the Xavantina-Cachimbo Expedition Area." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 226: 449–92.
- Resende, Mauro et al. 2007. *Pedologia: Base Para a Distinção de Ambientes*. 5thed. Lavras: UFLA.
- Ribas, Camila C, Alexandre Aleixo, Afonso C R Nogueira, Cristina Y Miyaki, Joel Cracraft, and Av Andre. 2011. "A Palaeobiogeographic Model for Biotic Diversification within Amazonia over the Past Three Million Years." *The Royal Society* 1120: 9. doi:10.1098/rspb.2011.1120.
- Ronquim, Carlos Cesar. 2010. "Conceito de Fertilidade Do Solo E Manejo Adequado Para as Regiões Tropicais." *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA* 1.
- Rossatto, Davi Rodrigo. 2014. "Spatial Patterns of Species Richness and Phylogenetic Diversity of Woody Plants in the Neotropical Savannas of Brazil." *Revista Brasileira de Botanica* 37 (3): 283–92. doi:10.1007/s40415-014-0070-5.
- Rossatto, Davi Rodrigo, William Arthur Hoffmann, Lucas de Carvalho Ramos Silva, Mundayatan Haridasan, Leonel S L Sternberg, and Augusto César Franco. 2013. "Seasonal Variation in Leaf Traits between Congeneric Savanna and Forest Trees in Central Brazil: Implications for Forest Expansion into Savanna." *Trees - Structure and*

Function 27 (4): 1139–50. doi:10.1007/s00468-013-0864-2.

- Rotta, Emilio, Lucas Caminha Carvalho, and Marise Zonta Beltrami. 2008. “Manual de Prática de Coleta E Herborização de Material Botânico.” *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária* 173: 1–31.
- Ruggiero, P. G. C., Marco Antônio Batalha, Vânia Regina Pivello, and S. T. Meirelles. 2002. “Soil Vegetation Relationships in Cerrado (Brazilian Savanna) and Semideciduous Forest, Southeastern Brazil.” *Plant Ecology* 160 (1973): 1–16.
- Ruggiero, Patricia Guidão Cruz, Vânia Regina Pivello, Gerd Sparovek, Edson Teramoto, and Antônio Gonçalves Pires Neto. 2006. “Relação Entre Solo, Vegetação E Topografia Em Área de Cerrado (Parque Estadual de Vassununga, SP): Como Se Expressa Em Mapeamentos?” *Acta Botanica Brasilica* 20 (2): 383–94. doi:10.1590/S0102-33062006000200013.
- Ruokolainen, Kalle, Hanna Tuomisto, Manuel J. Macía, Mark A. Higgins, and Markku Yli-Halla. 2007. “Are Floristic and Edaphic Patterns in Amazonian Rain Forests Congruent for Trees, Pteridophytes and Melastomataceae?” *Journal of Tropical Ecology* 23 (1). Cambridge University Press: 13–25. doi:10.1017/S0266467406003889.
- Saiter, Felipe Zamborlini, Pedro V. Eisenlohr, Glauco S. França, João R. Stehmann, William W. Thomas, and Ary T. De Oliveira-Filho. 2015. “Floristic Units and Their Predictors Unveiled in Part of the Atlantic Forest Hotspot: Implications for Conservation Planning.” *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias* 87 (4): 2031–46. doi:10.1590/0001-3765201520140132.
- Sankaran, Mahesh, Jayashree Ratnam, and Niall P. Hanan. 2004. “Tree – Grass Coexistence in Savannas Revisited – Insights from an Examination of Assumptions and Mechanisms Invoked in Existing Models.” *Ecology Letters* 7: 480–90. doi:10.1111/j.1461-0248.2004.00596.x.
- Sano, S. M., and S. P. Almeida. 1998. *Cerrado-Ambiente E Flora*. Edited by S. M. SANO and S. P. ALMEIDA. Planaltina: EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados.
- Scariot, A., J.M. Felfilli, and J.C. Sousa-Silva. 2005. *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade E Conservação*. Edited by A. Scariot, J.M. Felfilli, and J.C. Sousa-Silva. Brasília: Ministerio do Meio Ambiente.
- Silva, Isabel De Castro. 2011. “Caracterização Da Vegetação Arbórea Em Área De Contato Savana/Floresta Estacional.” *Universidade de Brasilia*. Faculdade de Tecnologia-UNB.
- Skorupa, Alba Lucia Araujo, Luiz Roberto Guimarães Guilherme, Nilton Curi, Charles Plínio de Castro Silva, José Roberto Soares Scolforo, and João José Granate de Sá e Melo Marques. 2012. “Propriedades de Solos Sob Vegetação Nativa Em Minas Gerais: Distribuição Por Fitofisionomia, Hidrografia E Variabilidade Espacial.” *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo* 36 (1): 11–22. doi:10.1590/S0100-06832012000100002.
- Souza, Ana Cláudia Oliveira De. 2013. “Fatores Abióticos Influenciando a Vegetação Em Floresta Ombrófila Densa Montana, Parque Estadual Da Serra Do Mar (Ubatuba, SP),”

92p.

- Studies, Urban. 2003. "Book Reviews." *Prometheus* 21 (1): 120–39.
doi:10.1080/0810902032000050000.
- Team, R Core. 2015. "R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, ." Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Troeh, Frederick R. 2007. *Solos E Fertilidade de Solos*. Andrei.
- Tuomisto, Hanna, Axel Dalberg Poulsen, Kalle Ruokolainen, Robbin C Moran, Catalina Quintana, Jorge Celi, and Gustavo Canas. 2003. "Linking Floristic Patterns with Soil Heterogeneity and Satellite Imagery in Ecuadorian Amazonia." *Ecological Applications* 13 (2): 352–71.
- Urucum, Morraria D O, Catia Urbanetz, Carlos Rodrigo Lehn, Suzana M Salis, and Marcelo Leandro Bueno. 2012. "Composição E Distribuição de Espécies Arbóreas Em Gradiente." *Oecologia Australis* 16 (4): 859–77. doi:10.4257/oeco.2012.1604.10.
- van den Wollenberg, A. L. 1977. "Redundancy Analysis. An Alternative for Canonical Correlation Analysis." *Psychometrika* 42: 207–19.
- Vaz, Pekim Tenório, Nélio Graças Andrade Mata Rezende, Joaquim Ribeiro Wanderley Filho, and Walter Antônio Silva Travassos. 2007. "Bacia Do Parnaíba." *Boletim de Geociencias Da Petrobras* 15 (2): 253–63.
- Warman, Laura, Matt G Bradford, and Angela T Moles. 2013. "A Broad Approach to Abrupt Boundaries : Looking Beyond the Boundary at Soil Attributes within and Across Tropical Vegetation Types." *PLoS ONE* 8 (4):
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371>. doi:10.1371/journal.pone.0060789.

CAPÍTULO II

TOPOGRAFIA E SOLO DEFININDO A VEGETAÇÃO EM ESCALA LOCAL NO ECÓTONO CERRADO - FLORESTA AMAZÔNICA

Patrícia M. Santos¹, Nivaldo de Figueiredo², Guillaume X. Rousseau^{1,3}

1 – Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação; 2 – Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão 3 – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão

RESUMO

A distribuição das espécies e os padrões de organização biológica estão intimamente relacionados à complexidade estrutural do ambiente (como heterogeneidade ambiental, qualidade do habitat), às características das espécies componentes (dispersão, competição, predação) e às áreas de contato das formações vegetais. Analisamos neste trabalho, a variação na composição e estrutura da vegetação explicada por variáveis físicas como topografia, solo, clima e microclima em áreas de contato, Cerrado e Floresta Amazônica no estado do Maranhão. Testamos a hipótese de que em escala local variações na topografia deveriam explicar melhor a distribuição das espécies entre formações de Cerrado e Floresta Amazônica. Realizamos a coleta dos dados em parcelas 20x20m, sendo seis no Cerrado e seis na Floresta Amazônica, com três repetições. Amostramos todos os indivíduos com DAP (diâmetro a altura do peito) a 1,30m do solo ≥ 10 cm, coletamos dados de solo, microclima local (temperatura e umidade) e clima (temperatura e precipitação), além de dados de Declividade e Altitude por parcela. Realizamos análises exploratórias dos dados (similaridade entre amostras utilizando Cluster UPGMA), para verificar a existência de diferença na composição e estrutura entre as duas formações, e o test T de Student para avaliar as variáveis ambientais que diferiram entre formações de Cerrado e Floresta. Testamos a hipótese de trabalho através da Análise de Redundância (RDA) com controle da autocorrelação espacial dos dados. Os resultados indicaram baixa similaridade florística e estrutural entre as formações, com transição abrupta na vegetação. A análise de redundância explicou 34,5% da variação da vegetação nos dois primeiros eixos. As variáveis Saturação por Bases e CTC efetiva foram mais relacionadas ao eixo 1 e a Altitude e Declividade ao eixo 2 da análise, sendo que cerca de 3,5% desta variação foi devida a autocorrelação espacial. Nossa hipótese foi corroborada parcialmente com Altitude e Declividade explicando parte desta variação, mas variáveis relacionadas a fertilidade do solo também apresentaram grande influência na vegetação local.

Palavras chaves: Saturação por Bases; Altitude; Declividade; Gradiente vegetacional; Zona de tensão ecológica; Vegetação ecotonal; Escala local; Micro topografia.

INTRODUÇÃO

Segundo o manual técnico da vegetação brasileira (IBGE 2012) onde dois ou mais tipos de vegetação se contatam e interpenetram, ocorrem os chamados sistemas ou zonas de transição, ou ainda zonas de tensão ecológicas (ZTE) quando os limites abrangem as formações de Floresta Amazônica e Cerrado (Marques 2016).

Nestas áreas de transição as comunidades formam faixas de vegetação indiferenciadas, pois constituem transições florísticas entre as formações adjacentes, que podem ser extensas ou curtas e abruptas, gerando dificuldade na sua delimitação ou mesmo na aplicação de leis para a conservação, visto que diferentes tipologias de vegetação (i.e. cerrado, floresta) tem critérios distintos para regulamentar a sua preservação (Durigan et al. 2004).

De acordo com(Eiten 1972) áreas de contato entre formações florestais e formações savânicas são comuns no Cerrado do Brasil central, mas sua ocorrência também é detectada em várias outras regiões. As zonas de tensão Ecológica compreendem área de rica biodiversidade, uma vez que abriga simultaneamente organismos das duas formações subjacentes (Marimon et al. 2014), Cerrado e Floresta Amazônica, dois biomas que estão sob forte pressão ambiental(Ministério do Meio Ambiente 2010).

O Bioma Cerrado ocupava uma área total estimada em 2.036.448 km², mas até o ano de 2008 já havíamos perdido aproximadamente 50% desse total. Resultado da ação direta do homem sobre a natureza, os principais fatores de degradação das áreas de Cerrado são, a retirada de madeira para Carvão vegetal, desmatamento para produção agrícola e pastagem de gado, além das queimadas(Ministério do Meio Ambiente 2010).

A Floresta Amazônica por sua vez compreende uma área total de 88.668.43 Km², com desmatamento acumulado de 1988 até 2016 de 421.871 Km² (INPE 2017c). Os principais vilões do desmatamento florestal são a criação de gado, queimada e exploração madeireira (Alencar et al. 2004).

A distribuição das áreas de ZTE coincidem com as fronteiras agrícolas brasileiras, conhecida como arco do desmatamento e área de intensa exploração (RadamBrasil 1982). Por isso são áreas que deveriam ser prioritárias para a preservação pois além de compreenderem o contato entre duas formações de reconhecida biodiversidade (Marques 2016), apresentam composição e características fisiológicas, estruturais e funcionais ainda pouco conhecidas(Marimon et al. 2001).

A distribuição espacial da vegetação é influenciada por fatores diversos como fatores físicos do ambiente (solo, clima, disponibilidade hídrica, entre outros), antrópicos (degradação ambiental, frequência de fogo, introdução de espécies), eventos históricos, paleoclimáticos e paleoambientais, fatores bióticos como predação e dispersão, interações entre as espécies, entre outros (Furley et al. 1994, Sankaran et al. 2004, Eiserhardt et al. 2011).

Trabalhos avaliando a distribuição das espécies vem indicando as variáveis que influenciam diferentes tipos ou fisionomias da vegetação, assim plantas do sub-bosque sofrem forte influência de nutrientes do solo (Condit et al. 2002, Tuomisto et al. 2003, Costa et al. 2005, Ruokolainen et al. 2007, Eiserhardt et al. 2011, Pansonato et al. 2013), plantas do Cerrado são afetadas pela concentração de alumínio no solo (Neri et al. 2012); ou ainda maior umidade e menor drenagem do solo definindo formações florestais em detrimento de vegetação savânica de cerrado (Bruno 2004).

As Zonas de encontro entre dois ou mais tipos de vegetação, Zonas de Transição ou Ecotonais, no entanto, são mais complexas e os fatores que determinam a ocorrência simultânea de um ou mais tipos de vegetação são bastantes variáveis e ainda pouco conhecidos, bem como a forma como estas transições se apresentam, sendo abruptas ou extensas áreas indiferenciadas.

Assim, em São Paulo as zonas de transição, formam áreas extensas indicando um gradiente longo entre as duas formações, tornando os seus limites de difícil determinação (Durigan et al. 2004). No entanto em áreas de contato do cerrado com a floresta Amazônica, especialmente nas matas decíduas ou semidecíduas (matas secas), as transições são abruptas, indicando que não há interpenetração destas formações (Ratter et al. 1973, Marimon et al. 2006).

Por outro lado, padrões e processos que ocorrem na vegetação, são dependentes da escala de avaliação (Pauchard et al. 2000). Como exemplo os fatores climáticos que são tradicionalmente reconhecidos como os mais influentes na determinação dos tipos vegetacionais, sendo, principalmente, a precipitação em escala global e precipitação e temperatura em escala regional (Oliveira Filho A.T. and Fontes 2000).

Nas zonas de transição, com vegetação de cerrado e mata ocorrendo lado a lado, fatores como variações climáticas locais, diferentes tipos de solos e fogo podem ser os principais determinantes na distribuição das espécies (Ratter et al. 1973, Rossatto et al. 2013).

Estudos nestas zonas transicionais vem ganhando corpo recentemente e tem demonstrado que cada região tem suas particularidades que dificultam a generalização. Em Roraima ocorrem encraves florestais em áreas de cerrado e esta configuração seria resultado de eventos históricos (flutuações paleoclimaticas) e/ou pequenas variações físico-químico do solo associado à topografia plana e aberta que favoreceria a ocorrência de fogo (Mayle and Power 2008, Feitosa et al. 2016).

Na transição entre floresta estacional e cerrado em Minas Gerais, a saturação de alumínio no cerrado e a concentração de matéria orgânica e saturação em bases na floresta foram as variáveis mais correlacionadas com a vegetação(De Paula 2011) ou ainda a altitude e profundidade dos solos definindo vegetação de cerrado em gradiente altitudinal no Mato Grosso do Sul(Urucum et al. 2012).

Este trabalho avaliamos as relações em áreas de transição Savana/Floresta Amazônica no município de Colinas, avaliando a estrutura e composição da flora e os principais fatores relacionados com a distribuição das diferentes formações.

PREMISSA DO ESTUDO: A precipitação é determinante para a ocorrência das formações vegetais em escala global; em escala regional a vegetação é função da precipitação e temperatura. Em escala local temperatura e precipitação variam menos e, portanto, as alterações na vegetação devem estar mais relacionadas com outras variáveis. Testaremos a hipótese de que a distribuição da vegetação lenhosa em áreas de transição está condicionada a fatores sujeitos a variação local, sendo neste caso os condicionantes edáficos e a topografia os mais importantes.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O local de estudo compreende área de transição Cerrado / Floresta Amazônica ocorrendo lado a lado, sendo uma área no município de Colinas e duas áreas no município de Mirador no estado do Maranhão Fig 1.

Estes municípios fazem parte da Formação Sardinha, formação originaria do Cretáceo, resultado do derramamento basáltico em pequenas áreas (Vaz et al. 2007). Os solos dessa região apresentam pouco intemperismo e por isso estão entre as classes do Chenossolos, Luvisolos e Cambissolos apresentando altos teores de nutrientes e grande percentagem de argila (Moura 2006).

A região caracteriza-se por apresentar clima tipo Aw na classificação de Köppen, quente e úmido com chuvas de verão (Köppen 1984). A vegetação é composta pelas formações de Cerrado com predomínio do cerradão e Floresta Amazônica nas fisionomias ombrófila densa e estacional decídua e semidecidual (IBGE 2004, Ministério do Meio Ambiente 2016).

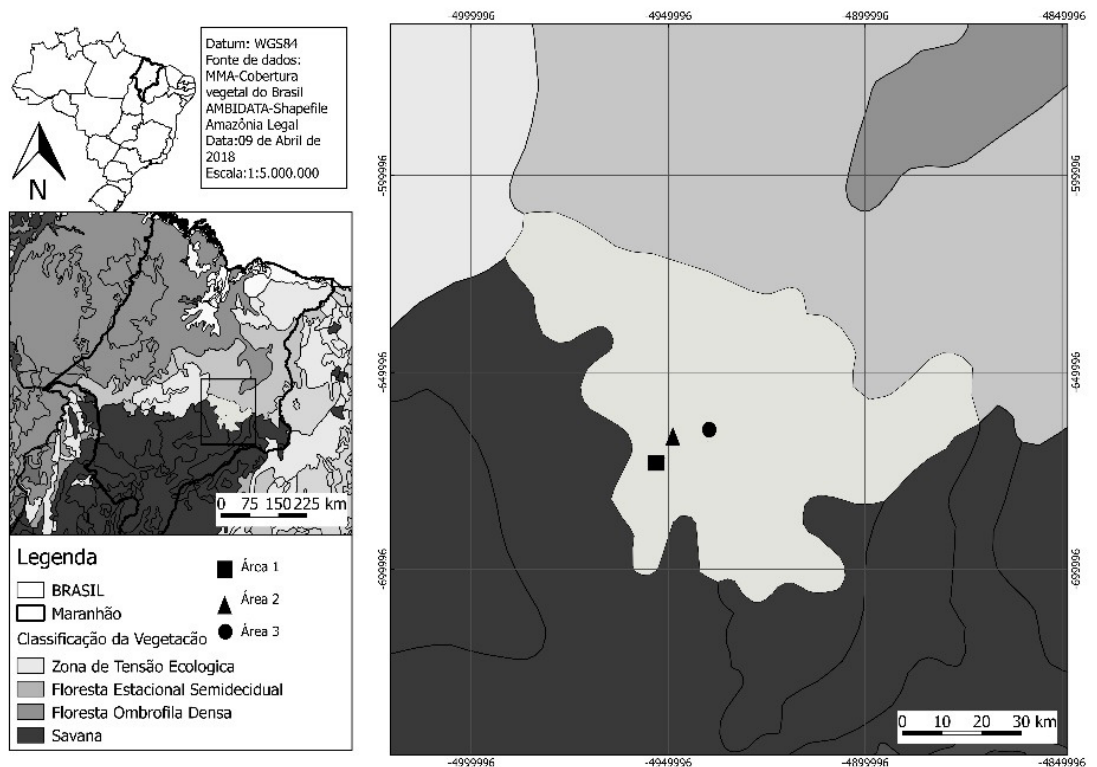


Figura 1. Tipologia da vegetação das áreas de amostragem em Zona de Tensão Ecológica (ZTE), nos municípios de Colinas e Mirador Maranhão. Adaptado de (Ministério do Meio Ambiente 2016).

O município de Colinas está distante da capital do estado, cerca de 450 km entre as coordenadas (6°01'33" S e 44°14'57" O) com altitude média de 140 metros. É cortado pelos rios Itapecuru e Alpercatas, com clima úmido, apresentando duas estações bem definidas, períodos de chuva e de estiagem e temperatura que variam em torno dos 34° C durante o dia, podendo chegar à noite até os 20° C, a proximidade com os rios Itapecuru e Alpercatas, promove maior umidade para a região, a pluviosidade média anual é 1230 mm. (IBGE 2002, 2016).

A área de amostragem em Colinas situa-se a cerca de 20km da sede do município (coordenadas: 06 00' 06" S, 44 22' 49" O e 05 56' 38" S e 44 22' 15" O), na localidade

denominada São Domingos sobre um braço da Serra das Alpercatas que denominamos “área 1” Fig 2.

O Município de Mirador está situado a 448 Km de São Luís, a uma altitude de 186 metros, este município abriga as nascentes dos Rios Itapecuru e Alpercatas, um dos principais rios do Maranhão. O clima é subúmido a úmido, com temperaturas variando de 33°C a 19,5°C. A precipitação pluviométrica anual de 1.200 a 1.400 mm (Mochel et al. 1991).

No município de Mirador alocamos duas áreas de amostragem, a “área 2” (coordenadas: -44.47'337" S, -6.02'230" O) e a “área 3” (coordenadas: -44.49'711" S, -6.04'044" O) Fig 2.

Delineamento amostral

A amostragem dos dados de vegetação, solo, topografia, temperatura, umidade do ar além de temperatura superficial terrestre, foram realizadas em parcelas de 20x20m. Estas parcelas estavam organizadas de forma sistemática, equidistantes entre si em 20m, sendo amostrado 6 parcelas em cada formação, distribuídas em uma grade de 100x100m (Mueller-Dombois and Ellenberg 1974) Fig 2.

Cada uma das três áreas selecionadas (áreas 1,2 e 3) apresentavam concomitantemente formação de Cerrado e Floresta Amazônica ocorrendo lado a lado, e as 36 parcelas alocadas em todo o estudo (6 parcelas no cerrado e 6 parcelas na floresta para cada localidade), equivalem a aproximadamente um hectare e meio de amostragem Fig 2.

Amostragem da vegetação

Nas parcelas, todos os indivíduos arbustivo-arbóreos com Diâmetro à Altura do Peito (DAP) a 1,30m do solo ≥ 10 cm foram inventariados. Os indivíduos amostrados foram marcados com plaquetas de alumínio numeradas sequencialmente (Joly et al. 2012), sendo registrado o nome popular (quando conhecido) e coletado material botânico (vegetativo e, ou, reprodutivo), para posterior identificação (Rotta et al. 2008). Para cada indivíduo registramos o DAP e a altura total (altura estimada por observações visuais segundo Fidalgo e Bononi; (Fidalgo and Bononi 1984).

Quando não foi possível a identificação do material realizamos a morfotipagem da espécie. O sistema de classificação adotado foi o APGIII (APG III 2009).

Amostragem do solo

Coletamos 5 amostras de solo compostas em cada parcela de 20x20m nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm com a finalidade de analisar as variáveis químicas do

solo: matéria orgânica extraída com dicromato de sodio + ac. Sulfúricototal no espectrofotometro, pH em CaCl_2 com Peagametro, Ca, Mg, H+Al com solução extratora de Cloreto de potássio, P, K permutáveis e Na com solução extratora de Mehlich (ácido sulfúrico e ácido clorídrico)em espectrofotometro e fotômetro respectivamente.Seguindo o método do Instituto agrônômico (IAC 2001) (Raij et al. 2001) calculamos os parâmetros soma de bases, capacidade de trocas catiônicas (total e efetiva) e saturação por bases (Camargo, O.A.; Moniz, A.C.; Jorge, J.A. & Valadares 1986, Raij 2011).

Durante a coleta de solo para a análise química, também coletamos, nos mesmos pontos amostrais, com o uso de anéis volumétricos de Kopecky, 5 amostras de solo para avaliação da granulometria, densidade, capacidade de retenção de água e porosidade total, segundo método descrito pela Embrapa (Embrapa 2011). Após as coletas, as amostras de solo para análise química, foram secas ao ar e peneiradas em peneira de malha de 2,0 mm e então obtidas amostras de terra fina seca ao ar (TFSA). As amostras coletadas para física foram secas em estufa elétrica. As Análises químicas e físicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Maranhão.

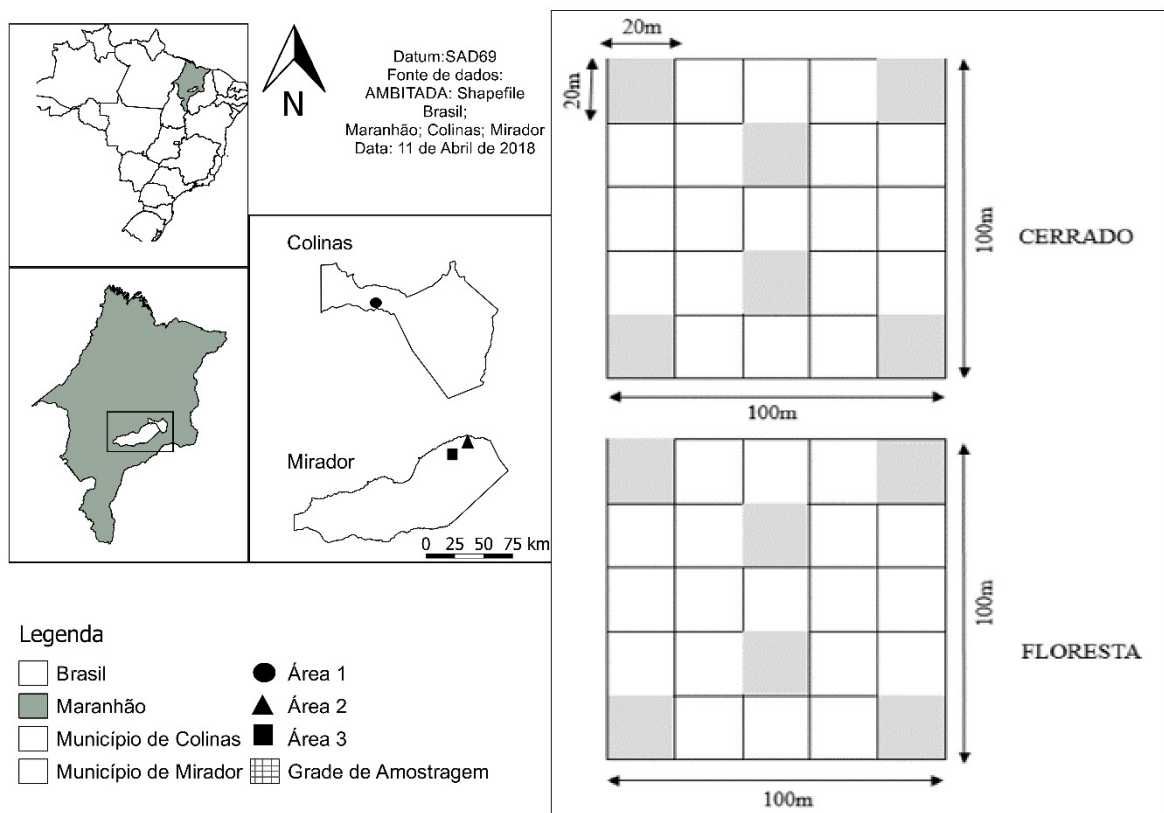


Figura 2. Localização das áreas de amostragem 1,2 e 3. Distribuição das parcelas de 20 x 20m (em cinza), de forma sistemática, em área de Cerrado e Floresta.

Dados climáticos locais e regionais

Os dados ambientais e climáticos foram obtidos no projeto Bioclim, (Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra 2005) consideramos as 19 camadas do Bioclim, somadas à altitude, com resoluções de 30 segundos (aproximadamente 1 km). Dados do microclima (2 estações do ano) foram obtidos no local com o auxílio de Termo-higrômetro com datalogger manual, colocado na área 1, a 1,5m do solo, simultaneamente nas duas formações, durante 12 dias consecutivos medindo temperatura e umidade a cada uma hora, nos períodos chuvoso e seco.

Dados de temperatura superficial terrestre (TST), para cada parcela de 20x20m foram obtidas com imagens de satélite Land Sat 8 referente a órbita 220 ponto 064, no site do Instituto de Pesquisas Espaciais –INPE,(INPE 2017a) para extração de dados termais, as imagens foram tratadas de acordo a metodologia de Silva et al. 2015 (Da Silva et al. 2015), utilizamos o Programa QGIS (Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra 2005).

Dados topográficos locais (altitude e declividade)

Os dados topográficos foram amostrados através da base de dados do INPE - TOPODATA (06S45_SA.tif), (INPE 2017b) analisamos a variação da topografia do terreno por parcelas de 20x20m, utilizando o Programa QGIS (Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra 2005).

Análises dos dados

Análises exploratórias de dados foram realizadas através de análise de agrupamento (Cluster – UPGMA com índice de similaridade de Jaccar) (Mcgarigal et al. 2000). Através das listas de espécies para cada área definimos as espécies representativas das formações amostradas, sendo consideradas somente aquelas mais frequentes e exclusivas em cada unidade florística.

Curvas do coletor foram confeccionadas para cada área, para verificar se a amostragem foi capaz de capturar a diversidade florística observada, utilizando o software Programa R (Team 2015).

Para verificar a existência de diferença nas variáveis entre as duas formações (Cerrado/Floresta Amazônica) realizamos um teste T, utilizando na matriz de dados final, somente aquelas variáveis que apresentaram diferença significativa entre as formações ($p > 0.05$). Para padronizar os dados ambientais que são medidos em unidades diferentes, usamos o score Z (Legendre, P. & Gallagher 2001).

Para evitar a influência das espécies com número muito grande de indivíduos, efetuamos a transformação de Hellinger na matriz de abundância das espécies (Legendre, P. & Gallagher 2001).

Espécies que ocorreram com até 3 indivíduos nas amostragens (espécies raras) foram retiradas para evitar distorções nas análises causadas por excesso de zeros na matriz de dados principais (Borcard et al. 1992a).

Testamos a hipótese de trabalho através da interação dos dados obtidos da vegetação com os fatores ambientais amostrados através de uma análise de redundância (RDA) (van den Wollenberg 1977, Gotelli and Ellison 2011) utilizando o software Programa R (Team 2015). Nas análises utilizamos como variáveis preditoras os dados abióticos do ambiente e os dados da estrutura e composição da flora como variável resposta, sendo as variáveis espaciais (filtros espaciais) utilizadas como co-variáveis (efeito geográfico obtido pelas coordenadas para minimizar o efeito de auto correlação espacial, (Borcard et al. 1992b)). Os filtros espaciais foram obtidos diretamente das coordenadas e valores de abundância e riqueza de espécies em cada parcela. Para isto utilizamos o programa SAM 4.0 - Spatial Analysis in Macroecology (Borcard et al. 1992a).

Para melhor precisão dos resultados, realizamos a decomposição de cada componente que compõe a variação obtida na análise (componente ambiental, espacial, biótico), através de uma série de RDA's parciais (Borcard et al. 1992a).

RESULTADOS

A análise de agrupamento mostrou que a similaridade florística entre as formações das três áreas foi baixa, com apenas 9 espécies compartilhadas entre Cerrado e Floresta semidecídua, indicando que na área analisada, a transição ocorre de forma abrupta, com pequena sobreposição da composição florística onde as formações se contatam Fig.3.

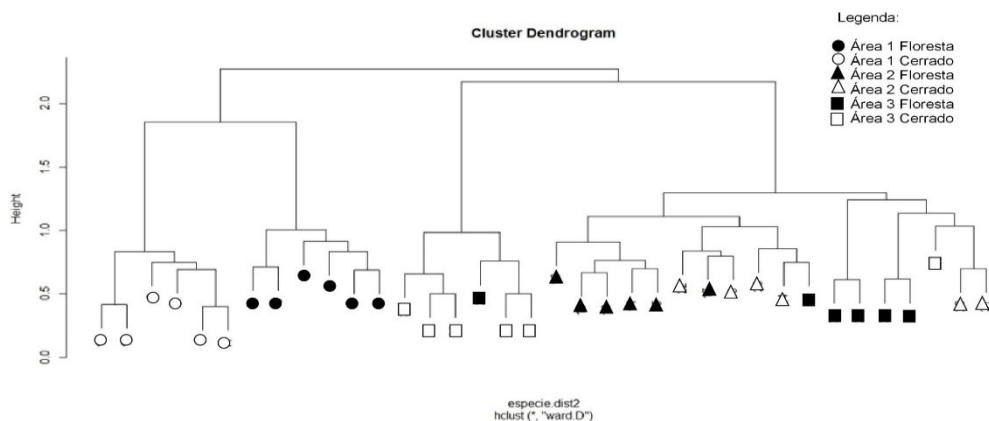


Figura 3. Dendrograma de similaridade florística obtidos por média de grupo (UPGMA) e Índice de Jaccard (SJ) para espécies por parcela das áreas de amostragem da vegetação Floresta e Cerrado.

A curva do coletor (espécies amostradas x esforço amostral) apresentou uma tendência a estabilizar a partir de 12 parcelas amostradas no cerrado, mas não estabilizou na área de floresta Fig 4. Observamos também que a amostragem das seis primeiras parcelas resultou em mais de 70% das espécies ocorrentes para as duas formações, e que o esforço necessário para atingir o restante 30% (ou menos) de espécies seria muito grande principalmente considerando que são a sua maioria espécies raras, indicando que o número de amostras previstas para a análise foi suficiente para avaliar a diversidade florística das duas formações na área de estudo.

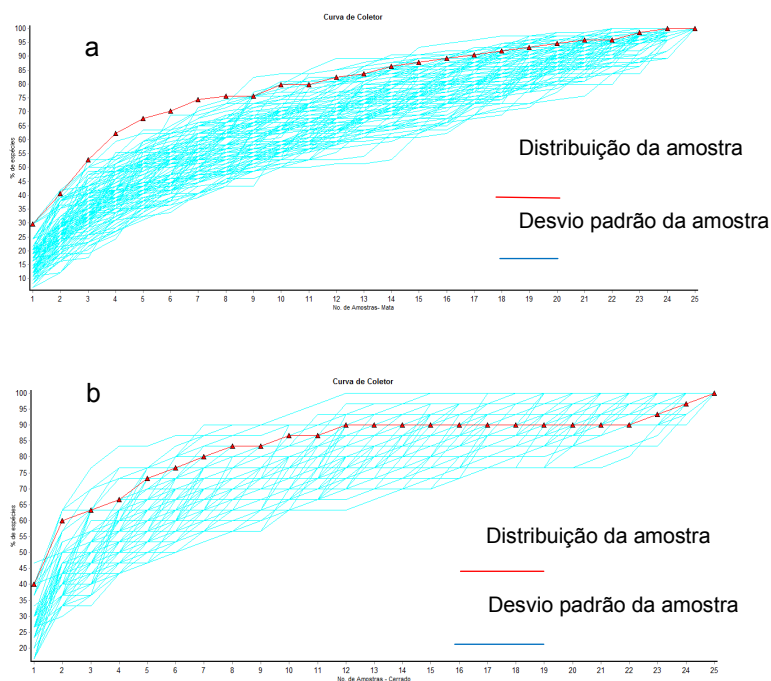


Figura 4. Curva do coletor para área de Floresta (a) e Cerrado (b) localizada no município de Colinas Maranhão, número de espécies por amostra (parcela). Análise com 50 parcelas, 25 para Floresta e 25 Cerrado. Linha azul representa o desvio padrão da amostra com 95% de confiança

Solos

A análise das variáveis físico-químicas do solo, indicou que a área de floresta apresentou solos eutróficos com maior quantidade de areia grossa, argila, consequentemente

maior umidade no solo, maior teor de matéria orgânica, P, Ca, Mg e Ph mais elevado, Tabela 1.

O Cerrado apresentou solos distróficos, com maior quantidade de areia fina, Al e H e valores iguais a floresta em teor de silte, densidade aparente, K, H+Al. Apesar das áreas de floresta apresentarem maior quantidade de matéria orgânica, a quantidade de Carbono disponível no solo foi semelhante para as duas formações Tabela 1.

Comparativamente as três áreas apresentam características físico químicas semelhantes, excetuando as parcelas de floresta da área 1, que apresentaram maior fertilidade, quando comparada com as demais áreas de florestas Tabela 1.

Nas três áreas observamos um decréscimo de fertilidade no sentido floresta-cerrado, apesar de todos os solos serem caracterizados como solos distróficos (excetuando os solos da floresta da área 1).

A área 1 apresentou topografia mais irregular, com os maiores declives. Já a área 2, tem o declive mais regular com poucas variações ao longo do terreno. A área 3 apresenta grande irregularidade no terreno e presença de afloramento rochosos principalmente na área de floresta Fig 5.

Precipitação e temperatura não diferiram entre as áreas. Os dados microclimáticos obtidos através de termo higrômetro indicaram que a área de Floresta Amazônica estava mais quente e seca com média de temperatura de 29°C e umidade de 83,45% e o Cerrado média de 26,5°C e umidade de 93,9%. Estes dados foram corroborados com os dados da Temperatura Superficial Terrestre (satélite Landsat8), com médias para a floresta de 31,36°C e Cerrado com 30,20°C. Os dados climáticos regionais não apresentaram diferença entre as duas formações, em nenhuma das 3 áreas analisadas.

Tabela 1. Média e Desvio Padrão das variáveis físicas e químicas do solo amostradas em 3 áreas de tensão ecológica Floresta Cerrado.

Profundidade	M.C	C	pH	P gdm ⁻²	K	Ca	Mg	mmol/dm ³										V	Argila	Silte	Argila
								H-Al	Na	Al	H	SB	t	T	Silte	Argila	Argila				
	34	20	5	6	2	52	15	24	4	3	24	70	70	70	94	54	6	3	55	0	
AREA 1 Floresta	Med.	34	20	5	6	52	15	24	4	3	24	70	70	70	94	54	6	3	55	0	
	Des	5.32	3.38	0.28	1.73	0.54	10.17	5.65	7.52	1.50	7.55	13.22	13.22	13.22	10.42	3.17	0.75	0.54	6.86	0.11	
10-20	Med.	21	12	5	2	30	14	26	3	26	52	52	52	80	36	10	5	54	1		
	Des	5.97	3.41	0.41	0.64	0.91	10.40	3.13	11.40	1.13	11.40	12.99	12.99	12.99	23.78	4.23	2.43	1.70	7.96	0.14	
AREA 1 Cerrado	Med.	30	17	4	3	5	14	66	1	14	52	20	33	86	11	11	4	55	0		
	Des	4.40	2.55	0.05	4.15	0.03	2.31	5.49	5.78	0.50	3.15	7.83	9.57	11.10	4.33	4.12	1.05	3.39	0.03		
10-20	Med.	23	14	4	3	0	8	54	3	14	40	9	22	62	14	12	4	55	0		
	Des	2.30	1.51	0.08	0.59	0.29	3.72	3.70	4.77	0.48	3.52	3.14	4.47	7.14	3.08	3.35	1.56	3.13	0.13		
AREA 2 Floresta	Med.	22	13	4	5	7	8	39	2	30	16	24	36	56	18	5	4	51	0		
	Des	2.20	1.27	0.19	0.47	0.03	1.30	1.73	11.25	0.17	1.63	10.95	2.30	1.07	10.85	7.07	4.12	1.39	2.18	0.05	
10-20	Med.	19	11	4	1	0	8	47	3	15	32	9	24	57	17	5	5	52	1		
	Des	1.31	1.11	0.04	0.23	0.04	0	2.19	3.40	0.15	1.20	3.72	2.20	2.73	5.05	2.83	3.94	2.50	6.35	0.25	
AREA 2 Cerrado	Med.	27	16	4	6	1	7	8	59	2	13	46	16	29	74	10	10	4	65	0	
	Des	2.39	1.73	0.13	1.15	0.29	1.46	2.68	5.82	0.42	2.49	4.39	3.20	3.41	5.99	1.79	55-94	0.56	1.76	0.07	
AREA 3 Floresta	Med.	22	13	4	2	1	0	7	59	3	18	41	7	25	86	11	12	4	63	0	
	Des	1.34	1.13	0.05	0.40	0.09	0	1.34	7.77	0.22	2.88	5.52	1.34	3.15	6.1858	1.95	2.53	1.51	3.66	0.17	
10-20	Med.	37	21	4	4	1	17	20	57	3	5	36	41	95	18	16	6	65	0		
	Des	2.15	1.25	0.16	1.04	0.13	3.74	4.81	6.80	0.45	2.81	7.59	4.56	3.62	9.79	4.42	2.31	1.72	1.62	0.17	
AREA 3 Cerrado	Med.	21	12	4	1	5	12	56	3	15	42	17	21	75	22	17	6	64	0		
	Des	0.97	0.59	0.07	0.52	0.08	0.94	2.43	2.87	0.25	3.21	2.25	3.02	2.25	2.86	3.68	0.94	1.42	1.53	0.09	
10-20	Med.	29	17	4	5	0	16	13	36	3	30	26	32	64	28	12	3	63	0		
	Des	4.30	2.57	0.33	1.50	0.26	10.62	4.55	4.73	0.37	3.62	3.36	15.10	12.48	13.82	4.42	2.69	0.38	2.26	0.07	
AREA 3 Cerrado	Med.	21	12	4	2	1	5	12	41	3	30	16	27	56	30	15	5	64	0		
	Des	4.57	2.83	0.22	1.57	0.18	5.71	1.73	3.73	0.39	3.60	4.10	6.80	4.38	7.00	8.22	1.63	1.80	1.67	0.11	

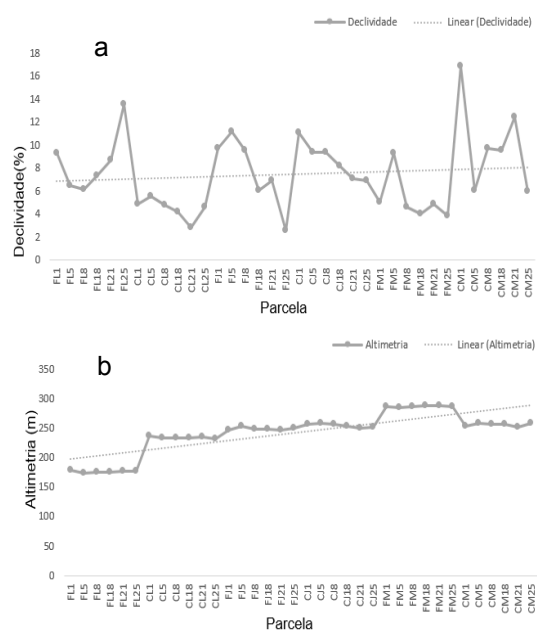


Figura 5. Distribuição dos valores de Declividade (a) e Altimetria (b) ao longo das parcelas de amostragem, Maranhão. FL=Floresta Área 1; CL=Cerrado Área1; FJ=Floresta Área 2; CJ= Cerrado Área 2; FM= Floresta Área 3; CM=Cerrado Área 1.

Correlação entre variáveis ambientais e distribuição das espécies.

Para a análise da RDA utilizamos 23 variáveis que diferiram entre as formações Cerrado e Floresta, sendo que destas apenas cinco variáveis foram significativamente correlacionadas pelo teste de Monte Carlo na seleção prévia de variáveis: Saturação em Bases -V (P= 0,0001; F= 3,52); Altitude (P= 0,0001; F= 3,50); CTCefetiva (P= 0,0046; F= 2,36); Declividade (P=0,0465; F= 1,63) e Longitude (P= 0,0349; F = 1,68).

A análise de redundância explicou 20,6 % da variação observada na distribuição das espécies nas três áreas, sendo 10,7% no primeiro eixo e 10% no segundo eixo da ordenação. As variáveis mais correlacionadas com a distribuição das espécies ao longo do eixo 1 foram saturação por bases(V) e CTCefetiva, e no eixo 2 altitude e declividade respectivamente, Tabela 2 e Fig. 6.

Desta forma, a distribuição das espécies do Cerrado ao longo do eixo 1 indica que esta formação está positivamente correlacionada com solos mais férteis (valores mais elevados de saturação por bases e capacidade de troca catiônica) e elevados, o oposto ocorrendo com a vegetação de Floresta Amazônica que é influenciada negativamente com a altitude e positivamente com a declividade no eixo 2 Fig 6.

Tabela 2. Variáveis ambientais mais correlacionadas ($P > 0,05$) com os eixos 1 e 2 da ordenação, criadas a partir de dados de abundância de 36 parcelas em área de transição da vegetação Floresta Amazônica e Cerrado, Maranhão.

Variável	Eixo 1	Eixo 2
Longitude	0.1231	0.0279
V	-0.7211	-0.4129
CTCeft	-0.4394	-0.2148
Declividade	-0.0426	0.4809
Altitude	-0.0467	-0.8339

Já no eixo 2 as variáveis mais correlacionadas são altitude (-0.86), saturação por bases (-0.56) e declividade (0.43).

As variáveis mais correlacionadas com a distribuição das espécies estão destacadas na Tabela 3. Estas variáveis explicam nos dois primeiros eixos 21,5% da variação observada nas espécies entre as formações Cerrado e Floresta Fig 6.

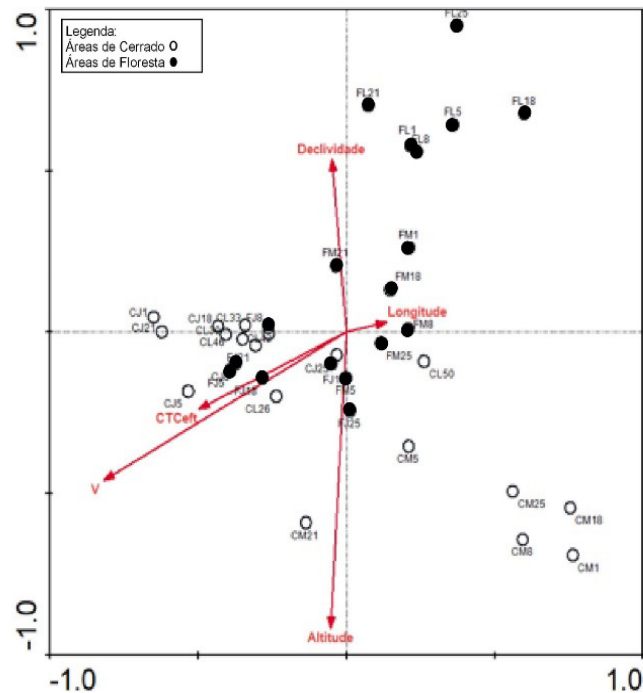


Figura 6. Diagrama de análise de ordenação (RDA) produzido a partir de dados ambientais e abundância de espécies para 3 áreas de transição da vegetação Floresta Amazônica e Cerrado, Maranhão. Círculo escuro representam as áreas de Floresta; Círculo claro representam as áreas de Cerrado. FL=Floresta Área 1; CL=Cerrado Área1 FJ=Floresta Área 2; CJ= Cerrado Área 2; FM= Floresta Área 3; CM= Cerrado Área 3.

A tabela 3 apresenta a contribuição de cada variável (Lambda A em %) individualmente nos dois primeiros eixos canônicos da análise, já descontado o efeito da colinearidade entre variáveis (Efeito condicional). Assim altitude e Saturação em Bases apresentam as maiores contribuições (9%), seguida de CTCeft (5%), Declividade e Longitude (4%).

Tabela 3. Efeito de cada variável individualmente na distribuição da vegetação da área de transição Cerrado/Floresta Amazônica.

Efeito Condicional			
Variable	LambdaA	P	F
V	0.09	0.0001	3.52
Altitude	0.09	0.0001	3.5
CTCeft	0.05	0.005	2.36
Declividade	0.04	0.047	1.63
Longitude	0.04	0.035	1.68

Considerando os 4 eixos canônicos a variação total explicada pela análise foi de 34,5%. Desta variação 31% deve-se aos efeitos puramente ambientais (descontado a variação espacial); 2,8% é o efeito biótico intrínseco da distribuição das espécies (dispersão, predação, entre outros) acrescido do efeito espacial (sem efeito do ambiente); 7% é o efeito espacial nas variáveis ambientais Fig. 7.

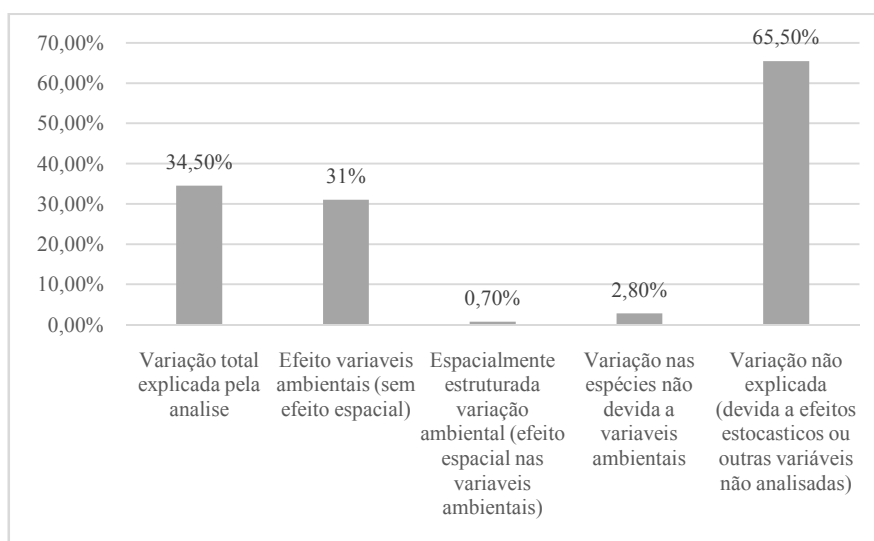


Figura 7. Partição da variação explicada pela análise (RDA), a partir dos 4 eixos canônicos.

DISCUSSÃO

Os dados obtidos até o momento nas Zonas de Tensão Ecológica têm indicado que é difícil fazer uma padronização e que estas regiões são bastante variáveis. Podemos citar como exemplo a densidade da vegetação com números de 1518 a 1122 até valores como 253 indivíduos por hectare. Parte desta variação deve-se a metodologia aplicada, mas também a própria distância entre as áreas com levantamentos efetuados na região sudeste; centro oeste, nordeste e na região norte do país. A variação das formações envolvidas também deve ser considerada, com áreas de cerrado s.s. ou cerrado ralo até cerradão, sendo a vegetação florestal mais homogênea (Ivanauskas 2002, De Paula 2011, Silva 2011, Mendonça 2012).

Estas áreas apresentam densidades superiores ao encontrado em nosso estudo, 240 Ind.ha¹. Neste caso a diferença é resultado do critério de inclusão utilizado, pois incluímos somente espécies bem estabelecidas na área, com diâmetro ≥ 10 cm.

Outra diferença entre estas ZTE's é a extensão que elas podem apresentar em diferentes regiões. Em São Paulo por exemplo, a transição Cerrado – Floresta Atlântica têm regiões de transição formam extensas áreas cujos limites são de difícil distinção, enquanto que no presente estudo, temos uma transição abrupta (Durigan et al. 2004).

Nos limites entre o Cerrado e Floresta Amazônica e particularmente nas áreas de florestas decíduas e semidecíduas (matas secas) a transição é abrupta, com as formações de Cerrado e Floresta ocorrendo lado a lado. Estas transições abruptas foram citadas nos trabalhos pioneiros com a vegetação de Cerrado na região centro –oeste em expedição na Serra do Caximbo, Xavantina – MS(Ratter et al. 1973).

Como resultado nestas áreas a vegetação apresenta baixa similaridade(Marimon et al. 2006)com compartilhamento de poucas espécies entre as duas formações, o que foi corroborado em área de transição entre Cerrado e Floresta decídua em Brasília (Ruggiero et al. 2002, Hoffmann et al. 2009).

Diferentemente do descrito por Neri 2012 quando analisou 5 fitofisionomias de Cerrado e relacionou cada fitofisionomia a uma classe de solo, o Cerradão distróficos e mesotróficos estão correlacionado ao latossolo vermelho (Neri et al. 2012), já neste trabalho o Cerradão se estabeleceu em plintossolo petrico concrecionado e latossolo amarelo distrófico.

Para Feitosa (Feitosa et al. 2016) os maiores teores das variáveis químicas do solo concentram-se na primeira camada do solo o que também foi observado em nosso estudo

onde tivemos diferenças entre as profundidades do solo, com a camada de 0-10 apresentando maiores valores para as variáveis químicas.

Na região sudeste a floresta semidecídua foi relacionada a elevada concentração de cátions (K, pH, Ca, P), saturação por bases, CTC, matéria orgânica e argila no solo (Maracahipes Santos et al. 2015, Nguyen and Gómez-Zurita 2016, Maracahipes-Santos et al. 2017) e o cerrado com elevadas concentrações de alumínio trocável na superfície do solo (Ruggiero et al. 2002).

Na nossa área de estudo, entretanto, as duas formações ocorreram de forma indiscriminada em solos distróficos, com alto teor de alumínio. Exceção das parcelas de floresta da área 1, que apresentaram solo eutrófico e sem alumínio. Esta área, no entanto, pegou fogo um pouco antes da amostragem ser realizada o que pode ter alterado as características deste solo, visto que o fogo contribui para o aumento de fertilidade momentânea, libera nutrientes e diminui a acidez e a toxicidade do solo (Costa and Ribeiro 2013; Cox and Moore 2014).

De acordo com Ackerly a temperatura dentro de uma área de um Km² pode variar em torno de 8°C, dependendo da topografia (Ackerly et al. 2010). Portanto os padrões térmicos locais seriam responsáveis por moldar a distribuição da diversidade, uma vez que a temperatura também pode causar diferença nas taxas de germinação de sementes (Moeslund et al. 2013).

Variáveis relacionadas a fertilidade do solo como Capacidade de Troca Catiônica e saturação por bases tem sido positivamente relacionadas a ocorrência de vegetação florestal nestas áreas de transição em detrimento a vegetação de cerrado (Lenza et al. 2015, Maracahipes-Santos et al. 2017), sendo corroboradas em nosso estudo, mas contrariamente indicando maior variação nas áreas de cerrado. As variáveis mais relacionadas com a ocorrência de floresta ou cerrado foram altitude, declividade e longitude.

A longitude, aqui representando a distância geográfica entre os pontos amostrais, foi um fator importante e especialmente em regiões serranas como a nossa o aumento da distância poderia resultar em maior heterogeneidade ambiental. Distância tem sido fator chave determinando similaridade entre comunidades florestais amazônicas (com declínio da similaridade em pequenas distâncias) e mesmo na vegetação de cerrado em áreas de transição Cerrado-floresta. Nestas comunidades a distância foi a melhor preditor da vegetação (mas

potencializada quando associada aos efeitos de fertilidade e declividade) (Bohlman et al. 2008, Maracahipes-Santos et al. 2017).

Altitude e declividade foram as variáveis mais relacionadas com a separação entre Cerrado e Vegetação florestal, explicando 9% e 4% da variação observada, respectivamente. O conjunto dos eixos canônicos no modelo completo explicou 34,5% da variação, o que é expressivo para comunidades vegetais em que uma multiplicidade de fatores influi na estrutura e composição das espécies (Studies 2003).

Estas variáveis, no entanto, apresentam maior expressão quando interagem com outros fatores ocorrentes (Maracahipes-Santos et al. 2017). Assim o efeito puramente ambiental representou 31% desta variação (efeito das variáveis ambientais nos 4 eixos canônicos sem estruturação espacial). O efeito espacial estruturando as populações foi de 2,8% e 7% nas variáveis ambientais.

A variação nos atributos do solo está diretamente relacionada com a variação no relevo, que condiciona a drenagem e o nível do lençol freático (Campos et al. 2012). Apesar de não termos avaliado o nível do lençol freático, acreditamos que este poderia também responder pela diferenciação entre as formações Cerrado e Floresta (Campos et al. 2012).

CONCLUSÃO

A área de estudo apresentou um gradiente de fertilidade das áreas de floresta para o Cerrado e declividade e altitude atuam de forma relevante para distinção entre as formações de Cerrado e Floresta em ambientes de tensão ecológica. Variáveis relacionadas a fertilidade dos solos foram relevantes também, principalmente para a vegetação do cerrado. Estes fatores atuam na distribuição das espécies em escala local, provavelmente atuando como agentes moduladores da distribuição de nutrientes.

A mudança da vegetação cerrado – Floresta ocorre de forma abrupta, com a substituição das espécies ao longo de um gradiente muito curto, com baixa similaridade, não sendo possível determinar a região de sobreposição das espécies, mas foi possível diferenciar claramente as duas fisionomias por meio de dados florísticos e estruturais.

Observamos que os três locais de amostragem em área de tensão ecológica, apresentaram solos predominantemente distróficos, independente da formação sob a qual se encontrava, as classes de solos também não diferiram.

Apesar da influência do teor de Alumínio não ter sido estatisticamente significativo, vale apenas destacar, que diferente do descrito na literatura, as duas formações ocorrem de forma indiscriminada, em ambientes com alto teor de alumínio e pH de médio a alto.

Além de incluir indivíduos adultos para determinar os fatores que influenciam distribuição das espécies em ambientes de transição seria interessante também incluir na amostragem, indivíduos regenerantes, assim seria analisando também no período do estabelecimento da espécie, quais fatores conduzem seu estabelecimento naquele ambiente.

REFERÊNCIAS

- Ackerly, D.D.; Loarie, S.R.; Cornwell, W.K.; Weiss, S.B.; Hamilton, H.; Branciforte, R.; et al. 2010. The geography of climate change: Implications for conservation biogeography. *Diversity and Distributions* 16: 476–487.
- Alencar, A.; Nepstad, D.; McGrath, D.; Moutinho, P.; Diaz, M.D.C.V.; Filho, B.S. 2004. Desmatamento na Amazônia: indo Além Da “ Emergência Crônica .” *Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM)*: 87.
- APG III, A.P.G.-. 2009. *An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants*. 3rd ed. 105-121p.
- Bohlman, S. a; Laurance, W.F.; Laurance, S.G.; Nascimento, H.E.M.; Fearnside, P.M.; Andrade, A. 2008. Importance of soils, topography and geographic distance in structuring central Amazonian tree communities. *Journal of Vegetation Science* 19: 863–874.
- Borcard, D.; Legendre, P.; Drapeau, P. 1992a. Partialling out the Spatial Component of Ecological Variation Author (s): Daniel Borcard , Pierre Legendre and Pierre Drapeau Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1940179> REFERENCES Linked references are available on JSTOR for this article : You may. *Ecological Society of America* 73: 1045–1055.
- Borcard, D.; Legendre, P.; Drapeau, P.; Borcard, D. 1992b. Partialling out the Spatial Component of Ecological Variation. *Ecological Sociedade of America* 73: 1045–1055.
- Bruno, R.D. 2004. *Variabilidade observada da umidade do solo em floresta tropical e cerrado*. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 189p.
- Camargo, O.A.; Moniz, A.C.; Jorge, J.A. & Valadares, J.M.A.S. 1986. Métodos de análise química, mineralógica e física do Instituto Agrônomo de Campinas. *Instituto Agrônomo, (IAC. Boletim Técnico, 106)* 106: 94.

- Campos, M.C.C.; Ribeiro, M.R.; Souza Júnior, V.S. de; Ribeiro Filho, M.R.; Almeida, M.C. 2012. Toposequência de solos na transição campos naturais-floresta na região de Humaitá, Amazonas. *Acta Amazonica* 42: 387–398.
- Condit, R.; Pitman, N.; Jr, E.G.L. 2002. Beta-Diversity in Tropical Forests. *Science* 297: 2–4.
- Costa, F.R.C.; Magnusson, W.E.; Luizao, R.C. 2005. Mesoscale distribution patterns of Amazonian understorey herbs in relation to topography, soil and watersheds. *Journal of Ecology* 93: 863–878.
- Costa, H.M. da; Silva, H.F.; Ribeiro, P.R. de A. 2013. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer* 9: 1842–1860.
- Cox, C.B.; Moore, P.D. 2014. *Biogeografia. Uma Abordagem Ecológica e Evolucionária*. 7th ed. LTC, Rio de Janeiro, 408p.
- Durigan, G.; Franco, G.A.D.C.; Siqueira, M.F. 2004. A vegetação dos remanescentes de cerrado no estado de São Paulo. In: Bitencourt, D.; Mendonça, R.R. (Eds.), *Viabilidade de Conservação Dos Remanescentes de Cerrado No Estado de São Paulo*, 1st ed. FAPESP & ANNABLUME editora., São Paulo, p.29–56.
- Eiserhardt, W.L.; Svenning, J.; Kissling, W.D.; Balslev, H. 2011. Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales. *Annals of Botany* 108: 1391–1416.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review* 38: 201–338.
- Embrapa. 2011. *Manual de métodos de análise de Solos*. Rio de Janeiro, 230p.
- Feitosa, K.K.A.; Vale Júnior, J.F. do; Schaefer, C.E.G.R.; Sousa, M.I.L. de; Nascimento, P.P.R.R. 2016. Relações Solo–Vegetação Em “Ilhas” Florestais E Savanas Adjacentes, No Nordeste De Roraima. *Ciência Florestal* 26: 135–146.
- Fidalgo, O.; Bononi, V.L.R. 1984. *Guia de coleta, preservação e herborização de material botânico*. In: Fidalgo, O. (Ed.) Manual N°4 ed. Instituto de Botânica, São Paulo, 61p.
- Furley, P.A.; Proctor, J.; Ratter, J.A. 1994. Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries. *Journal of Ecology* 82: 702–703.
- Gotelli, N.J.; Ellison, A.M. 2011. *Princípios de estatística em ecologia*. Artmed, Porto Alegre, 528p.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G.J. and A.J. 2005. *Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas*. *International Journal of Climatology*. (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1276/pdf>). Accessed on 16 Nov. 2015.
- Hoffmann, W.A.; Adasme, R.; Haridasan, M.; De Carvalho, M.T.; Geiger, E.L.; Pereira, M.A.B.; et al. 2009. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna-forest boundaries under frequent fire in central Brazil. *Ecology* 90: 1326–1337.
- IBGE. 2002. *Mapa Brasil Climas*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

- (ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf). Accessed on 24 May 2016.
- IBGE. 2004. *Mapa de Biomas do Brasil*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais//biomas.pdf). Accessed on 20 Nov. 2015.
- IBGE. 2012. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Inventário das Formações Florestais e Campestres. Técnicas e Manejo de Coleções Botânicas. Procedimentos para Mapeamentos*. 1-271p.
- IBGE. 2016. *IBGE-Cidades / Maranhão-Colinas*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=210350&search=%7C%7CInfogr%EFicos:-informa%E7%F5es-completas). Accessed on 24 May 2016.
- INPE. 2017a. *Divisão de Geração de Imagem :: Catálogo de Imagens*. Catálogo de imagens. (http://www.dgi.inpe.br/catalogo/). Accessed on 28 Jul. 2017.
- INPE. 2017b. *Mapa Índice TOPODATA(versão 2)*. Banco de dados Relevo. (http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/). Accessed on 28 Jul. 2017.
- INPE, I.N.D.P.E. 2017c. *Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites – sistemas Prodes, Deter, Degrad e Queimadas*. sistemas Prodes, Deter, Degrad e Queimadas. (http://www.inpe.gov.br). Accessed on 08 Jun. 2017.
- Ivanauskas, N.M. 2002. *Estudo da vegetação presente na área de contato entre formações florestais em Gaúcha do Norte-MT*. .
- Joly, C.A.; Assis, M.A.; Bernacci, L.C.; Tamashiro, J.Y.; Campos, M.C.R. de; Gomes, J.A.M.A.; et al. 2012. Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. *Biota Neotropica* 12: 125–145.
- Köppen, W. 1984. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. *Fondo de Cultura Económica*: 479.
- Legendre, P. & Gallagher, E.D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129: 271–280.
- Lenza, E.; Santos, J.O.; Maracahipes-Santos, L. 2015. Species composition, diversity, and vegetation structure in a gallery forest-cerrado sensu stricto transition zone in eastern Mato Grosso, Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 29: 327–338.
- Maracahipes-Santos, L.; Lenza, E.; Santos, J.O.; Mews, H.A.; Oliveira, B. 2017. Effects of soil and space on the woody species composition and vegetation structure of three Cerrado phytophysiognomies in the Cerrado-Amazon transition. *Brazilian Journal of Biology*: 0–0.
- Maracahipes Santos, L.; Lenza, E.; Dos Santos, J.O.; Marimon, B.S.; Eisenlohr, P. V.; Marimon Junior, B.H.; et al. 2015. Diversity, floristic composition, and structure of the woody vegetation of the Cerrado in the Cerrado-Amazon transition zone in Mato Grosso,

- Brazil. *Revista Brasileira de Botanica* 38: 877–887.
- Marimon, B.S.; Felfili, J.M.; Haridasan, M. 2001. Studies in monodominant forests in eastern Mato Grosso, Brazil: I. A forest of *Brosimum rubescens* Taub. *Edinburgh Journal of Botany* 58: 123–137.
- Marimon, B.S.; De S. Lima, E.; Duarte, T.G.; Chieregatto, L.C.; Ratter, J.A. 2006. Observations on the Vegetation of Northeastern Mato Grosso, Brazil. Iv. an Analysis of the Cerrado–Amazonian Forest Ecotone. *Edinburgh Journal of Botany* 63: 323.
- Marimon, B.S.; Marimon-Junior, B.H.; Feldpausch, T.R.; Oliveira-Santos, C.; Mews, H.A.; Lopez-Gonzalez, G.; et al. 2014. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest–cerrado transition zone in southern Amazonia. *Plant Ecology & Diversity* 7: 281–292.
- Marques, E.Q. 2016. *Redefinindo os limites Amazônia-Cerrado no Brasil: quanto e o que estamos perdendo?*. researchgate. (www.researchgate.net/publication/303382301). Accessed on 07 Aug. 2016.
- Mayle, F.E.; Power, M.J. 2008. Impact of a drier Early – Mid-Holocene climate upon Amazonian forests. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 363: 1829–1838.
- Mcgarigal, K.; Cushman, S.; Stafford, S. 2000. Multivariate statistics for wildlife and ecology research. *Springer Science and Business Media*.
- Mendonça, G.V. 2012. *Análise florístico-estrutural e relações com o ambiente em área de ecótono floresta estacional-cerrado sensu stricto no estado do Tocantins*. Universidade de Brasília, 71p.
- Ministério do Meio Ambiente. 2010. *Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado*. Brasília, 173p.
- Ministério do Meio Ambiente. 2016. *MAPAS - Download de dados geográficos(MMA)*. Ministério do Meio Ambiente. (<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm#>). Accessed on 11 Aug. 2017.
- Mochel, F.R.; Macedo, L.A.A.; Rego, M.M.C.; Cutrim, M. V.; Kowarick, M.A.; Rodrigues, M.S.; et al. 1991. Diagnóstico dos principais problemas ambientais do Estado do Maranhão. *Instituto Brasileiro de Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) and Secretaria de Meio Ambiente e Turismo (SEMATUR)* 1: 194.
- Moeslund, J.E.; Arge, L.; Bocher, P.K.; Dalgaard, T.; Svenning, J.C. 2013. Topography as a driver of local terrestrial vascular plant diversity patterns. *Nordic Journal of Botany* 31: 129–144.
- Moura, E.G. 2006. Agroambientes de Transição entre o trópico úmido e o semi-árido. Atributos; Alterações; uso na produção familiar. In: Moura, E.G. (Ed.), *Agroambientes de Transição Entre O Trópico Úmido E O Semi-Árido. Atributos; Alterações; Uso Na Produção Familiar*, UEMA, São Luís, p.345.
- Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. *Wiley*:

93–135.

- Neri, A. V.; Schaefer, C.E.G.R.; Silva, A.F.; Souza, A.L.; Ferreira-Junior, W.G.; Meira-Neto, J.A.A. 2012. The Influence of Soils on the Floristic Composition and Community Structure of an Area of Brazilian Cerrado Vegetation. *Edinburgh Journal of Botany* 69: 1–27.
- Nguyen, D.T.; Gómez-Zurita, J. 2016. Subtle ecological gradient in the tropics triggers high species-turnover in a local geographical scale. *PLoS ONE* 11: 1–26.
- Oliveira Filho A.T.; Fontes, M.A.. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32: 793–810.
- Pansonato, M.P.; Costa, R.C.; Castilho, C.V. De; Carvalho, F.A.; Zuquim, G. 2013. Spatial Scale or Amplitude of Predictors as Determinants of the Relative Importance of Environmental Factors to Plant Community Structure. *Biotropica* 45: 299–307.
- Pauchard, A.; Ugarte, E.; Millán, J. 2000. A Multiscale Method for Assessing Vegetation Baseline of environmental Impact Assessment (EIA) in Protected Areas of Chile. *USDA Forest Service Proceedings RMRS* 3: 15.
- De Paula, G.A. 2011. *Influências do relevo e solo na estrutura da vegetação arbórea em Floresta Estacional Decidual e Cerrado sentido restrito, Lavras - MG*. Universidade Federal de Lavras, 58p.
- RadamBrasil. 1982. *Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e uso potencial da Terra*. Ministerio do Meio Ambiente, Rio de Janeiro, 624p.
- Raij, B. va.; Andrade, J.C.; Cantarela, H.; Quaggio, J.A. 2001. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. In: RAIJ, B. va.; ANDRADE, J.C.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.) 1st ed. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas-SP, 285p.
- Raij, B. Van. 2011. *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. 2nd ed. Internacional Plant Nutrition Institute, Piracicaba, SP, 420p.
- Ratter, J.A.; Richards, P.W.; Argent, G.; Gifford, D.R. 1973. Observations on the vegetation of the northeastern Mato Grosso. The wood vegetations types of the Xavantina-Cachimbo Expedition area. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 226: 449–492.
- Rossatto, D.R.; Hoffmann, W.A.; de Carvalho Ramos Silva, L.; Haridasan, M.; Sternberg, L.S.L.; Franco, A.C. 2013. Seasonal variation in leaf traits between congeneric savanna and forest trees in Central Brazil: Implications for forest expansion into savanna. *Trees - Structure and Function* 27: 1139–1150.
- Rotta, E.; Carvalho, L.C.; Beltrami, M.Z. 2008. Manual de Prática de Coleta e Herborização de Material Botânico. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária* 173: 1–31.
- Ruggiero, P.G.C.; Batalha, M.A.; Pivello, V.R.; Meirelles, S.T. 2002. Soil vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 160: 1–16.

- Ruokolainen, K.; Tuomisto, H.; Macía, M.J.; Higgins, M.A.; Yli-Halla, M. 2007. Are floristic and edaphic patterns in Amazonian rain forests congruent for trees, pteridophytes and Melastomataceae? *Journal of Tropical Ecology* 23: 13–25.
- Sankaran, M.; Ratnam, J.; Hanan, N.P. 2004. Tree – grass coexistence in savannas revisited – insights from an examination of assumptions and mechanisms invoked in existing models. *Ecology Letters* 7: 480–490.
- Da Silva, F.S.; Almeida, R.S.; Rangel, M.E.S. 2015. Análise da temperatura superficial terrestre do município de São Luís/MA a partir de imagem orbital do Sensor OLI/Landsat-8. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* 2: 6381–6388.
- Silva, I.D.C. 2011. *Caracterização Da Vegetação Arbórea Em Área De Contato Savana/Floresta Estacional*. Faculdade de Tecnologia-UNB, 59p.
- Studies, U. 2003. Book reviews. *Prometheus* 21: 120–139.
- Team, R.C. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, . .
- Tuomisto, H.; Poulsen, A.D.; Ruokolainen, K.; Moran, R.C.; Quintana, C.; Celi, J.; et al. 2003. Linking floristic patterns with soil heterogeneity and satellite imagery in ecuadorian amazonia. *Ecological applications* 13: 352–371.
- Urucum, M.D.O.; Urbanetz, C.; Lehn, C.R.; Salis, S.M.; Bueno, M.L. 2012. Composição e distribuição de espécies arbóreas em gradiente. *Oecologia Australis* 16: 859–877.
- Vaz, P.T.; Rezende, N.G.A.M.; Wanderley Filho, J.R.; Silva Travassos, W.A. 2007. Bacia do parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobras* 15: 253–263.
- van den Wollenberg, A.L. 1977. Redundancy analysis. An alternative for canonical correlation analysis. *Psychometrika* 42: 207–219.