

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
CAMPUS DE NOVA XAVANTINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

**DIVERSIDADE DE COMUNIDADES LENHOSAS DO BIOMA CERRADO E SUAS  
RELAÇÕES COM AS FLORESTAS TROPICAIS**

**Jhany Martins dos Santos**

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ecologia e Conservação.

Orientador: Dr. Eddie Lenza de Oliveira



Nova Xavantina-MT  
Outubro de 2019

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
CAMPUS DE NOVA XAVANTINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

**DIVERSIDADE DE COMUNIDADES LENHOSAS DO BIOMA CERRADO E SUAS  
RELAÇÕES COM AS FLORESTAS TROPICAIS**

**Jhany Martins dos Santos**

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ecologia e Conservação.

Orientador: Dr. Eddie Lenza de Oliveira

Nova Xavantina-MT  
Outubro de 2019

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

This study was partially funded by CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazilian Ministry of Education)

**CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO**

S237d SANTOS, Jhany Martins.

Diversidade de comunidades lenhosas do bioma Cerrado e suas relações com as Florestas Tropicais / Jhany Martins Santos. – Nova Xavantina, 2020.

89 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (não).

Trabalho de Conclusão de Curso (Tese/Doutorado) – Curso de Pós- graduação *Stricto Sensu* (Doutorado) Ecologia e Conservação, Faculdade de Ciências Agrárias Biológicas e Sociais Aplicadas, Câmpus de Nova Xavantina, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2020.

Orientador: Dr. Eddie Lenza de Oliveira.

## TERMO DE APROVAÇÃO

### DIVERSIDADE DE COMUNIDADES LENHOSAS DO BIOMA CERRADO E SUAS RELAÇÕES COM AS FLORESTAS TROPICAIS

**Jhany Martins dos Santos**

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ecologia e Conservação.

Aprovado em 24 de julho de 2019.

Banca Examinadora:

---

**Prof. Dr. Eddie Lenza de Oliveira** (Orientador)  
Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT

---

**Prof. Dr. Divino Vicente Silvério** (Membro titular interno)  
Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia-IPAM

---

**Prof. Dr. Paulo Monteiro Brando** (Membro titular interno)  
Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia-IPAM

---

**Prof. Dr. Leandro Maracahípes dos Santos** (Membro titular externo)  
Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia-IPAM

---

**Prof. Dr. Paulo Sergio Morandi** (Membro titular externo)  
Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT

*A minha mãe, Valdivina Martins de Oliveira,  
que sempre acreditou que o conhecimento é o  
maior legado que podemos receber e  
transmitir nessa vida, dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade do Estado de Mato Grosso, por me proporcionar a oportunidade de estudar com qualidade e de forma gratuita.

À CAPES por financiar a minha bolsa de estudos, essencial para a dedicação exclusiva no desenvolvimento dessa pesquisa científica.

Ao CNPQ, que financiou o projeto do qual resultou esse trabalho de tese, e ao professor Dr. Guarino Rinaldi Colli, que dispôs de financiamento para alguns equipamentos usados durante a pesquisa de campo e laboratório, e ainda, pelas inúmeras contribuições intelectuais para o trabalho.

A todos os professores, secretários, técnicos e coordenação da Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, que contribuíram de forma essencial na realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Dr. Eddie Lenza de Oliveira, que aceitou a missão de me orientar, me ensinar e nunca mediu esforços para que esse trabalho fosse desenvolvido de forma criteriosa e eficiente.

À toda equipe do LECOT (Laboratório de Ecologia de Transição), que desde 2015 colaboraram em diversas etapas desta pesquisa, desde os trabalhos de campo, triagem de material, conferência de dados, e ajuda com análises e debates científicos.

Aos proprietários de fazendas, que permitiram gentilmente que estudássemos a vegetação em suas terras, contribuindo assim para o conhecimento da vegetação remanescente do Cerrado na transição.

A todos pesquisadores que divulgaram e/ou disponibilizaram seus dados para somar a investigação científica desse estudo.

A todos meus amigos que incentivaram e tornaram mais leves esse período intenso de estudos e muitos trabalhos de campo.

À minha família que sempre me apoiou e ajudou em tudo, especialmente minha mãe Valdivina, minha irmã Deisy, minhas sobrinhas Nicole e Mariana, e minha vovó Geralda.

A todos aqueles que passaram por minha vida durante esses quatro anos, e de forma direta ou indireta contribuíram, torceram e apoiaram o desenvolvimento deste trabalho.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	11
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	14
<b>CAPÍTULO 1 - DIVERSIDADE ALFA, BETA E GAMA DA FLORA LENHOSA DE SAVANAS NA ZONA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA: IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1. INTRODUÇÃO .....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.1. <i>Área de estudo</i> .....	22
2.2. <i>Coleta de dados</i> .....	23
2.3. <i>Análise de dados</i> .....	24
3. RESULTADOS .....	254
4. DISCUSSÃO .....	33
5. CONCLUSÃO .....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
7. APÊNDICE .....	50
<b>CAPÍTULO 2 - HÁ GRADIENTES DE RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES, E DE ABUNDÂNCIA DE PLANTAS LENHOSAS ENTRE O CENTRO DO BIOMA CERRADO E AS TRANSIÇÕES COM A AMAZÔNIA E A MATA ATLÂNTICA.....</b>	<b>54</b>
1. INTRODUÇÃO .....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
2.1. <i>Área de estudo</i> .....	58
2.2. <i>Coleta de dados</i> .....	59
2.3. <i>Análise de dados</i> .....	62
3. RESULTADOS .....	63
4. DISCUSSÃO .....	61
5. CONCLUSÃO .....	75
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
7. APÊNDICES .....	92



## RESUMO

Estudos da vegetação lenhosa do Bioma Cerrado mostram sua heterogeneidade e composição por distintas províncias e formações vegetacionais. Na região leste de Mato Grosso, o cerrado compõe a zona de transição fazendo ligação florística entre os dois maiores biomas da América do Sul, a Amazônia e o Cerrado, formando um mosaico de vegetação e ecossistemas. Atualmente, essa região cuja flora ainda é pouco conhecida, está fortemente ameaçada pelo desmatamento, e conta com poucas unidades de conservação. No capítulo 1 deste estudo, amostramos sete sítios de savanas chamadas de Cerrado Típico, distribuídos ao longo 700 km na zona de transição entre o Cerrado e a Amazônia (ZTCA). Avaliamos as diversidades alfa (local), beta (de habitats) e gama (regional), e apontamos a necessidade da criação de reservas para manutenção da alta diversidade dessa região. No capítulo 2, fizemos um estudo em macro escala, utilizando o conhecimento sobre a diversidade da transição Cerrado/Amazônia (do capítulo 1), somados aos dados de outros grupos de pesquisadores em várias regiões do Bioma Cerrado, incluindo a transição com a Amazônia e Mata Atlântica. No total, compilamos dados de 63 sítios de Cerrado Sentido Restrito, padronizados quanto a área total, sendo 10.000m<sup>2</sup> em cada sítio, onde foram medidas todas as plantas lenhosas com diâmetro de base  $\geq 5$  cm a 30 cm do solo ( $Db_{30\text{ cm}}$ ). Nosso objetivo foi avaliar se as condições ambientais (altitude, precipitação, temperatura e características edáficas) e espaciais, influenciam na formação de gradientes de riqueza, abundância e composição de plantas entre o centro do Cerrado, e as regiões de transição com Amazônia e Mata Atlântica. Dessa forma, nesses dois capítulos contribuímos para o preenchimento das lacunas no conhecimento da vegetação na transição Cerrado/Amazônia, e ainda acrescentamos importantes informações sobre a vegetação do Bioma Cerrado em sua região central e nas suas transições com Amazônia e Mata Atlântica.

**Palavras-chave:** Transições cerrado-florestas, diversidade, gradiente espacial.

## ABSTRACT

Studies of the woody vegetation of the Cerrado Biome show its heterogeneity and composition by distinct Provinces and vegetation formations. Eastern Mato Grosso is located in the transition zone and connects the two major biomes of South America, the Amazon and the Cerrado, forming a mosaic of vegetation and ecosystems. Currently, this region, whose flora is still little known, is strongly threatened by deforestation, and has few conservation units. In chapter 1 of this study, we sampled 8 sites of savannas, locally called Typical Cerrado, distributed over 700 km in the transition zone between the Cerrado and Amazon (ZTCA). We evaluated alpha (local), beta (habitat) and range (regional) diversities and pointed out the need to create reserves to maintain high regional diversity. In Chapter 2, we did a macro scale study, using knowledge about the diversity of the Cerrado / Amazon transition (from Chapter 1), added to the data of other studies carried out in the whole Cerrado Biome, including the transition with the Amazon and Atlantic Forest. In total, we compiled data from 63 Cerrado Strict Restricted sites, standardized as to the total area, of which 10.000m<sup>2</sup> each site, within which we would invent woody plants with a base diameter  $\geq 5$  cm measured at 30 cm from the soil (Db30 cm). Our objective was to evaluate if the environmental conditions (altitude, precipitation, temperature and soil characteristics) influence the formation of richness, abundance and plant composition gradients between the center of the Cerrado and transition regions with the Amazon and Atlantic Rainforest. In this study, we contributed to fill gaps in vegetation knowledge in the Cerrado / Amazon transition, and we also added important information on the relationships between the central vegetation of the Cerrado Biome and its transitions with the tropical forests, the Amazon and the Atlantic Forest.

**Keywords:** Closed-forest transitions, closed diversity, spatial gradient.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Na América do Sul, as regiões de transição do Bioma Cerrado com outros biomas, apresentam variações na estrutura da vegetação (Marimon-Junior e Haridasan, 2005; Kunz et al. 2009, Marimon et al., 2014; Morandi et al. 2018), na composição, e na diversidade de espécies (Maracahipes et al. 2011, Françaço et al. 2016,) em relação à região central do Bioma. Além de fatores ambientais, isso ocorre devido à grande área de ocorrência do Cerrado (2.000.000 de km<sup>2</sup>), e da influência florística dos biomas adjacentes como a Amazônia (Marimon et al. 2006; Françaço et al. 2016), a Caatinga (Rejane et al. 2010; Françaço et al. 2016) e a Mata Atlântica (Ratter et al. 2003; Françaço et al. 2016).

Embora a flora e a vegetação lenhosa do Bioma Cerrado venham sendo amplamente estudadas desde meados do século passado, esses estudos acontecem em sua maioria, próximos aos centros de pesquisa, e enquanto isso, poucos estudos são conduzidos em locais mais remotos (Sousa-Baena et al. 2014; Françaço et al. 2016). Deste modo, ainda há várias regiões com lacunas de conhecimento, como no norte do Tocantins e o Leste Matogrossense (Sousa-Baena et al. 2014; Françaço et al. 2016). Essa última região se localiza na zona de transição e faz a ligação florística entre os dois maiores biomas da América do Sul, formando um verdadeiro mosaico de vegetação (Askew et al. 1970; Marimon et al. 2006,) e sendo algumas vezes citada pela elevada diversidade florística (Ratter et al. 2003; Marimon et al. 2006). Os estudos conduzidos até o momento nessa região, são em sua maioria descritivos ou pontuais (Askew et al. 1970; Eiten, 1975; Felfili et al. 2002; Marimon-Júnior & Haridasan, 2005; Maracahipes et al. 2011), e em geral, avaliam aspectos estruturais da vegetação.

Para fazer maiores inferências sobre a vegetação, bem como identificar um padrão de distribuição para a riqueza de espécies compartilhadas entre o Cerrado, Amazônia e Mata Atlântica, são necessários estudos padronizados e em grande escala, contemplando as variadas regiões do bioma Cerrado. Assim, nesse estudo, buscamos compreender a diversidade em escala local e regional (diversidade alfa, beta e gama) da flora lenhosa do Cerrado, na Zona de Transição com a Amazônia, acrescentando conhecimentos inéditos sobre essa extensa (Eiten, 1972; Ratter, 1973) e heterogênea região (Bridgewater et al. 2004; Françaço, 2015; Ratter et al. 2003) de solos e relevo variáveis (Askew et al. 1970 a,b; Brown, 1970). Essa região é de especial interesse para estudo de sua biodiversidade, pois faz parte do chamado arco do desmatamento (Nogueira et al. 2008), por se tratar de uma região de grande interesse para atividades agropecuárias (Domingues & Bermann, 2012; Nogueira et al. 2001). Agravando esse cenário, há somente poucas e pequenas unidades de conservação em toda a faixa de

transição entre Cerrado e Amazônia no Leste matogrossense (Asner et al. 2005; Françaoso et al. 2015; Klink & Machado, 2005), o que aumenta e acelera a perda de biodiversidade, antes mesmo desta ser conhecida.

As transições, de modo geral, foram negligenciadas cientificamente por muito tempo, pois havia um consenso de que as populações dessas regiões teriam baixa diversidade genética e maior probabilidade de extinção (Chanel, 2004). No entanto, nas últimas décadas, alguns estudos vêm mostrando que essas populações periféricas podem ser viáveis e valiosas para a conservação de espécies em declínio, já que as muitas espécies persistem mesmo nas regiões periféricas de sua distribuição, em condições desfavoráveis (Channell & Lomolino 2000a, 2000b; Towns & Daugherty 1994). Por isso, as regiões de transição entre biomas têm recebido crescente atenção da comunidade científica (Françaoso et al. 2016; Kark & Van Rensburg 2006; Marques et al. 2016; Morandi et al. 2018). Nesses estudos, os autores buscam compreender se as transições devem ser prioritárias para conservação em relação ao centro do cerrado (Maciel et al. 2016; Smith et al. 2001), por serem locais de especiação e maior biodiversidade (Mayr, 1970), ou, se possuem relevância para a conservação similar àquelas das regiões centrais dos biomas em questão (Chanel 2005), por possuírem estrutura e diversidade também semelhantes (Morandi et al. 2018), ou ainda, se as transições possuem menor relevância para a manutenção da biodiversidade, uma vez que apenas abrigam espécies oriundas de ecossistemas adjacentes (Brooks et al. 2001).

Os estudos realizados até o momento, ainda não chegaram a um consenso sobre qual região é mais diversa, centro do Bioma ou as transições com outros biomas sul americanos. Alguns autores indicam maior riqueza nas zonas de transição, devido ao efeito aditivo dos ecossistemas adjacentes (Odum, 1953; Risser, 1995), ou porque as populações dessas áreas incluem uma ampla gama de taxa adaptados à instabilidade ambiental, com potencial para serem centros de especiação (Kark & Van Rensburg, 2006). No entanto, outros autores afirmam que transições apresentariam menores riquezas por estarem sujeitas a condições e filtros ambientais mais severos (Pironon et al. 2016; Van der Maarel, 1990), ou por estarem distantes do centro de origem de diversificação e diversidade genética das espécies (Castro et al. 1999; Fernandes e Bezerra, 1990; Lesica e Allendorf, 1995; Rizzini, 1997). Ainda, Safriel e colaboradores (1994) a partir da hipótese “Centro-Periferia”, afirmam que as espécies do centro estão em condições ambientais mais estáveis, favorecendo uma maior diversidade genética, enquanto aquelas às margens de sua distribuição estão sob pressão de seleção ambiental, fenômeno que reduziria a riqueza de espécies. Os estudos locais realizados com a flora do Bioma Cerrado também não estão em consenso, mostrando tanto maior diversidade

nas regiões centrais do bioma, (Eiten, 1972; Fernandes e Bezerra, 1990; Rizzini, 1997) quanto nas regiões marginais do bioma (Marimon et al. 2014; Ratter et al. 2003). É de extrema importância entender e conservar a biodiversidade do Cerrado (Kier et al. 2005; Klink e Machado, 2005; Ratter et al. 1997; Silva e Bates, 2002; Silva et al. 2008), para poder, a partir disso, estabelecer uma rede de áreas de conservação abrangendo todo o Bioma, visando a manutenção do máximo possível de sua biodiversidade (Bridgewater et al. 2004; Françoso et al. 2015).

Assim, no capítulo 1 investigamos a diversidade da flora da transição Cerrado/Amazônia em escala local e regional, e fizemos inferências sobre a necessidade de preservação dos remanescentes de cerrado. No capítulo 2, somamos esse conhecimento a uma extensa pesquisa bibliográfica, buscando compreender se existem diferenças entre a vegetação lenhosa da região central do Bioma Cerrado, e as transições com a Floresta Amazônia e Mata Atlântica.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASKEW, G. P; MOFFATT, D. J; MONTGOMERY, R. F; SEARL, P. L. (1970a). **Soil Landscapes in North Eastern.** Mato Grosso. Source: The Geographical Journal. 136(2): 211-227.

ASKEW, G. P; MOFFATT, D. J; MONTGOMERY, R. F; SEARL, P. L. (1970b). **Interrelationships of soils and vegetation in the savanna-forest boundary zone of North-Eastern Mato Grosso.** The Geographical Journal, 136(3), 370-376.

ASNER, G. P; KNAPP, D. E; BROADBENT, E. N; OLIVEIRA, P. J; KELLER, M; SILVA, J. N. (2005). **Selective logging in the Brazilian Amazon.** Science, 310(5747), 480-482.

BRIDGEWATER, S; RATTER, J. A; RIBEIRO, J. F (2004). **Biogeographic patterns, Betadiversity and dominance in the *cerrado* biome of Brazil.** Biodiversity and Conservation 13: 2295-2318.

BROOKS, T.M; HANAH, L; DA FONSECA, G.A.B; MITTERMEIER, R.A. (2001). **Prioritizing hotspots, representing transitions.** Trends in Ecology and Evolution 16: 673.

BROWN, E. H. (1970). **The Geomorphology of the 20 km Square.** The Geographical Journal. 136(3): 367-370.

CASTRO, A.A.J. F; MARTINS, F. R (1999) **Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade.** Pesq Foco 7:147–178

DOMINGUES, M. S; BERMANN, C. (2012). **O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja.** Ambiente Sociedade. 15:1-22.

EITEN, G. (1972). **The cerrado vegetation of Brazil.** Botanical Review 38:201-341.

FELFILI, J. M., NOGUEIRA, P. E., SILVA JÚNIOR, M. C., MARIMON, B. S., DELITTI, W. B. C. (2002). **Composição e fitossociologia do Cerrado Sentido Restrito no Município de Água Boa – MT.** Acta bot. bras. 16(1): 103-112.

FERNANDES, A; BEZERRA, P. (1990) **Estudo fitogeográfico do Brasil**. Stylus Comunicações, Fortaleza.

FRANÇOSO, R. D; BRANDÃO, R; NOGUEIRA C.C; SALMONA, Y. B; MACHADO, R, B. COLLI, G.R. (2015) **Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot**. Nat Conservação 13:35–40.

FRANÇOSO, R. D; HAIDAR, R. F; MACHADO, R. B. (2016). **Tree species of South America central savanna: endemism, marginal areas and the relationship with other biomes**. Acta Botanica Brasilica - 30(1): 78-86. January-March.

KARK, S; VAN RENSBURG, B. J. (2006) **Ecotones: marginal or central areas of Transition?** Isr J Ecol Evol. 54: 52:29–53.

KARK, S; ALLNUTT, T. F; LEVIN, N; MANNE, L. L; WILLIAMS, P.H (2006). **The role of transitional areas as avian biodiversity centres**. Global Ecology and Biogeography (in press, available on-line).

KIER, G. G. MUTKE<sup>1</sup>, J. DINERSTEIN, E. RICKETTS, T. H., KU<sup>1</sup>PER<sup>1</sup>, W. KREFT, H. BARTHLOTT, W. (2005) **Global patterns of plant diversity and floristic knowledge**. Journal of Biogeography (J. Biogeogr.) (2005) 32, 1107–1116

KLINK, C. A; MACHADO, R. B (2005) **Conservation of the brazilian Cerrado**. Conserv Biol 19:707–713.

KUNZ, S., IVANAUSKAS, S.V., MARTINS, S.V. (2009). Similaridade florística entre florestas do Alto Rio Xingu, da Bacia Amazônica e do Planalto Central. Braz. J. Bot. 32, 725–736.

LESICA, P; ALLENDORF, F.W. (1995). **When are peripheral populations valuable for conservation?** Conservation Biology 9: 753–760.

LENZA, E; MARACAHIPES, L.; LENZA, E.; MARIMON, B.S.; OLIVEIRA, E.A.; PINTO, J.R.R. & MARIMON-JUNIOR, B.H. (2011). **Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em cerrado rupestre na transição Cerrado-Floresta Amazônica**, MT, Brasil. *Biota Neotropica* 11:133-141.

MARIMON, B.S; MARIMON-JUNIOR, B.H; FELDPAUSCH, T.R; OLIVEIRA-SANTOS, C; MEWS, H. A; LOPEZ-GONZALEZ, G. FRANCAZAK, D. D; OLIVEIRA, E. A; MARACAHIPES, L; MIGUEL, A; LENZA, E; PHILLIPS, O.L. (2014) **Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-savanna transition zone in southern Amazonia**. *Plant Ecol Divers* 7:281-292.

MARIMON- JUNIOR, B.H; HARIDASAN, M. (2005). **Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil**. *Acta Botanica Brasilica* 19:913-926.

MARQUES, E. Q. (2016). **Redefinindo os limites Amazônia – Cerrado no Brasil: quanto e o que estamos perdendo?** Nova Xavantina: [s.n], 2016. 34 f.

MAYR, E. (1970). **Populations, species, and evolution**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 453 pp.

NOGUEIRA, E. M; NELSON, B. W; FEARNSIDE, P. M; FRANÇA, M. B; OLIVEIRA, C. A. (2008). **Tree height in Brazil's 'arc of deforestation': Shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass**. *Forest Ecology Management*. 255:2963-2972.

NOGUEIRA, P. E; FELFILI, J. M; SILVA JÚNIOR, M. C; DELITTI, W; SEVILHA, A. C. (2001). **Composição florística e fitossociologia de um Cerrado sentido restrito no município de Canarana, MT**. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer* 8: 28-43.

ODUM, E.P. (1953). **Fundamentals of ecology**. W.B. Saunders, Philadelphia.

RATTER, J. A; BRIDGEWATER, S; RIBEIRO, J.F. (2003). **Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: Comparison of the Woody Vegetation of 376 Areas**. *Edinburgh Journal of Botany* 60: 57-109.



RATTER, J. A; RICHARDS, P. W; ARGENT, G; GIFFORD, D. R. (1973). **Observations on the vegetation of the northeastern Mato Grosso**. I. The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo Expedition area. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 266:449-492.

RISSER, P. G. (1995). **The status of the science examining ecotones**. BioScience 45: 318–325.

RIZZINI, C. T. (1997) **Tratado de Fitogeografia do Brasil**, 2nd ed. Âmbito Cultural, São Paulo.

SAFRIEL, U. N; VOLIS, S; KARK, S. (1994). **Core and peripheral populations and global climate change**. Israel Journal of plant sciences, Vol.42, pp. 331-345.

SCHILLING, A. C; BATISTA, J. L. F. (2008). **Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais**. Revista Brasileira de Botânica; 31(1): 179-187.

SILVA, J. M; BATES, J. M. (2002). **Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: A tropical savanna hotspot**. Bioscience 52: 225-233.

SMITH, T.B; KARK, S; SCHNEIDER, C.J; WAYNE, R.K; MORITZ, C. (2001). **Biodiversity hotspots and beyond: the need for conserving environmental transitions**. Trends in Ecology and Evolution 16: 431

## **CAPÍTULO 1 – DIVERSIDADE ALFA, BETA E GAMA DA FLORA LENHOSA DE SAVANAS NA ZONA DE TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA: IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO**

**A ser submetido para publicação no periódico: BIOTROPICA**

### **RESUMO**

Na zona de transição entre os dois maiores biomas da América do Sul, a Amazônia e o Cerrado, ocorre um mosaico de vegetação e de ecossistemas fortemente ameaçados pelo avanço do desmatamento e cuja flora ainda é pouco conhecida. Nosso objetivo foi investigar a riqueza e a composição da flora lenhosa em 8 sítios de savanas, localmente chamadas de Cerrado Típico, distribuídos ao longo de 700 km na zona de transição entre o Cerrado e a Amazônia (ZTCA). Nós consideramos a diversidade de espécies em três escalas espaciais: 1. Alfa (riqueza dentro dos sítios); 2. Beta (dissimilaridade entre sítios); 3. Gama (todos os 8 sítios). Considerando que os sítios estão localizados em um gradiente latitudinal na ZTCA, e por isso o clima e a vegetação são espacial e temporalmente heterogêneos, o que pode aumentar a diversidade, nós hipotetizamos: 1) A ZTCA é caracterizada por alta diversidade local (diversidade alfa) e regional (diversidade gama) de plantas lenhosas, bem como distintas composições florísticas entre os sítios (alta diversidade beta); 2. Há um gradiente latitudinal de substituição de espécies no sentido sul-norte, devido às mudanças no clima. Essas hipóteses foram confirmadas, pois as savanas estudadas apresentaram elevada diversidade alfa (média = 80 espécies por hectare) e beta, que juntas contribuíram para uma alta diversidade regional (168 espécies). Os sítios mais ao norte deram maior contribuição individual para a diversidade regional, embora entre todos os sítios haja substituição de muitas espécies únicas e raras. As espécies localmente dominantes (aquelas que representam juntas 50% ou mais das abundâncias totais de cada sítio) também diferem entre a maioria dos sítios, mostrando que as comunidades possuem características florísticas particulares, associadas à localização dos sítios no gradiente latitudinal. Essa alta diversidade da flora lenhosa nas distintas escalas espaciais aqui analisadas, está ameaçada pelo extensivo desmatamento nas últimas décadas e pela escassez de Unidades de Conservação na ZTCA, tornando-a prioritária para investimentos em ações conservacionistas.

**Palavras-chave:** diversidade de plantas, vegetação savânica, raridade, ubiquidade, zona de tensão ecológica

**CHAPTER 1 - ALPHA, BETA AND RANGE DIVERSITY OF SAVANAS WOOD  
FLORA IN THE CERRADO-AMAZON TRANSITION ZONE:  
IMPLICATIONS FOR CONSERVATION**

**TO BE SUBMITTED FOR PUBLICATION IN THE JOURNAL: BIOTROPICA**

**ABSTRACT**

In the transition zone between the two largest biomes in South America, the Amazon and the Cerrado, there is a mosaic of vegetation and ecosystems strongly threatened by the advance of deforestation and whose flora is still little known. Our objective was to investigate the richness and composition of woody flora in 8 savanna sites, locally called the Typical Cerrado, distributed over 700 km in the transition zone between Cerrado and Amazon (ZTCA). We consider species diversity on three spatial scales: 1. Alpha (richness within sites); 2. Beta (dissimilarity between sites); 3. Range (all 8 sites). Considering that the sites are located on a latitudinal gradient in the ZTCA, and therefore the climate and vegetation are spatially and temporally heterogeneous, which may increase diversity, we hypothesized: 1) ZTCA is characterized by high local diversity (alpha diversity) and regional (gamma diversity) of woody plants, as well as distinct floristic compositions between sites (high beta diversity); 2. There is a latitudinal gradient of species substitution south-north due to climate changes. These hypotheses were confirmed because the savannas studied showed high alpha (average = 80 species per hectare) and beta diversity, which together contributed to a high regional diversity (168 species). The northernmost sites have made the greatest individual contribution to regional diversity, although among all sites there is a substitution for many unique and rare species. Locally dominant species (those that together represent 50% or more of the total abundances of each site) also differ among most sites, showing that communities have particular floristic characteristics associated with the location of sites in the latitudinal gradient. This high diversity of woody flora in the different spatial scales analyzed here is threatened by the extensive deforestation in recent decades and the scarcity of Conservation Units in the ZTCA, making it a priority for investments in conservation actions.

Keyword: plant diversity, savanna vegetation, rarity, ubiquity, ecological stress zone

## 1. INTRODUÇÃO

Um modo eficiente de identificar padrões de diversidade das comunidades é considerar a riqueza em diferentes níveis ou escala espaciais interativas (Cris et al. 2003; Magurran, 1988; Whittaker, 1972). Primeiro, a análise da diversidade dentro de um sítio (diversidade alfa) permite determinar comunidades locais com maior riqueza comparadas à média da diversidade local da região (Spellerberg, 1992). Segundo a análise da substituição de espécies entre sítios (diversidade beta), permite avaliar quão única é a composição florística de cada comunidade em relação à diversidade regional existente e o nível de complementaridade entre as áreas, em decorrência de fatores como a heterogeneidade de habitats (Vellend, 2001; Legendre & Cáceres, 2013). Terceiro, a análise em escala regional (diversidade gama) que agrega a diversidade local de espécies e a diversidade dada pela substituição de espécies entre habitats ou sítios, permite avaliar a importância do reservatório regional para a manutenção da diversidade de grandes paisagens, muitas vezes compostas por um mosaico de comunidades contendo subconjuntos de espécies presentes na região (Lande, 1996; Whittaker et al. 2001; Felfili & Felfili, 2001).

Segundo Baselga (2010), a diversidade de uma região pode ser ainda avaliada de acordo com os fenômenos envolvidos na dissimilaridade entre sítios, uma vez que a diversidade beta total pode ser decomposta em “turnover”, no qual há substituição de espécies entre sítios, e “nestedness”, quando ocorre perda de espécies entre os sítios. Essa distinção não é trivial, particularmente em termos de conservação da diversidade de uma região (Baselga et al. 2010; Socolar et al. 2016). Isso porque um elevado “turnover” de espécies implica que os sítios possuem composição particular de espécies e por isso tem similar contribuição para a diversidade regional. Por outro lado, um elevado componente de aninhamento, sugere que aqueles sítios com maior riqueza de espécies deveriam ser considerados em ações de conservação, por contribuírem de maneira mais efetiva para a diversidade de uma região (Baselga et al. 2010).

Neste sentido, entender como a biodiversidade está regionalmente distribuída, depende de análises em múltiplas escalas (Legendre & Cáceres, 2013; Rattis et al. 2017; Socolar et al. 2016), e dos processos envolvidos na substituição de espécies entre sítios (Baselga, 2010; Socolar et al. 2016), particularmente quando há variações nas condições do ambiente ao longo da ocorrência das comunidades, formando gradientes ambientais (Fitzpatrick, 2016; Gentry, 1988) e conseqüentemente gradientes bióticos (Anderson et al. 2011). Essas análises integrando escalas são informativas da distribuição espacial da diversidade (Rattis et al. 2017)

e por isso são úteis para definir áreas prioritárias para a conservação, e para entender os efeitos das atividades antrópicas sobre a perda de espécies, dando assim embasamento para a criação de Unidades de Conservação (Legendre & Cáceres, 2013).

O Cerrado é uma das savanas mais diversas do mundo (Klink & Machado, 2005) e um dos Biomas brasileiros menos protegidos (Barr et al. 2011), pois restam menos de 50% de sua área nativa original (Strassburg et al. 2017). O acelerado desmatamento nos últimos anos, devido à expansão do agronegócio sobre a vegetação nativa do Cerrado (Hunke et al. 2015; INPE & Funcate 2017), se iniciou nos cerrados centrais do Brasil e já avançou cerca de 500 quilômetros em direção a região Norte (Domingues & Bermann, 2012), formando o chamado “arco do desmatamento” na transição com a Amazônia (Nogueira et al. 2008). Por isso, atualmente, a zona de transição entre os dois biomas possuem a maior taxa de conversão da vegetação nativa do país (Nogueira et al. 2008; Domingues & Bermann, 2012; Noojipady et al. 2017), o que compromete a manutenção da biodiversidade, uma vez que essa região dispõe de poucas e pequenas unidades de conservação (Asner et al. 2005; França et al. 2015).

Os estudos realizados até o momento mostram que nessa extensa e heterogênea região de transição Amazônia-Cerrado, de solos e relevo variáveis, existe um verdadeiro mosaico de vegetação com elevada diversidade florística (Bridgewater et al. 2004; Marimon et al. 2006; Ratter et al. 1973). O clima nessa região é temporalmente instável e espacialmente variável (RADAMBRASIL, 1982; Silva et al. 2008) e a vegetação é hiperdinâmica (Marimon et al. 2014), razões pelas quais a região é conhecida como Zona de Tensão Ecológica (Ratter, 1992; Ratter et al. 1997). Embora os estudos já realizados (Askew et al. 1970b, Felfili et al. 2002, Marimon-Júnior & Haridasan 2005, Maracahipes et al. 2011) sejam de grande contribuição científica, o fato de serem predominantemente descritivos ou pontuais leva a necessidade de mais informações sobre a flora da transição Amazônia-Cerrado, principalmente em maiores escalas geográficas. A necessidade desses estudos foi evidenciada por Sousa-Baena & Garcia (2014), França et al. (2016) e Maciel et al. (2016), que sugeriram que mais pesquisas sejam conduzidas nessa região, visto que esta se encontra no centro da alta pressão humana, e necessita urgentemente que sua flora seja conhecida e conservada. Desse modo, é necessário desenvolver novos estudos sobre a vegetação savânica da transição Amazônia-Cerrado, para melhor entender a distribuição da riqueza e diversidade em diferentes escalas, e assim, disponibilizar essas informações, que poderão subsidiar a escolha de áreas prioritárias para o estabelecimento de Unidades de Conservação (Maciel et al. 2016; Maciel & Eisenlohr, 2016).

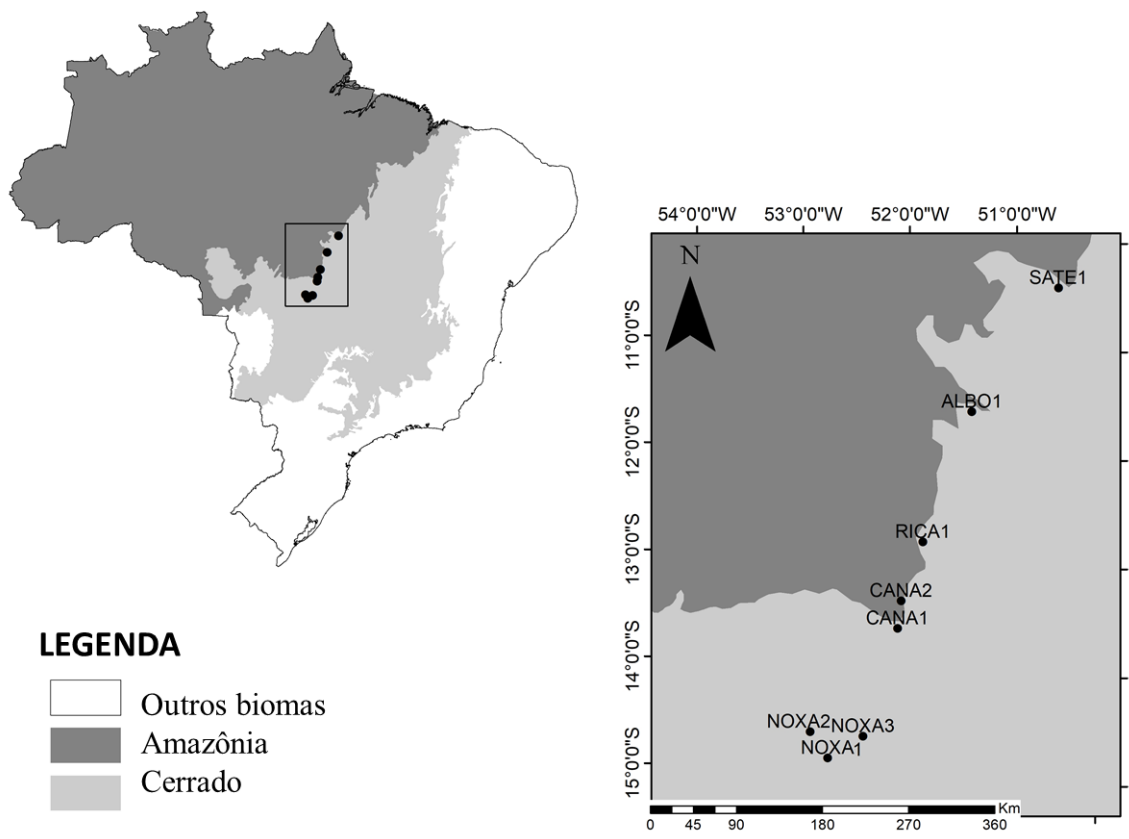
Sendo assim, nosso estudo tem os objetivos de: 1) Investigar as variações na composição das espécies nas comunidades ao longo de um gradiente latitudinal com 700 km

de extensão na região de transição Amazônia-Cerrado no estado de Mato Grosso. 2) Avaliar o papel da diversidade dentro das comunidades (diversidade alfa), e da substituição de espécies lenhosas entre comunidades savânicas (diversidade beta), para a manutenção da diversidade regional de espécies (diversidade gama). Nossas hipóteses são: 1. Há um gradiente latitudinal de substituição de espécies no sentido sul-norte devido as mudanças no clima e a proximidade com a Amazônia; 2. Há elevada diversidade alfa, beta e gama na região, uma vez que estudos pontuais na região sugerem alta diversidade local de espécies (Marimon et al. 2006; Ratter et al. 2003), e que, tanto a vegetação (Bridgewater et al. 2004; Ratter et al. 1973) quanto o clima variam ao longo da transição (Silva et al. 2008). Ainda, o gradiente estudado está próximo a Amazônia, favorecendo o compartilhamento de espécies entre os dois biomas (Méio et al. 2003). À luz de nossos resultados, nós discutimos o efeito da intensa conversão da vegetação nativa e da pequena representatividade de áreas protegidas na região sobre a perda de espécies, e assim, a necessidade de criação de unidades de Conservação ao longo da extensa faixa de transição entre o Cerrado e a Amazônia, os dois maiores Biomas da América do Sul.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### *2.1. Área de estudo*

Nós amostramos cinco sítios de Cerrado Típico e compilamos dados da literatura de três sítios amostrados com metodologia padronizada (ver Tabela 1), distribuídos ao longo de um gradiente latitudinal de 700 km, na Zona de Transição Cerrado-Amazônia (ZTCA), porção leste do estado de Mato Grosso, Brasil. Esses sítios estão localizados nos municípios de Santa Terezinha (SATE1), Alto da Boa Vista (ALBO1), Ribeirão Cascalheira (RICA1), Canarana (CANA1 e CANA2) e Nova Xavantina (NOXA1, NOXA2 e NOXA3) (Figura 1, Tabela 1). Essa ZTCA está localizada entre a bacia do Rio Xingu, caracterizada por apresentar florestas de transição sobre solos bem drenados (Askew et al. 1970a; Marimon et al. 2006), e a Bacia do Rio Araguaia, caracterizada pela existência de vegetação savânica sobre solos mal drenados e alagáveis, por isso chamada de Pantanal do Araguaia (Marimon et al. 2006; Marimon et al. 2012). Seguindo um gradiente sul-norte (Ratter et al. 1973), a região apresenta vegetação heterogênea, que contempla desde campos limpos dominados por herbáceas, formações de Cerrado Sentido Restrito, até formações florestais como Cerradão e Mata Seca (Askew et al. 1970b). O clima é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen, e possui dois períodos bem definidos, sendo um quente e úmido, que ocorre de outubro a abril, e outro período seco e frio que ocorre de maio a setembro (Silva et al. 2008).



**Figura 1.** Localização geográfica dos sítios de Cerrado Típico amostrados na Zona de Transição Cerrado-Amazônia, estado de Mato Grosso, Brasil. Delimitações dos biomas de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2012). As Siglas representam os municípios (SATE= Santa Teresinha, ALBO = Alto da Boa Vista, RICA= Ribeirão Cascalheira, CANA= Canarana, NOXA = Nova Xavantina) e os números que as seguem representam o número de sítios em cada município.

## 2.2. Coleta de dados

Para evitar vieses nas comparações, compilamos e amostramos apenas sítios com vegetação savânica, definidas como Cerrado Típico por Ribeiro & Walter (2008). Todos os sítios amostrados possuem área total de 10.000 m<sup>2</sup> (10 parcelas de 50 m x 20 m) dentro dos quais inventariamos todas as plantas lenhosas (incluindo monocotiledôneas e lianas, e excluindo os indivíduos mortos) com diâmetro de base medido a 30 cm do solo ( $Db_{30\text{ cm}} \geq 5$  cm, seguindo o protocolo do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado (Ver Felfili et al. 2005). Identificamos a maioria dos indivíduos em campo, e quando isso não foi possível, coletamos amostras dos espécimes e herborizamos para consultas à literatura especializada, e também

com taxonomistas no acervo do Herbário de Nova Xavantina (NX) e Herbário da Universidade de Brasília (UnB). A classificação das famílias botânicas seguiu o sistema Angiosperm Phylogeny Group IV (APG 2016). A nomenclatura dos táxons foi conferida e padronizada de acordo com a Lista de Espécies da Flora do Brasil 2020 disponível em (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>).

### *2.3. Análise de dados*

#### *Análises da composição de espécies (diversidade beta).*

Para testar nossa hipótese 1 de que ocorrem variações na composição das espécies nas comunidades ao longo do gradiente latitudinal, inicialmente determinamos quais eram as espécies mais abundantes localmente. Para isso, consideramos aquelas cujas abundâncias somadas representam pelo menos 50% da abundância total de cada sítio. Com esses valores, nós elaboramos o “Gráfico Composto ou Genérico” utilizando a função “genérico” e o pacote ‘vegan’ (Oksanen et al. 2016). Esse gráfico é elaborado a partir da ordenação das médias ponderadas das densidades das espécies em cada sítio. Empregamos uma análise de coordenadas principais (PCoA) para explorar e visualizar as diferenças na composição de espécies entre os sítios, usando uma matriz de dissimilaridade florística com a distância de Bray-Curtis (Manly 2008). Ainda, fizemos a análise de similaridade (ANOSIM – analysis of similarities) (Clarke 1993), um teste não-paramétrico que compara conjuntos de amostras, por meio da similaridade dentro e entre os grupos, utilizando o pacote ‘vegan’. Realizamos todas as análises no ambiente R 3.4.4 (R Core Team 2018).

#### *Análises da Riqueza de espécies.*

Estimamos a riqueza dentro de cada sítio empregando dois procedimentos. Primeiro, realizamos uma análise de cobertura amostral para determinar a riqueza capturada na amostragem, ou seja, a eficiência do esforço amostral (Gotelli & Colwell, 2001). Segundo, nós conduzimos análise de rarefação por extrapolação empregando o estimador Chao 1, para estimar o número esperado de espécies em cada amostra para um tamanho de amostra padrão (Magurran, 1988).

#### *Análises de diversidade de espécies.*

Para testar nossa hipótese 2, consideramos a diversidade de espécies em três níveis, ou seja, dentro de cada sítio (diversidade alfa), entre os oito sítios (diversidade beta) e o conjunto total de espécies dos oito sítios (diversidade gama). Calculamos a diversidade de espécies



empregando o índice de diversidade efetiva de Shannon, que converte os índices em variáveis verdadeiras e que por isso possuem propriedades comuns (Ver Jost 2006 para descrição do algoritmo). Após a conversão, a diversidade é sempre medida em unidades de número de espécies, independentemente do índice que utilizamos, o que nos permite comparações fáceis e mais confiáveis (Ver Jost 2006, Chao et al. 2012, 2014, para maiores detalhes). Ainda, calculamos os perfis de diversidade com o pacote “entropart” para o R (Marcon & Herault, 2015), que permite estimar a diversidade alfa, beta e gama, de acordo com o quadro baseado em Entropia HCDT, para corrigir vieses de estimativa (Grassberger, 1988; Chao & Shen, 2003), e sua transformação em número equivalente de espécies (Hill, 1973; Jost, 2006).

Conduzimos a análise da Contribuição Local para a Diversidade Beta (LCBD), que avalia a singularidade na composição de espécies de cada sítio dentro de uma região (Legendre & Cáceres, 2013). Os índices de LCBD de cada sítio variam de 0 (zero) - sítio cuja contribuição para a diversidade beta é igual à média da diversidade beta de todos os sítios - a 1 (um) – sítio cuja contribuição é máxima para a diversidade beta entre todos os sítios amostrais. Assim, altos valores de LCBD indicam sítios com alto valor de conservação, uma vez que abrigam um conjunto de espécies que diverge da média dos sítios. Para verificar se a diversidade beta varia significativamente entre os sítios, utilizamos o teste de Monte Carlo, com 9999 permutações. Nós plotamos as coordenadas geográficas junto com os valores de LCBD de cada sítio, pois segundo Legendre & Legendre (2012) isso permite a avaliação visual da variação espacial da diversidade beta.

Empregando a matriz de ocorrência das espécies por sítio, nós conduzimos uma análise de partição da diversidade beta global em dois componentes, seguindo Baselga (2010) e usando o índice de dissimilaridade de Jaccard, no pacote “betapart” do Ambiente R (Baselga 2017). Essa análise, considera que dissimilaridade total entre múltiplos sítios (ou diversidade global) é baseada no *turnover* de espécies ou é resultante de aninhamento. Essa análise da partição da diversidade global é útil para nortear estratégias de conservação de uma determinada região (Baselga, 2010), particularmente quando se considera apenas a presença e ausência das espécies nos sítios (Socolar et al. 2016), razão pela qual optamos por usar dados de ocorrência.

### **3. RESULTADOS**

#### *Composição de espécies.*

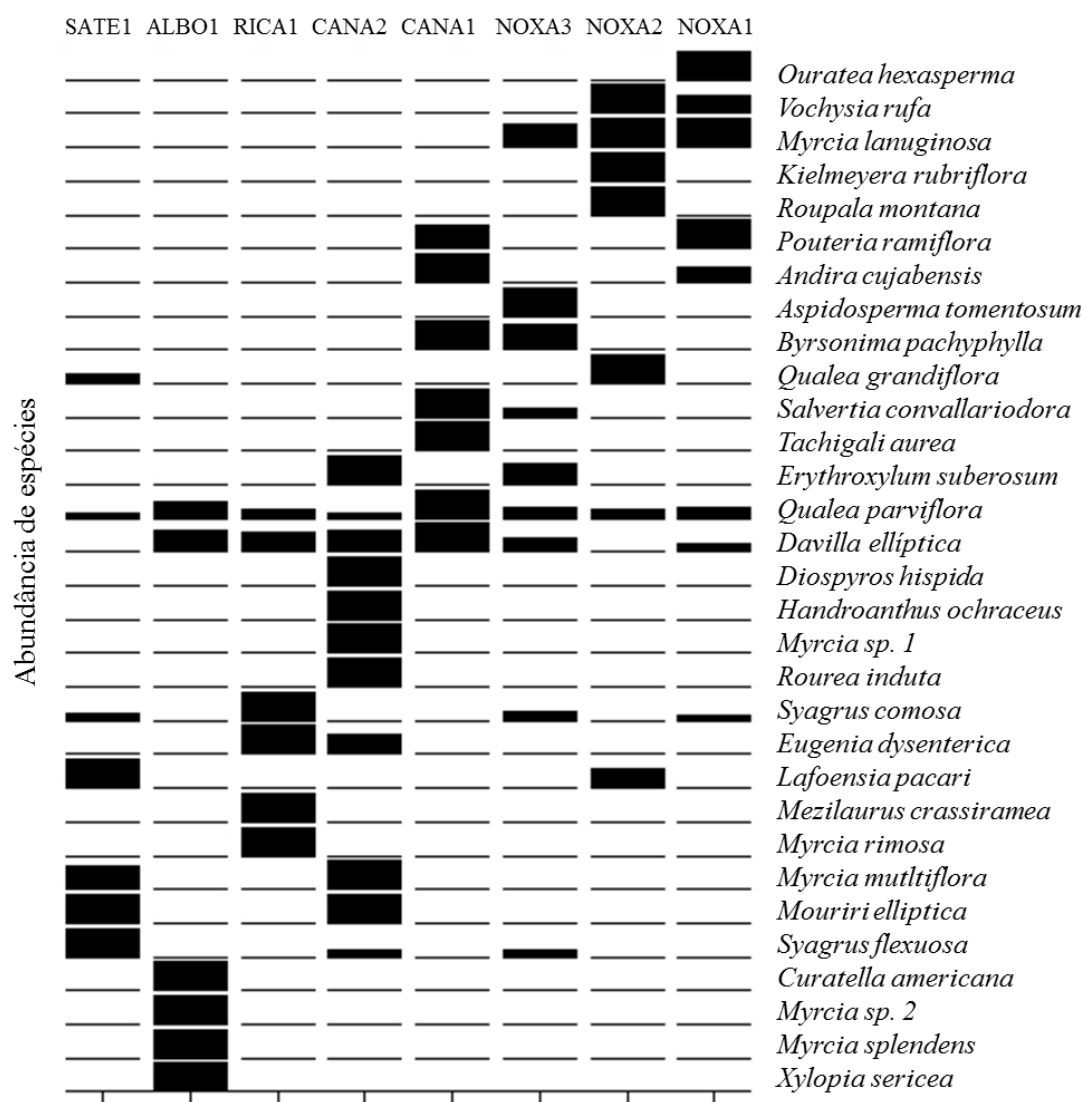
Amostramos 15.213 indivíduos, distribuídos em 168 espécies, 113 gêneros e 46 famílias (Tabela 1). De modo geral, as espécies apresentaram ocorrência restrita, uma vez que

51 espécies (30% do total) ocorreram em um único sítio e apenas 15 espécies (8% do total) ocorreram em todos os sítios. Também as espécies mais abundantes em cada sítio (cujas abundâncias somadas representam 50% da abundância do sítio), somaram 31 espécies para os 8 sítios, evidenciando que as espécies localmente dominantes divergem entre os sítios amostrados (Figura 2). Observamos uma mudança mais evidente entre os três sítios mais ao norte (SATE1, ALBO1, RICA1) em relação aos sítios mais ao sul do gradiente latitudinal (CANA1, CANA2 NOXA1, NOXA2, NOXA3) (Figura 2). Uma evidência dessa substituição das espécies mais abundantes entre a porção norte e sul, é que 15 espécies (48% do total) foram mais abundantes apenas nos 5 sítios ao sul, e não naqueles três sítios ao norte. Essas espécies localmente dominantes contribuem para a particularidade florística de cada sítio e conseqüentemente para as diversidades beta e gama, embora pouco tenham contribuído para a diversidade alfa, uma vez que o número de espécies que compõe os 50% da abundância em cada sítio, variou de 5 espécies em RICA1 e ALBO1 (6% e 5% do total) a 11 (13% do total) em CANA2. Ainda, apenas *Qualea parviflora* foi abundante nos oito sítios, seguida de *Davilla elíptica* em sete sítios, enquanto as demais 29 espécies foram mais abundantes em no máximo três, dos oito sítios.

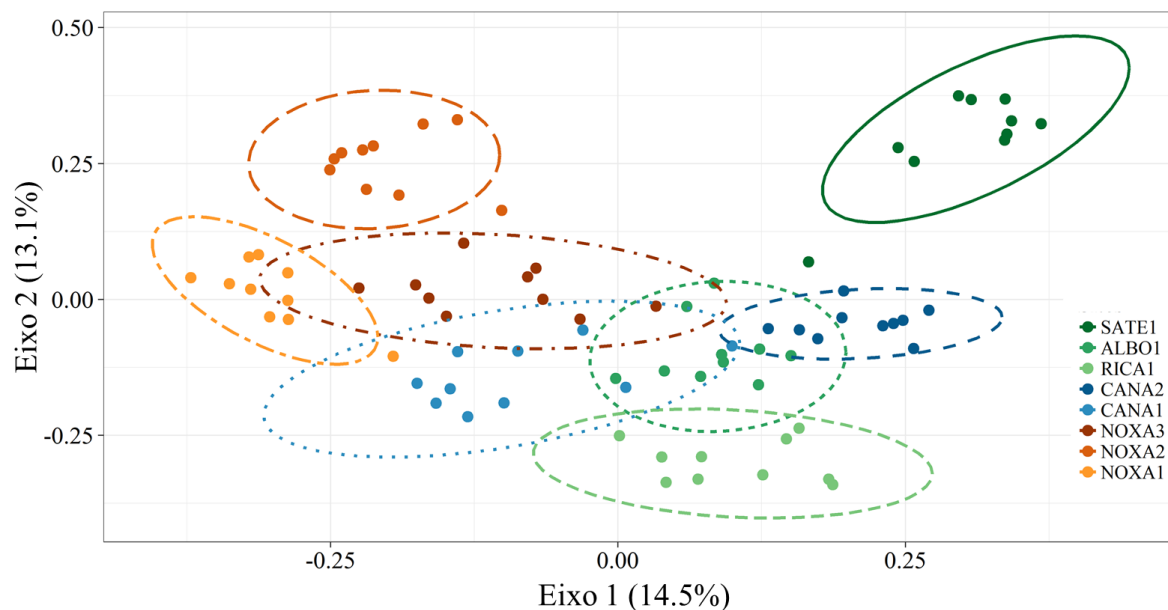
A variação na composição de espécies ao longo do gradiente latitudinal, também foi evidenciada pelos dois primeiros eixos na Análise de Componentes Principais – PCoA (27,6% da variação explicada pelos dois primeiros eixos) (Figura 3) e confirmada pela ANOSIM que indicou diferenças significativas entre os sítios ( $R = 0.932$ ,  $p = 0.001$ ). O primeiro eixo da PCoA separou os sítios localizados mais ao norte daqueles localizados mais ao sul da transição. Considerando os dois primeiros eixos em conjunto, o sítio SATE1, que está localizado no extremo norte do gradiente (ver figura 1 para localização dos sítios) foi aquele que apresentou a maior dissimilaridade florística, concordando com o resultado mostrado também pela LCBD (descrita mais adiante).

1 **Tabela 1.** Caracterização dos oito sítios de Cerrado cuja comunidade lenhosa foi amostrada nos municípios de Santa Teresinha (SATE1), Alto da  
 2 Boa Vista (ALBO1), Ribeirão Cascalheira (RICA1), Canarana (CANA1 e CANA2), Nova Xavantina (NOXA1, NOXA2, NOXA3). Altitude (Alt),  
 3 Temperatura (Temp), Precipitação (Prec), Número de indivíduos amostrados (N), Riqueza absoluta de espécies (R) e Número Efetivo da  
 4 Diversidade de Shannon (DES), e Contribuição Local para a Diversidade Beta (LCBD) na Zona de Transição Cerrado-Amazônia, no estado de  
 5 Mato Grosso, Brasil. Os sítios estão ordenados de acordo com sua localização no gradiente norte-sul (ver Figura 1).

<b>Município</b>	<b>Código</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Alt</b>	<b>Temp</b>	<b>Prec</b>	<b>N</b>	<b>R</b>	<b>DES</b>	<b>LCBD</b>	<b>Referências</b>
Santa Teresinha	SATE1	50°35'36.65"	10°25'58.91"	208	29,6	1838	1749	87	32,19	0,170	Este estudo
Alto da Boa Vista	ALBO1	51°21'24.28"	11°36'30.78"	264	30,9	1777	1974	85	28,68	0,145	Este estudo
Ribeirão Cascalheira	RICA1	51°45'55.9"	12°50'02.5"	382	30,1	1708	2084	78	29,57	0,149	Este estudo
Canarana	CANA2	51°56'49.80"	13°23'24.90"	434	30,0	1706	2327	85	28,50	0,114	Este estudo
Canarana	CANA1	51°58'07.98"	13°38'53.38"	438	31,0	1701	2601	83	29,92	0,086	Este estudo
Nova Xavantina	NOXA3	52°21'01.69"	14°42'31.63"	330	31,1	1545	1585	87	37,71	0,078	Gomes <i>et al.</i> (2011)
Nova Xavantina	NOXA2	52°34'52.38"	14°44'09.35"	285	30,2	1545	1543	81	31,45	0,139	Abadia <i>et al.</i> (2018)
Nova Xavantina	NOXA1	52°34'19.59"	14°48'52.30"	440	30,7	1545	1350	67	30,88	0,111	Abadia <i>et al.</i> (2018)

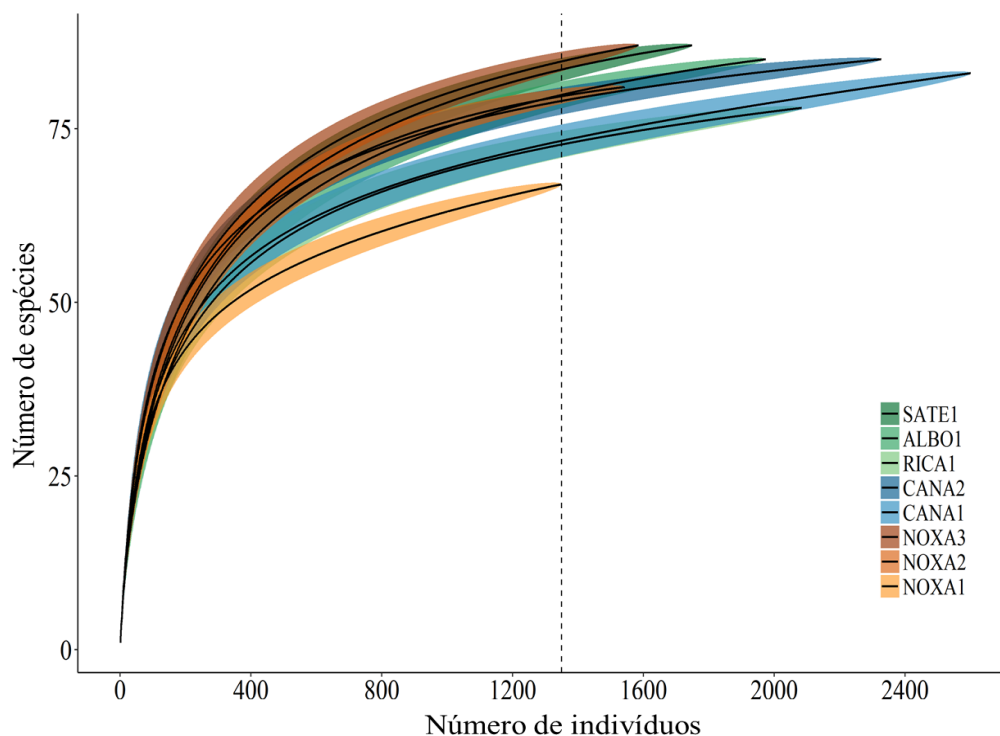


**Figura 2.** Mudança na abundância ponderada de espécies localmente abundantes (cuja densidades constituem pelo menos 50% da densidade total de cada sítio), em oito sítios de Cerrado Típico amostrados na transição Amazônia-Cerrado, estado de Mato Grosso, Brasil. Os sítios estão ordenados da esquerda para a direita de acordo com sua localização no gradiente norte-sul (ver Figura 1 para localização e códigos dos sítios ordenados de norte para o sul).



**Figura 3.** Análise de Coordenadas Principais (PCoA) para composição de espécies entre oito sítios de Cerrado Típico amostrados na transição Amazônia-Cerrado, estado de Mato Grosso, Brasil. Cada ponto representa uma das 10 parcelas de 20 x 50m, em cada sítio. Os Sítios estão ordenados na legenda de acordo com sua localização no gradiente norte-sul (ver Figura 1 para localização e códigos dos sítios).

*Riqueza de espécies.* Considerando os oito sítios em conjunto, estimamos que 99,9% da riqueza regional de espécies foi amostrada, enquanto a suficiência amostral por sítio foi sempre acima de 99%, mesmo havendo grande variação na densidade de indivíduos entre os sítios - de 1350 indivíduos (NOXA1) a 2,601 (CANA1) - (Apêndice 1). A riqueza de espécies variou de 67 (NOXA1) a 87 (NOXA3 e SATE1), e a diversidade efetiva de Shannon variou de 28,50 (CANA2) a 37,71 (NOXA3) (Tabela 1). As curvas de rarefação mostraram sobreposição da riqueza entre a maioria dos sítios, exceto NOXA1 que apresentou o menor número de indivíduos e de espécies (Figura 4). No entanto, não notamos qualquer tendência de aumento ou diminuição na riqueza estimada de espécies desde os sítios mais ao sul (e.g. sítios de NOXA) até aqueles mais ao norte (e.g. SATE e ALBO).

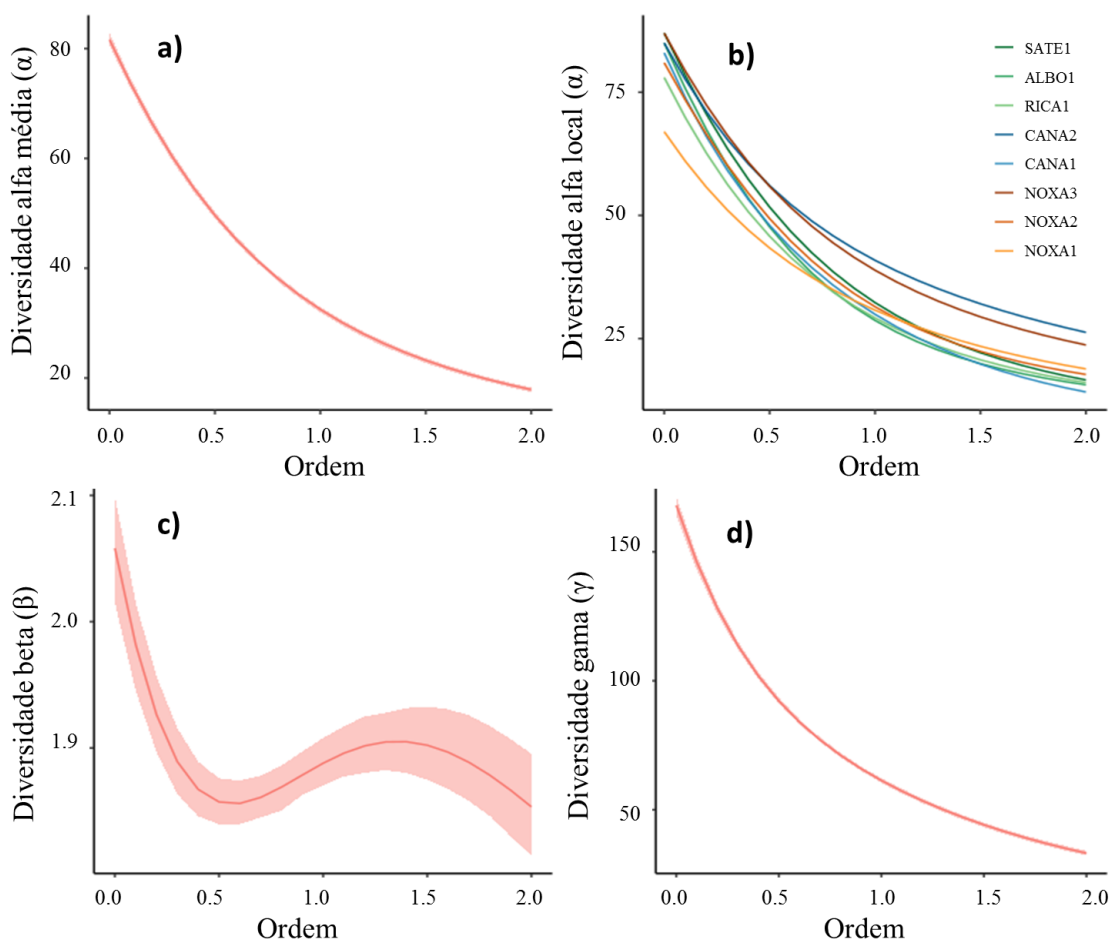


**Figura 4.** Curvas de rarefação para estimativa de riqueza de espécies (estimador Chao 1) em oito sítios de Cerrado Típico amostrados Zona de Transição Cerrado-Amazônia, estado de Mato Grosso, Brasil. Os Sítios estão ordenados na legenda de acordo com sua localização no gradiente norte-sul (ver Figura 1 para localização e códigos dos sítios). A linha tracejada representa o ajuste do esforço amostral em relação ao sítio com menor abundância de indivíduos (NOXA3=1,350 indivíduos).

*Diversidade Alfa.* O perfil de diversidade para os oito sítios, ou diversidade alfa total (Figura 5a) indicou uma riqueza média de 80 espécies por sítio. No entanto, há dominância de poucas espécies, evidenciada pela acentuada inclinação da curva de estimativa, à medida que são considerados os índices que dão mais pesos às espécies mais abundantes, ou seja, aqueles índices com maiores valores de ordem no eixo  $x$  da Figura 5a. Quando analisamos a diversidade alfa de cada sítio individualmente (Figura 5b), mostramos padrões de diversidade e equabilidade semelhantes em cinco dos oito sítios, exceto CANA2 e NOXA3 que apresentaram maior diversidade que os demais sítios, e NOXA1 que apresentou menor riqueza e maior equabilidade. Semelhante aos resultados da riqueza estimada (Figura 4), não notamos nenhuma tendência em aumento na diversidade estimada ao longo do gradiente sul-norte (Figura 5b). Por exemplo, dois dos três sítios da porção sul do gradiente apresentaram tanto as maiores (NOXA3) quanto as menores diversidades registradas, independente do índice de diversidade empregado (Figura 5b).

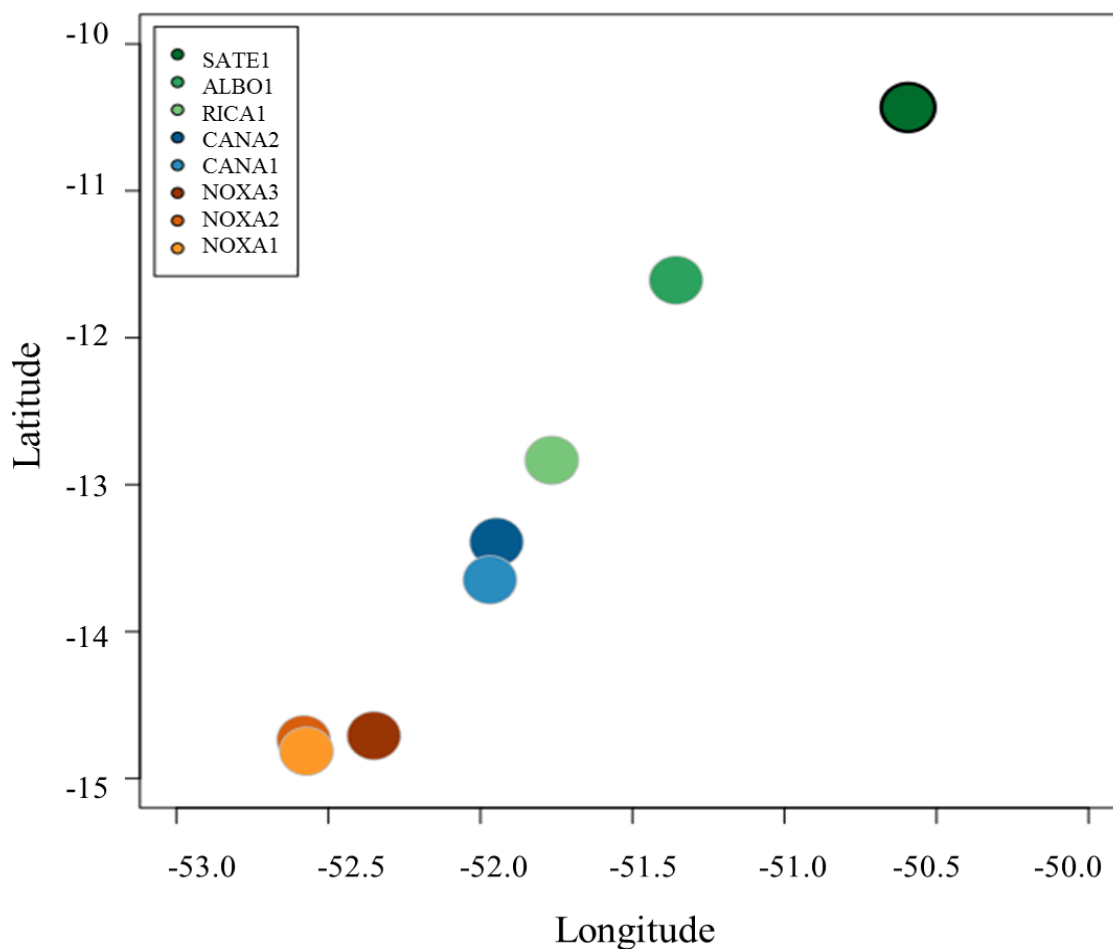
*Diversidade Beta.* A substituição de espécies entre os sítios foi mais evidente entre espécies localmente raras do que entre as espécies localmente abundantes (Figura 5c). Isso porque os índices de diversidade que dão maior peso às espécies raras (aqueles com menores valores de ordem no eixo  $x$  da Figura 5c) apresentaram valores muito mais elevados do que aqueles apresentados pelos índices que dão maior peso as espécies mais abundantes (aqueles com maiores valores de ordem no eixo  $x$  da figura 5c). Em outras palavras, houve uma redução abrupta inicial da diversidade beta estimada (ordem 0 a ordem 0,5) e essa diversidade se manteve baixa e próxima da diversidade mínima de 1 (ver Jost 2016).

*Diversidade gama.* Como consequência da mais alta diversidade beta promovida pela substituição das espécies raras, a diversidade gama da região estudada foi determinada principalmente pelas espécies localmente raras do que pelas espécies com altas abundâncias locais (Figura 5d). Por exemplo, a diversidade gama total da região sem considerar as abundâncias das espécies - ordem 0 na figura 5d - ou simplesmente a riqueza absoluta de espécies ( $n=168$ ), se reduziu para as espécies estimadas ao se empregar o índice de Shanonn - ordem 1 – que dá pesos iguais às espécies raras e abundantes (ver Jost 2016).



**Figura 5.** Perfis de diversidade para comunidades lenhosas de Cerrado Típico amostrados na Zona de Transição Amazônia-Cerrado, estado de Mato Grosso, Brasil. Onde: (a) alfa total; (b) diversidade alfa das comunidades; (c) diversidade beta e (d) diversidade gama. Em (b) os sítios estão ordenados na legenda de acordo com sua localização no gradiente norte-sul (ver Figura 1 para localização e códigos dos sítios).

A Diversidade Beta Total ( $BD_{Total}$ ) foi de 2,692 e  $SD = 0.384$  e a contribuição relativa de cada um dos 8 sítios (LCDB) para a  $BD_{Total}$  foi variável: SATE1 (0,174), ALBO1 (0,145), RICA1 (0,149), CANA2 (0,114), CANA1 (0,086), NOXA3 (0,078), NOXA2 (0,139), NOXA1 (0,111). De modo geral, valores de contribuição do LCDB de cada sítio para a diversidade beta tenderam a ser maiores nos três sítios mais ao norte - SATE1, ALBO1 e RICA1, mas apenas SATE1, apresentou contribuição significativa ( $p > 0.001$ ) para  $BD_{Total}$  (Figura 6, ver também Figura 1 para a localização dos sítios).

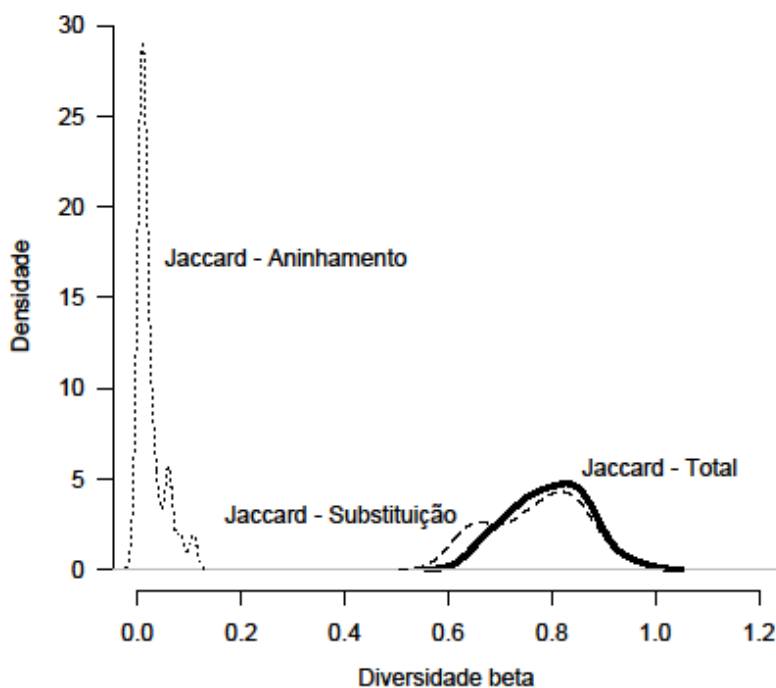


**Figura 6.** Contribuição local para a diversidade beta (LCBD) em oito sítios de Cerrado Típico amostrados Zona de Transição Cerrado-Amazônia, estado de Mato Grosso, Brasil. O



tamanho dos círculos são proporcionais ao valor total de LCBD para cada análise, e em destaque, está o valor significativo (circulado de preto). Os sítios estão ordenados na legenda de acordo com sua localização no gradiente norte-sul (ver Figura 1 para os códigos dos sítios).

A dissimilaridade de Jaccard entre os sítios, ou diversidade beta global foi elevada (0.895) e maior parte dessa dissimilaridade ocorreu por substituição de espécies - ou seja, por diferença composicional entre os sítios - (0.883; 98,7% do total) do que por aninhamento – ou seja, por perda de espécies entre sítios (0,012; 1,3% do total). Assim, a notável particularidade florística de cada sítio ocorre em quase sua totalidade pela substituição de espécies e pela perda ou ganho de espécies entre os sítios (Figura 7).



**Figura 7.** Partição da dissimilaridade total de Jaccard (ou diversidade beta global), em diversidade beta de substituição e diversidade beta de aninhamento entre oito sítios de Cerrado Típico amostrados na Zona de Transição Amazônia-Cerrado, estado de Mato Grosso, Brasil.

#### 4. DISCUSSÃO

Nós mostramos aqui que a substituição de espécies ocorre principalmente ao longo do gradiente latitudinal e tanto as espécies raras quanto as espécies dominantes localmente contribuem para as particularidades florísticas de cada sítio ao longo do gradiente, e, conseqüentemente para a diversidade regional. Mostramos também que as comunidades lenhosas das formações savânicas de Cerrado Típico na Zona de Transição Cerrado-Amazônia (ZTCA) possuem elevada substituição de espécies entre os sítios amostrados (diversidade beta), bem como alta diversidade local de espécies (diversidade alfa). A combinação dessas duas medidas de diversidade promoveu alta diversidade regional de espécies (diversidade gama) mostrando que a região abriga grande diversidade de plantas lenhosas, seja pela alta riqueza local (diversidade alfa) ou pelo elevado grau de substituição de espécies entre as comunidades (diversidade beta). Isso foi mostrado pelos perfis de diversidade alfa, beta e gama, que sugerem que a diversidade nas distintas escalas aqui analisadas é fortemente influenciada pelas abundâncias relativas das espécies. Em outras palavras, as espécies localmente raras (aquelas com baixas abundâncias em cada sítio) contribuem efetivamente, tanto para aumentos na riqueza dentro dos sítios, quanto pela particularidade florística entre os sítios e, conseqüentemente para a elevada diversidade regional.

As 31 espécies localmente dominantes (aquelas que juntas representam a metade ou mais dos indivíduos de toda a comunidade), são substituídas gradativamente ao longo do gradiente, mas essa substituição foi mais evidente entre sítios ao norte (mais próximos da Amazônia) e aqueles ao sul (mais próximos do Cerrado), como mostramos no gráfico genérico. Isso indica que o gradiente latitudinal observado está relacionado a proximidade e maior contato com a Amazônia ou o Cerrado, e que isso tem forte efeito sobre a estruturação local das comunidades em função das espécies dominantes, corroborando assim nossa primeira hipótese. No entanto, a diversidade gama diminui quando empregamos índices de diversidade que dão mais peso às abundâncias relativas das espécies, sugerindo que as espécies menos abundantes, ou raras localmente, contribuem efetivamente para a diversidade regional. Sendo assim, a alta diversidade beta é resultante tanto da substituição das espécies dominantes em cada comunidade, quanto das espécies raras. Isso porque cerca de um terço das espécies registradas, sejam elas abundantes ou raras, ocorreram em apenas um dos oito sítios amostrados. Essa substituição das espécies mais abundantes nos sítios mais ao norte, em relação aos sítios mais ao sul da ZTCA, se deve ao tipo e a intensidade dos fatores ambientais que atuam sobre as comunidades, que não estão distribuídos homogeneamente no espaço e no tempo (Gurevitch et al. 2009; Tokeshi, 1990), como os

fatores climáticos e edáficos. Sendo assim, essa variação e predomínio da abundância de determinadas espécies, criando grupos diferentes de espécies abundantes e raras em cada sítio, pode indicar que diferentes processos estruturam a comunidade.

A PCoA juntamente com a ANOSIM confirmou a particularidade florística dos sítios amostrados e a relação entre essa particularidade e a sua localização no gradiente latitudinal. De forma geral, esse padrão de baixa similaridade florística entre sítios, tem sido registrado para todo o Bioma Cerrado (Bridgewater et al. 2004; Ratter et al. 1997), onde cerca de 65% de espécies lenhosas são raras (Ratter et al. 2003). Outros estudos realizados no Cerrado também mostraram que as espécies localmente mais abundantes são diferentes entre as localidades (Balduino et al. 2005; Felfili & Silva-Júnior, 1993), mesmo entre áreas relativamente próximas umas das outras (Fonseca & Silva-Júnior, 2004). As razões dessa distinção florística em distâncias curtas são difíceis de determinar (Felfili & Silva-Júnior, 1993), pois são vários os fatores que podem influenciar na diversidade e composição da vegetação, como o estresse hídrico, fertilidade do solo e topografia (Fonseca & Silva-Júnior, 2004; Ratter et al. 2003), toxicidade de alumínio (Oliveira & Batalha 2005), intervenção antrópica e frequência de queimadas (Pinheiro & Monteiro, 2006). Nossos resultados não permitem avaliar o efeito direto do ambiente sobre a composição de espécies nos sítios, mas evidenciam a associação da latitude e a proximidade com a Amazônia, com a ocorrência das espécies nas comunidades lenhosas savânicas da ZTCA.

Os valores de riqueza local encontrados em nosso estudo, que variaram de 67 a 87 espécies, estão entre os mais altos já registrados para o mesmo tipo de fisionomia (Cerrado Típico) quando comparado aos sítios de outras regiões do Bioma Cerrado, como por exemplo, 68 espécies em Silvânia-GO, 81 em Vila Propício-GO, 81 em Chapada dos Veadeiros, 88 em Alto Paraíso – GO, 78 e 73 em Paraopeba-MG (Balduino et al. 2005). A alta riqueza e diversidade local registrada neste estudo é também corroborada por outros estudos pontuais nessa ZTCA (Felfili et al. 2002; Gomes et al. 2011; Maracahipes et al. 2011; Marimon-Júnior & Haridasan, 2005). Essa alta diversidade florística na ZTCA pode ser explicada por diversos fatores, dentre eles a adaptação das espécies aos habitats únicos da transição (Kunz et al. 2009). Isso porque, o gradiente latitudinal de substituição das espécies aqui registrado, em que muitas espécies possuem distribuição restrita a poucos sítios amostrais, pode resultar das respostas adaptativas aos processos paleoclimáticos que caracterizaram a ZTCA (Pärtel et al. 2005). Ainda, a diversidade de espécies de plantas costuma ser maior em áreas com temperaturas e precipitações mais altas (Clinebell et al. 1995; Hawkins et al. 2003; Kreft e Jetz, 2007), e nessa ZTCA, há condições de maiores

níveis de precipitação e temperatura em relação a outras regiões centrais do bioma Cerrado (Silva et al. 2008).

Recentemente, Morandi et al. (2018) sugeriram que a riqueza local de espécies de formações savânicas na ZTCA é semelhante àquela da porção central do Bioma Cerrado. No entanto, esses autores amostraram árvores (diâmetro do tronco  $\geq 10$  cm), enquanto nós amostramos arbustos e árvores (diâmetro do tronco  $\geq 5$  cm). É sabido que a vegetação lenhosa do Cerrado é tipicamente arbustivo-arbórea (Ribeiro & Walter 2008), particularmente na ZTCA, na qual as densidades de plantas são maiores (Roitman, 2018). Desse modo, nós acreditamos que ao amostrar a vegetação considerando menores diâmetros (DAS), como nos estudos de distintos autores (Bridgewater et al. 2004; Felfili & Silva Júnior, 1993; Françoso et al. 2015 e 2016; Ratter et al. 2003; Roitman et al. 2018), teremos um panorama mais preciso das variações da riqueza de plantas lenhosas entre regiões do Cerrado. Assim, considerando que as variações nos padrões de riqueza local entre regiões do Cerrado podem diferir de acordo com o estrato amostrado, consideramos essa uma questão digna de ser investigada em estudos futuros.

A alta diversidade beta aqui registrada é dada pela diferenciação da flora nas comunidades ao longo do gradiente latitudinal na ZTCA, o que pode ser resultado da proximidade com a floresta Amazônica, que compartilha as chamadas espécies acessórias, com o Bioma adjacente (Bridgewater et al. 2004; Méio et al. 2003). Essas espécies compartilhadas, ou mesmo aquelas que são características apenas da ZTCA e contribuem para a elevada diversidade local e regional, são adaptadas ao clima intermediário, e, provavelmente não ocorrem nas regiões centrais do Bioma por serem mais sensíveis ao clima mais frio e seco do cerrado, associado ao solo mais pobre em nutrientes (Adámoli et al. 1987; Méio et al. 2003). Uma evidência disso foi a maior distinção florística entre os sítios ao norte e aqueles do sul, bem como a maior peculiaridade florística da comunidade de SATE1 sítio mais ao norte e mais próximo da Floresta Amazônica.

*Implicações para a Conservação.* O Bioma Cerrado está sendo devastado pela expansão do Agronegócio, baixa conservação e proteção legal, caminhando para uma extinção de espécies de importância global (Strassburg et al. 2017). Se essa situação atual for mantida, a destruição do cerrado acarretará em alterações no regime de chuvas na região, impactando a produtividade da atividade agropecuária (Costa & Pires, 2010; Silvério et al. 2015; Spera et al. 2016). Atualmente, o cerrado da Zona de Transição Cerrado-Amazônia vem sendo o principal alvo do desmatamento, devido a suas amplas terras, ideais para pecuária e cultivo de grãos (Domingues & Bermann, 2012; Mazzetto, 2009), bem como a

baixa proteção legal (Barr et al. 2011). Por exemplo, a lei atual para criação de reservas indígenas estabelece 80% de Reserva Legal na Amazônia, e apenas 35% em savanas na Amazônia Legal, sendo no mínimo 20% na propriedade e 15% na forma de compensação ambiental em outra área da mesma microbacia, e apenas 20% em propriedades de outras áreas de Campo no Brasil (Brasil 2012). Além disso, a lei atual de Proteção a Vegetação Nativa (Lei Federal nº 12.651, ver Brancalion et al. 2016), prioriza a vegetação de florestas em detrimento as savanas para o estabelecimento de reservas legais.

Medidas urgentes devem ser tomadas para garantir a conservação dessas áreas remanescentes do Cerrado, e o estabelecimento de redes de reservas pode ser uma ferramenta importante para alcançar os objetivos de conservação da biodiversidade (Margules et al. 2002). Estudos recentes propõe sistemas eficazes e rápidos para escolha de áreas de conservação, sugerindo que as comunidades prioritárias devem ser compostas pela combinação de três fatores principais: espécies raras localmente e regionalmente, que estejam em habitats vulneráveis, e aquelas categorizadas como ameaçadas de extinção (Gauthier et al. 2010; Maciel et al. 2016). Nós sugerimos ainda que as espécies localmente abundantes devem também ser consideradas nas tomadas de decisão para a criação de novas unidades de conservação, uma vez que mostramos aqui, que as espécies dominantes variam amplamente entre sítios e contribuem decisivamente para a manutenção da diversidade beta e conseqüentemente para a diversidade regional.

Nesse contexto, as comunidades que amostramos nessa ZTCA se enquadram como preferenciais para conservação, uma vez que estão em regiões vulneráveis devido ao extensivo desmatamento, possuem alta riqueza local e regional (alfa e gama), bem como presença de muitas espécies raras que se substituem no espaço (alta diversidade alfa, beta e gama). Além dos resultados desse trabalho, outros autores destacam a ZTCA como prioritária para ações de conservação: Devido a maior proximidade e clima intermediário com a Amazônia, a ZTCA tem potencial para abrigar espécies do Bioma adjacente, bem como espécies com maior plasticidade fenotípica (Françoso et al. 2016). Nessa ZTCA as populações tendem a estar mais adaptadas a instabilidade e impactos ambientais, o que as torna mais persistentes frente às mudanças climáticas que já estão acontecendo (Kark & van Rensburg, 2006; Killeen & Solórzano, 2008; Strassburg et al. 2017). Além disso, muitas espécies arbóreas ocorrem restritamente na ZTCA, que apresenta habitats únicos com uma combinação de espécies com alta relevância regional, alta economia local e alta vulnerabilidade de habitat (Maciel et al. 2016). E ainda, as áreas de transição aqui estudadas estão na chamada Zona de Tensão Ecológica, formando um verdadeiro laboratório natural

para o estudo e compreensão de processos evolutivos, como especiação, deriva genética, adaptação, alterações nas populações diante das flutuações ambientais (Kark & van Rensburg, 2006), e, portanto, devem ser preservadas. Por fim, dois estudos recentes (Roitman et al. 2018 para arbustos e árvores, Morandi et al. 2018 para árvores) mostraram que as comunidades savânicas da ZTCA estocam mais biomassa aérea quando comparadas aquelas comunidades da região central do Cerrado. Isso torna as savanas da ZTCA ecossistemas armazenadores de carbono, e, por isso, importantes para o processo de mitigação do aquecimento atmosférico. Assim, nossos resultados aliados aos de outros estudos (Marimon et al. 2006; França et al. 2016; Maciel et al. 2016; Maciel & Eisenlohr, 2016, Morandi et al. 2018) ressaltam a importância dessa ZTCA para conservação da diversidade da flora do Bioma Cerrado.

Por todos motivos acima citados, nós sugerimos que a transição seja considerada prioritária para inserção de projetos de conservação, e ressaltamos ainda, que nos últimos anos as taxas de desmatamento no Cerrado são de 1% por ano, isto é, 2,5 vezes maiores do que na Amazônia (INPE & Funcate 2017), e se não forem tomadas medidas urgentes para controlar o desmatamento, as populações raras ou espécies em extinção nessa região podem ser reduzidas, ou extintas irreversivelmente. Por fim, as análises de partição de diversidade beta aqui conduzidas, sugerem que a alta dissimilaridade registrada entre sítios, se deve a notável substituição de espécies entre eles. Desse modo, a manutenção da excepcional diversidade regional dos Cerrados da ZTCA passa pela manutenção das comunidades nativas ao longo de todo o gradiente amostrado. MORANDI

## **5. CONCLUSÃO**

Entre todos os sítios avaliados na transição Cerrado-Amazônia, houve substituição de muitas espécies únicas e raras, porém, foram os sítios localizados mais ao norte que deram maior contribuição individual para a diversidade regional. As espécies mais abundantes localmente, também foram diferentes entre os sítios, mostrando características florísticas particulares em cada comunidade, associadas à localização dos sítios no gradiente latitudinal. Encontramos alta diversidade da flora lenhosa em todas escalas espaciais que avaliamos, e esta precisa ser preservada urgentemente, pois está ameaçada pelo extensivo desmatamento nas últimas décadas, e pela escassez de Unidades de Conservação na ZTCA.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIA, A. C., LENZA, E., MEWS, H. A., MARACAHIPES-SANTOS, L., WINCK, N., PESSOA, M. J. G. (2018) **Savannas on two different substrates in Brazil have a similar species diversity, but distinct edaphic conditions and species composition**. Brazilian Journal of Botany.

ADÁMOLI, J., MACÊDO, J., AZEVEDO, L.G. & NETTO, J. M. (1987). Caracterização da região dos cerrados *In Solos dos cerrados*. Tecnologias e estratégias de manejo (W.J. Goedert, ed.). Embrapa/ CPAC, Planaltina, p.33-74.

ANDERSON, M. J; CRIST, T.O; CHASE, J.M; VELLEND, M; INOUE, B.D; FREESTONE, A.L. (2011). **Navigating the multiple meanings of b diversity**: a roadmap for the practicing ecologist. Ecol. Lett., 14, 19–28.

ASKEW, G. P; MOFFATT, D. J; MONTGOMERY, R. F & SEARL, P. L. (1970a). **Soil Landscapes in North Eastern Mato Grosso**. Source: The Geographical Journal. 136(2): 211-227.

ASKEW, G. P; MOFFATT, D. J; MONTGOMERY, R. F & SEARL, P. L. (1970b). **Interrelationships of soils and vegetation in the savanna-forest boundary zone of North-Eastern Mato Grosso**. The Geographical Journal, 136(3), 370-376.

ASNER, G. P; KNAPP, D. E; BROADBENT, E. N; OLIVEIRA, P. J; KELLER, M., & SILVA, J. N. (2005). **Selective logging in the Brazilian Amazon**. Science, 310(5747), 480-482.

BALDUÍNO, A. P. C; SOUZA, A. L; NETO, J. A. A. M; SILVA, A. F, JUNIOR, C. S. (2005). **Fitossociologia e análise comparativa da composição florística do cerrado da flora de Paraopeba-MG**. R. Árvore, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.25-34.

BARR, L.M; PRESSEY, R.L; FULLER, R.A. (2011). **A new way to measure the world's protected area coverage**. PLoS ONE 6, e 24707.

BRANCALION, P; GARCIA, L.C; LOYOLA, R. (2016). **A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil** (2012): updates and ongoing initiatives. *J. Nat. Conserv.* 14,1–15.

BRASIL, 2012. **Medida Provisória nº2.166-67**, of August 24, 2001. Lei nº12.651, of May 25, 2012, Available in: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/112651.htm) (accessed06.19.15).

BRASIL. **Ministério das Minas e Energia**. Secretária-Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro.

BRIDGEWATER, S.; RATEER, J.A., RIBEIRO, J. F. (2004). Biogeographic patterns,  $\beta$ -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. *Biodiversity & Conservation* 13:2295-2317.

CHAO, A; GOTELLI, N. J; HSIEH, T; SANDER, E. L. M. K; COLWELL, R. K., ELLISON, A. M. (2014). **Rarefaction and extrapolation with Hill numbers**: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*. 84(1):45–67.

CHAO, A; JOST. L. (2012) **Coverage-based rarefaction and extrapolation**: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2012, pp. 2533–2547.

CHAO, A; SHEN, T. (2003). **Nonparametric Estimation of Shannon's Index of Diversity When There Are Unseen Species in Sample**. *Environmental and Ecological Statistics*, 10(4), 429–443.

CLARKE K. R. (1993) **Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure**. *Aust J Ecol* 18:117-143.

CLINEBELL, R. R; PHILLIPS, O. L; GENTRY, A. H; STARK, N; ZUURING, H. (1995) **Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data**. *Biodivers Conserv* 4:56–90.



COSTA, M. PIRES, G. (2010). **Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation**. *International Journal on Climatology*, v. 30, pp. 1970–1979.

CRIST, T. O. J. A.; VEECH, J. C.; GERING & K. S. SUMMERVILLE (2003). **Partitioning species diversity across landscapes and regions: a hierarchical analysis of a, b, and c diversity**. *The American Naturalist* 162: 734–743.

DOMINGUES, M. S. & BERMANN, C. (2012). **O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja**. *Ambiente Sociedade*. 15:1-22.

MARCON, E; HERAULT, B. (2015). **entropart: An R Package to Measure and Partition Diversity**. *Journal of Statistical Software*, 67(8), 1-26. doi:10.18637/jss.v067.i08

FELFILI, J. M; NOGUEIRA, P. E; SILVA JÚNIOR, M. C; MARIMON, B. S; DELITTI, W. B. C. (2002). **Composição e fitossociologia do Cerrado Sentido Restrito no Município de Água Boa – MT**. *Acta bot. bras.* 16(1): 103-112.

FELFILI, J. M; SILVA JUNIOR, M. C. A comparative study of Cerrado (*Sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. (1993). **Journal of Tropical Ecology**, v.9, n.3, p.277-289.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A. & HAIDAR, R.F. (2005). **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília.

FELFILI, M. C. & FELFILI, J.M. (2001) Diversidade **alfa e beta no cerrado Sensu Stricto da Chapada da Pratinha, Brasil**. *Acta bot. bras.* 15(2): 243-254.

FITZPATRICK, M. C; SANDERS, N. J; NORMAND, S; SVENNING, J. C; FERRIER, S., GOVE, A. D & DUNN, R. R. (2016). **Environmental and historical imprints on beta diversity: insights from variation in rates of species turnover along gradients**. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 280(1768), 20131201.

**Flora do Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 10 Dez. 2017

FONSECA, M. S.; SILVA-JÚNIOR, M. C (2004). Fitossociologia e similaridade florística entre trechos de Cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília, DF. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n.1, p.19-29, 2004.

FRANÇOSO R. D. BRANDÃO R., NOGUEIRA C.C., SALMONA YB, MACHADO RB, COLLI GR. (2015). **Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot.** *Nat Conservação* 13:35–40.

FRANÇOSO, R. D; HAIDAR, R. F; MACHADO, R. B. (2016) **Tree species of South America central savanna: endemism, marginal areas and the relationship with other biomes.** *Acta Botanica Brasilica* - 30(1): 78-86. January-March.

GAUTHIER, P; DEBUSSCHE, M., THOMPSON, J.D. (2010). **Regional priority setting for rare species based on a method combining three criteria.** *Biol. Conserv.* 143, 1501–1509.

GENTRY, A. H. (1988). **Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients.** *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1-34.

GOMES, L; LENZA, E; MARACAHIPES, L; MARIMON, B. S; OLIVEIRA, E. A. (2011) **Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de cerrado típico e cerrado rupestre, Mato Grosso, Brasil.** *Acta Botânica Brasilica* 25(4): 865-875.

GOTELLI, N. J; COLWELL, R. K. **Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness.** (2001). *Ecology Letters*, 4: 379±391.

GRASSBERGER, P. (1988). **Finite Sample Corrections to Entropy and Dimension Estimates.** *Physics Letters A*, 128(6–7), 369–373.

GUREVITCH, J. SCHEINER, S. M. FOX, G. A. **Ecologia Vegetal** - 2.ed. 1 de janeiro de 2009. Artmed Editora. Pg.358-359

HAWKINS B.A., FIELD R., CORNELL H.V., CURRIE D.J., GUÉGAN J.F., KAUFMAN D.M., PORTER E.E., (2003) **Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness**. *Ecology* 84:3105–3117.

HILL, M. (1973). **Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences**. *Ecology*, **54**(2), 427–432.

HUNKE, P., ROLLER, R., ZEILHOFER, P., SCHRODER, B., MUELLER, E. N. Soil changes under different land-uses in the Cerrado of Mato Grosso, Brazil. (2015). **Geoderma Regional**, v. 4, p. 31- 43.

INPE & Funcate, 2017. Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para o período de agosto de 2013 a julho de 2015. Disponível em: <http://combateaodesmatamento.mma.gov.br/analises-no-cerrado>.

JOST, L. (2006). Entropy and Diversity. *Oikos*, 113(2), 363–375.

KLINK, C. A; MACHADO, R. B. (2005) **Conservation of the brazilian Cerrado**. *Conserv Biol* 19:707–713.

KREFT, H; JETZ, W. (2007) **Global patterns and determinants of vascular plant diversity**. *Proc Natl Acad*.

KUNZ, S., IVANAUSKAS, S.V., MARTINS, S.V. (2009). **Similaridade florística entre florestas do Alto Rio Xingu, da Bacia Amazônica e do Planalto Central**. *Braz. J. Bot.* 32, 725–736.

LANDE, R. (1996). **Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities**. *Oikos* 76:5–13.

LEGENDRE, P. LEGENDRE, L. (2012) **Numerical ecology**. 3rd English edition. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science BV.

LEGENDRE, P.; CACERES, M. **Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning**. Ecology Letters, (2013) 16: 951–963

MACIEL, E.A; EISENLOHR, P. V. **On the collective analysis of species: how can Red Lists and lists of regional priorities be combined to assist in decision-making? A reply to Loehmus (2015)**. Biodivers Conserv. 2016;

MANLY, B. 2008. **Métodos Estatísticos Multivariados: Uma Introdução**. 3 Ed. Artmed, Porto Alegre.

MACIEL, E.A; OLIVEIRA-FILHO, A. T; EISENLOHR, P. V (2016). **Prioritizing rare tree species of the Cerrado-Amazon ecotone: warnings and insights emerging from a comprehensive transitional zone of South America**. Natureza & Conservação 14 (2016) 74–82

MAGURRAN, A. E. (1988). **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University Press, 179 p.

MARACAHIPES, L; LENZA, E; MARIMON, B.S; OLIVEIRA, E.A; PINTO, J.R.R. & MARIMON-JUNIOR, B.H. (2011). Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em cerrado rupestre na transição Cerrado-Floresta Amazônica, MT, Brasil. **Biota Neotropica**11:133-141.

MARGULES, C.R; PRESSEY, R. L; WILLIAMS, P. H. (2002). **Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation**. J. Biosci. 27 (4 Suppl. 2), 309–326.

MARIMON JUNIOR, B. H & HARIDASAN, M. (2005). **Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *stricto sensu* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil**. Acta Bot. Bras. 19(4):913-926.

MARIMON, B. S; LIMA E. D. S; DUARTE T. G, CHIEREGATTO LC, RATTER, J. A (2006) **Observations on the vegetation of Northeastern Mato Grosso, Brazil. IV. an analysis of the Cerrado-Amazonian forest ecotone.** Edinb J Bot 63:323-341.

MARIMON, B. S; MARIMON-JUNIOR, B. H; FELDPAUSCH, T. R. (2014) **Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-savanna transition zone in southern Amazonia.** Plant Ecol Divers 7:281–292.

MARIMON, B. S; MARIMON-JUNIOR, B. H; MEWS, H. A; JANCOSKI, H. S., FRAN CZAK, D. D; LIMA, H. S., & MORESCO, M. C. (2012). **Floristics of floodplain 'murundus' of the Pantanal of Araguaia, Mato Grosso, Brazil.** Acta Botanica Brasilica, 26, 181-196.

MAZZETTO, C. (2009). **Territorial Organization in the Brazilian Savannah:** from the monoculture frontier to sociobiodiversity-based models. Desenvolv. Meio Ambiente 19, 89–109.

MÉIO, B. B; FREITAS C. V; JATOBÁ, L; SILVA, M. E. F; RIBEIRO, J. F HENRIQUES R. P. B. (2003). **Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado *sensu stricto*.** Revista Brasileira de Botânica 26: 437-444.

MORANDI, P. S; MARIMON, B. S; MARIMON-JUNIOR, B. H; RATTER, J. A; FELDPAUSCH, T. R; COLLI, G. R; MUNHOZ, C. B. R; JÚNIOR, M. C. S; LIMA, E. S; HAIDAR, R. F., ARROYO, L., MURAKAMI, A. A., AQUINO, F. G; WALTER, B. M. T., RIBEIRO, J. F; FRANÇO SO, R., ELIAS, F., OLIVEIRA, E. A., REIS, S. M., OLIVEIRA, B; NEVES, E. C; NOGUEIRA, D. S; LIMA, H. S., CARVALHO, T. P; RODRIGUES, S. A; VILLARROEL, D; FELFILI, J. M. PHILLIPS, O. L. (2018) **Tree diversity and above-ground biomass in the South America Cerrado biome and their conservation implications Biodiversity and Conservation.** Biodiversity and Conservation. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1589-8>.

NOGUEIRA, E. M; NELSON, B. W; FEARNSIDE, P. M; FRANÇA, M. B., & OLIVEIRA, C. A. (2008). **Tree height in Brazil's 'arc of deforestation'**: Shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. *Forest Ecology Management*. 255:2963-2972.

NOOJIPADY, P; MORTON, D. C; MACEDO, M. N; VICTORIA, D. C; HUANG, C., GIBBS, H. K; BOLFE, E. L. (2017) **Forest carbon emissions from cropland expansion in the Brazilian Cerrado biome** *Environ. Res. Lett.*

OKSANEN, A; BLANCHET, F.G; FRIENDLY, M; KINDT, R; LEGENDRE, P., MCGLINN, D; MINCHIN, P.R; O'HARA, R. B; SIMPSON, G.L; & WAGNER, H. 2016. **Community Ecology Package**. <https://cran.r-project.org>;  
<https://github.com/vegandevs/vegan>. Accessed 06 November 2017.

OLIVEIRA, F. F & BATALHA, M.A. (2005). **Lognormal abundance distribution of woody species in a Cerrado fragment (São Carlos, southeastern Brazil)**. *Rev. Bras. Bot.* 28(1):39-45.

PÄRTEL, M; KALAMEES, R; REIER, U. (2005). **Grouping and prioritization of vascular plant species for conservation**: combining natural rarity and management need. *Biol.Conserv.* 3, 271–278.

PINHEIRO, M. H.O. & MONTEIRO, R. (2006). **Contribution of forest species to the floristic composition of a forested savanna in Southeastern Brazil**. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49: 763-774.

R Core Team (2018) **R**: A Language and Environment for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

RATTER J. A; BRIDGEWATER S, RIBEIRO J.F. (2003). **Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III**: Comparison of the Woody Vegetation of 376 Areas. *Edinburgh Journal of Botany* 60: 57-109.

RATTER J, A. (1992). **Transitions between cerrado and forest vegetation in Brazil**. In: Furley PA, Proctor J, Ratter JA, editors. Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. London (UK): Chapman & Hall. p. 417–429.

RATTER, J. A; RICHARDS, P. W; ARGENT, G; & GIFFORD, D. R. (1973). **Observations on the vegetation of the northeastern Mato Grosso**. I. The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo Expedition area. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 266:449-492.

RATTER, J. A; RIBEIRO, J. F; BRIDGEWATER, S. (1997). The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, v.80, p.223-230.

RATTIS, L; DOBROVOLSKI, R; TALEBI, M; LOYOLA R. (2017) Geographic range-scale assessment of species conservation status: A framework linking species and landscape features. *Perspectives in Ecology and Conservation*.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B.M.T. (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp. 151-212. In Sano, S.M.; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. (orgs). **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados, Brasília.

SILVA, F. A. M; ASSAD, E. D; EVANGELISTA, B. A. (2008). Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M., Almeida, S. P., Ribeiro, J. F. (eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Embrapa-CPAC, Planaltina, Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). EMBRAPA-CPAC, Planaltina, p.71-87.

SILVÉRIO, D. V; BRANDO, P. M; MACEDO, M. N; BECK, P. S. A; BUSTAMENTE, M. COE, M. T. (2015). **Agricultural expansion dominates climate changes in southeastern Amazonia: the overlooked non-GHG forcing**. *Environmental Research Letters*. IOP Publishing, v. 10, n. 10, p. 104-015.

SOCOLAR J. B; GILROY, J. J; KUNIN, W. E; EDWARDS, D. P. (2016). **How should beta-diversity inform biodiversity conservation**. *Trends Ecol. Evol.* **31**: 67-80

SOUSA-BAENA, M. S; GARCIA, L.C; PETERSON, A. T. (2014). **Completeness of digital accessible knowledge of the plants of Brazil and priorities for survey and inventory.** *Diversity and Distributions* 20: 369-381.

SPELLERBERG, I. F. (1992) **Evaluation and Assessment for conservation.** London: Chapman & Hall, 1992. 260p.

SPERA, S. A. (2016). **Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier.** *Global Change Biology*. v. 22, n.10, pp. 3405-13.

STRASSBURG, B. (2017). **Moment of truth for the Cerrado hotspot.** *Nature Ecology & Evolution*. Macmillan Publishers Ltd, v.1, article 0099.

TOKESHI, M. (1990). **Niche apportionment or random assortment: species abundance patterns revisited.** *Journal of Animal Ecology* 59: 1129-1146.

VELLEND, M. (2001). **Do commonly used indices of biodiversity measure species turnover?** *Journal of Vegetation*.

WHITTAKER, R. H. (1972). **Evolution and measurement of species diversity.** *Taxon* 21: 213-251.

WHITTAKER, R. J.; WILLIS, K. J.; FIELD, R. (2001). Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. **Journal of Biogeography**, Hoboken, v. 28, p. 453-470.



## 7. APÊNDICES

**Apêndice 1.** Densidade (indivíduos por hectare) e número de sítios de ocorrência das espécies lenhosas de comunidades savânicas amostradas na Zona de Transição Cerrado-Amazônia, no estado de Mato Grosso, Brasil. As espécies estão em ordem decrescente das suas densidades totais e do número de sítios nos quais ocorreram.

<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Densidade</b>	<b>Sítios</b>
<i>Qualea parviflora</i>	Vochysiaceae	1839	8
<i>Davilla elliptica</i>	Dilleniaceae	819	8
<i>Syagrus comosa</i>	Arecaceae	707	7
<i>Syagrus flexuosa</i>	Arecaceae	544	5
<i>Qualea grandiflora</i>	Vochysiaceae	495	8
<i>Lafoensia pacari</i>	Lythraceae	367	7
<i>Myrcia lanuginosa</i>	Myrtaceae	364	5
<i>Curatella americana</i>	Dilleniaceae	315	7
<i>Pouteria ramiflora</i>	Sapotaceae	309	8
<i>Mezilaurus crassiramea</i>	Lauraceae	294	6
<i>Myrcia sp.</i>	Myrtaceae	285	1
<i>Eugenia dysenterica</i>	Myrtaceae	274	7
<i>Salvertia convallariodora</i>	Vochysiaceae	274	8
<i>Byrsonima pachyphylla</i>	Malpighiaceae	264	7
<i>Roupala montana</i>	Proteaceae	260	8
<i>Diospyros hispida</i>	Ebenaceae	243	8
<i>Erythroxylum suberosum</i>	Erythroxylaceae	243	7
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	Malpighiaceae	237	7
<i>Mouriri elliptica</i>	Melastomataceae	233	7
<i>Tachigali aurea</i>	Fabaceae	221	7
<i>Xylopia sericea</i>	Annonaceae	220	2
<i>Eugenia aurata</i>	Myrtaceae	199	7
<i>Kielmeyera rubriflora</i>	Calophyllaceae	199	7
<i>Myrcia multiflora</i>	Myrtaceae	195	6
<i>Bowdichia virgilioides</i>	Fabaceae	186	8
<i>Rourea induta</i>	Connaraceae	181	8
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i>	Malpighiaceae	177	8
<i>Handroanthus ochraceus</i>	Bignoniaceae	164	8
<i>Ouratea hexasperma</i>	Ochnaceae	160	7
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	Apocynaceae	159	7
<i>Buchenavia tomentosa</i>	Combretaceae	158	8
<i>Myrcia splendens</i>	Myrtaceae	156	2
<i>Vochysia rufa</i>	Vochysiaceae	152	6
<i>Xylopia aromatica</i>	Annonaceae	152	6
<i>Tabebuia aurea</i>	Bignoniaceae	145	7
<i>Andira cujabensis</i>	Fabaceae	144	7

<i>Vatairea macrocarpa</i>	Fabaceae	142	7
<i>Qualea multiflora</i>	Vochysiaceae	137	7
<i>Eriotheca gracilipes</i>	Malvaceae	133	8
<i>Couepia grandiflora</i>	Chrysobalanaceae	122	7
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Fabaceae	117	6
<i>Connarus suberosus</i>	Connaraceae	116	7
<i>Annona crassiflora</i>	Annonaceae	115	6
<i>Terminalia argentea</i>	Combretaceae	112	5
<i>Salacia crassifolia</i>	Celastraceae	109	8
<i>Myrcia sp.</i>	Myrtaceae	106	6
<i>Emmotum nitens</i>	Metteniusaceae	96	7
<i>Myrcia rimosa</i>	Myrtaceae	93	1
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	Malpighiaceae	91	5
<i>Annona coriacea</i>	Annonaceae	90	7
<i>Kielmeyera coriacea</i>	Calophyllaceae	90	7
<i>Plenckia populnea</i>	Celastraceae	89	3
<i>Aspidosperma multiflorum</i>	Apocynaceae	85	5
<i>Eugenia gemmiflora</i>	Myrtaceae	74	6
<i>Licania humilis</i>	Chrysobalanaceae	74	7
<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae	69	4
<i>Hancornia speciosa</i>	Apocynaceae	68	7
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae	67	4
<i>Leptolobium dasycarpum</i>	Fabaceae	67	7
<i>Ouratea spectabilis</i>	Ochnaceae	61	3
<i>Astronium fraxinifolium</i>	Anacardiaceae	59	5
<i>Guapira graciliflora</i>	Nyctaginaceae	55	6
<i>Pseudobombax longiflorum</i>	Malvaceae	52	6
<i>Dimorphandra mollis</i>	Fabaceae	51	7
<i>Magonia pubescens</i>	Sapindaceae	51	6
<i>Plathymenia reticulata</i>	Fabaceae	51	7
<i>Strychnos pseudoquina</i>	Loganiaceae	51	8
<i>Eugenia puniceifolia</i>	Myrtaceae	50	5
<i>Campomanesia eugenioides</i>	Myrtaceae	46	1
<i>Erythroxylum engleri</i>	Erythroxylaceae	44	5
<i>Eschweilera nana</i>	Lecythidaceae	44	2
<i>Agonandra brasiliensis</i>	Opiliaceae	43	7
<i>Andira vermifuga</i>	Fabaceae	43	5
<i>Machaerium acutifolium</i>	Fabaceae	43	7
<i>Mimosa laticifera</i>	Fabaceae	38	2
<i>Guapira noxia</i>	Nyctaginaceae	36	6
<i>Simarouba versicolor</i>	Simaroubaceae	32	6
<i>Erythroxylum tortuosum</i>	Erythroxylaceae	31	4
<i>Stryphnodendron rotundifolium</i>	Fabaceae	30	7
<i>Tocoyena formosa</i>	Rubiaceae	30	5

<i>Brosimum gaudichaudii</i>	Moraceae	29	3
<i>Diplopterys pubipetala</i>	Malpighiaceae	28	6
<i>Himatanthus obovatus</i>	Apocynaceae	28	6
<i>Mouriri pusa</i>	Melastomataceae	27	2
<i>Antonia ovata</i>	Loganiaceae	26	3
<i>Miconia albicans</i>	Melastomataceae	25	3
<i>Dipteryx alata</i>	Fabaceae	23	2
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	Apocynaceae	22	6
<i>Kielmeyera lathrophyton</i>	Calophyllaceae	21	1
<i>Tachigali vulgaris</i>	Fabaceae	21	3
<i>Peltogyne confertiflora</i>	Fabaceae	19	4
<i>Hirtella glandulosa</i>	Chrysobalanaceae	18	2
<i>Pterodon pubescens</i>	Fabaceae	18	4
<i>Byrsonima basiloba</i>	Malpighiaceae	17	3
<i>Casearia sylvestris</i>	Salicaceae	16	4
<i>Attalea sp.</i>	Arecaceae	15	1
<i>Caryocar brasiliense</i>	Caryocaraceae	15	3
<i>Aspidosperma nobile</i>	Apocynaceae	14	6
<i>Luetzelburgia praecox</i>	Fabaceae	14	3
<i>Ferdinandusa elliptica</i>	Rubiaceae	13	3
<i>Matayba guianensis</i>	Sapindaceae	13	3
<i>Rubiaceae NI</i>	Rubiaceae	13	1
<i>Dalbergia miscolobium</i>	Fabaceae	12	4
<i>Myrcia variabilis</i>	Myrtaceae	12	2
<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae	11	1
<i>Chomelia ribesioides</i>	Rubiaceae	10	1
<i>Enterolobium gummiferum</i>	Fabaceae	10	5
<i>Stryphnodendron fissuratum</i>	Fabaceae	10	3
<i>Guettarda viburnoides</i>	Rubiaceae	9	1
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Bignoniaceae	8	2
<i>Vernonanthura ferruginea</i>	Asteraceae	8	2
<i>Callisthene fasciculata</i>	Vochysiaceae	7	2
<i>Cordia elliptica</i>	Fabaceae	7	2
<i>Eriotheca sp.</i>	Malvaceae	7	2
<i>Protium heptaphyllum</i>	Burseraceae	7	3
<i>Himatanthus articulatus</i>	Apocynaceae	6	3
<i>Psidium laruotteanum</i>	Myrtaceae	6	2
<i>Eremanthus cf. mattogrossensis</i>	Asteraceae	5	3
<i>Erythroxylum daphnites</i>	Erythroxylaceae	5	1
<i>Heisteria ovata</i>	Olacaceae	5	2
<i>Myrcia vestita</i>	Myrtaceae	5	1
<i>Vochysia cinnamomea</i>	Vochysiaceae	5	1
<i>Miconia stenostachya</i>	Melastomataceae	4	1
<i>Myrcia camapuanensis</i>	Myrtaceae	4	1

<i>Neea theifera</i>	Nyctaginaceae	4	3
<i>Salacia elliptica</i>	Celastraceae	4	1
<i>Copaifera martii</i>	Fabaceae	3	1
<i>Euplassa inaequalis</i>	Proteaceae	3	1
<i>Luehea paniculata</i>	Malvaceae	3	1
NI	NI	3	1
<i>Physocalymma scaberrimum</i>	Lythraceae	3	1
<i>Pseudobombax tomentosum</i>	Malvaceae	3	1
<i>Tachigali subvelutina</i>	Fabaceae	3	2
<i>Vellozia squamata</i>	Velloziaceae	3	1
<i>Zeyheria montana</i>	Bignoniaceae	3	1
<i>Apeiba tiborbou</i>	Malvaceae	2	1
<i>Coccoloba mollis</i>	Polygonaceae	2	1
<i>Cybistax antisiphilitica</i>	Bignoniaceae	2	1
<i>Dilodendron bipinnatum</i>	Sapindaceae	2	1
<i>Diospyros sericea</i>	Ebenaceae	2	1
<i>Guatteria sp.</i>	Annonaceae	2	1
<i>Myrcia sp.</i>	Myrtaceae	2	1
<i>Ouratea castaneifolia</i>	Ochnaceae	2	1
<i>Solanum lycocarpum</i>	Solanaceae	2	1
<i>Tabebuia roseoalba</i>	Bignoniaceae	2	1
<i>Banisteriopsis sp.</i>	Malpighiaceae	1	1
<i>Bauhinia sp.</i>	Fabaceae	1	1
<i>Caryocar sp.</i>	Caryocaraceae	1	1
<i>Cipó Malpighiaceae</i>	Malpighiaceae	1	1
<i>Cordia glabrata</i>	Boraginaceae	1	1
<i>Cordia sessilis</i>	Fabaceae	1	1
<i>Diospyros sp.</i>	Ebenaceae	1	1
<i>Enterolobium timbouva</i>	Fabaceae	1	1
<i>Eugenia sp.</i>	Myrtaceae	1	1
<i>Fridericia cinnamomea</i>	Bignoniaceae	1	1
<i>Handroanthus sp.</i>	Bignoniaceae	1	1
<i>Hymenaea cf. courbaril</i>	Fabaceae	1	1
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	Bignoniaceae	1	1
<i>Licania cf. apetala</i>	Chrysobalanaceae	1	1
<i>Myrcia sp.</i>	Myrtaceae	1	1
<i>Palicourea rigida</i>	Rubiaceae	1	1
<i>Platypodium elegans</i>	Fabaceae	1	1
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Rhamnaceae	1	1
<i>Secondatia densiflora</i>	Apocynaceae	1	1
<i>Serjania cf. caracasana</i>	Sapindaceae	1	1
<i>Styrax pohlii</i>	Styracaceae	1	1
<i>Virola sebifera</i>	Myristicaceae	1	1
<i>Vochysia haenkeana</i>	Vochysiaceae	1	1

---

## **CAPÍTULO 2 - Há gradientes de riqueza e composição de espécies, e de abundância de plantas lenhosas entre o centro do Bioma Cerrado e as transições com a Amazônia e a Mata Atlântica?**

**A ser submetido para publicação no periódico: JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY**

**RESUMO.** Nós compilamos informações de 63 comunidades de plantas lenhosas de formações savânicas do Cerrado com os objetivos de: 1. Avaliar se há gradientes de riqueza e composição de espécies e abundância de plantas desde o centro do Cerrado até as regiões de transição com outros dois biomas florestais brasileiros, Amazônia e Mata Atlântica; 2. Verificar se as condições ambientais regionais (precipitação, temperatura, altitude e solos) influenciam a vegetação desses gradientes. Para isso, determinamos os centroides geográfico dos biomas Cerrado (CCE), Amazônia (CAM), e Mata Atlântica (CMA) e calculamos a distância entre cada uma das comunidades e os três centroides. Para avaliar se há gradientes de riqueza de espécies e de abundância de indivíduos em relação aos centroides e verificar quais variáveis ambientais influenciam nesses gradientes, nós empregamos Modelos Lineares Generalizados (GLM). Para avaliar se há diferença na composição de espécies ao longo dos gradientes de distância dos centroides, usamos RDA e análises de Beta Biodiversidade. Mostramos que: 1. A riqueza de espécies é influenciada pela altitude, solos e pelo espaço, aumentando à medida que se afasta da Amazônia. 2. A abundância de plantas é influenciada pela temperatura, e pelo espaço, aumentando à medida que se afasta da Mata Atlântica. 3. Não há um gradiente de substituição de espécies entre as comunidades, desde a Zona Central do Cerrado até as Zonas de transição com a Amazônia e a Mata Atlântica. Nós concluímos que, apesar dos evidentes efeitos da proximidade com a Mata Atlântica e dos fatores ambientais e edáficos vigentes sobre a riqueza e abundância, não há um gradiente de substituição de espécies desde o centro do Cerrado até as regiões de Transição com a Amazônia e Mata Atlântica. Esses resultados sugerem que, embora alguns fatores espaciais e ambientais possam atuar sobre a riqueza e abundância de espécies, levando a uma maior riqueza em altitudes mais baixas, que coincidem com as transições, em geral não há diferenças na riqueza, abundância e composição de espécies arbóreas entre o centro e as regiões transicionais com as florestas tropicais.

**Palavras chave:** ecótonos, fitogeografia, floresta tropical, padrões de riqueza, savana, zona de tensão ecológica.

## 1. INTRODUÇÃO

Frequentemente os termos “centro” e “periferia” são usados para se referir a localização de uma espécie, dentro da sua faixa de distribuição (Brown et al. 1996), de modo que, as populações periféricas, são aquelas encontradas no limite de distribuição da espécie, e populações centrais são aquelas localizadas no centro da faixa de distribuição (Brown et al. 1996; Channell e Lomolino, 2000). Essas regiões periféricas, ou transições, entre comunidades biológicas, também chamadas de ecótonos, frequentemente correspondem a gradientes ambientais, e podem variar de escalas regionais, como as transições entre biomas, até escalas locais, como mudanças entre fisionomias (Kark e Van Rensburg, 2006). Em geral, essas populações centrais e periféricas, estão submetidas a variadas pressões de seleções, bióticas e abióticas (Brown et al. 1996; Lawton, 1995; Lesica e Allendorf 1995), que podem levar a diferenças na composição e na diversidade de espécies entre o centro e a periferia de Biomas, tema que tem sido muito debatido pela comunidade científica.

O Cerrado apresenta um bioma adequado para estudar a influência dos fatores determinantes da distribuição da diversidade e da composição de espécies, uma vez que é a maior Savana neotropical (Klink & Machado, 2005; Sano et al. 2010), abriga a maior diversidade vegetal (Kier et al. 2005; Mendonça et al. 2008) entre todas as savanas mundiais, e é formado por diferentes fitofisionomias que constituem um mosaico vegetacional (Eiten, 1972). Em escala regional, o Cerrado é formado por 19 ecorregiões com características únicas da paisagem (Sano et al. 2018), e sua elevada biodiversidade, se deve em grande parte a sua localização entre outros quatro biomas. Assim, no Cerrado há um corredor de Florestas Tropicais Sazonalmente Secas, juntamente com os biomas Chaco e Caatinga (Werneck, 2011). Ainda, o Cerrado ocupa posição intermediária entre as duas maiores florestas úmidas neotropicais: a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica (Méio et al. 2003), que compartilham muitas espécies através das matas de galeria e florestas estacionais (Smith, 1962; Oliveira Filho e Ratter, 1995). No entanto, ainda não há consenso se essa grande diversidade e a composição de espécies difere entre as regiões centrais do Cerrado e aquelas periféricas, e, portanto, na transição com a Amazônia e a Mata Atlântica.

Por um lado, alguns estudos sugerem que apesar da influência dos biomas adjacentes, há baixa riqueza de espécies nas regiões de transição, e o maior número de espécies estaria na região central do Cerrado, devido à proximidade com os centros de diversificação das espécies (Eiten 1972; Fernandes e Bezerra 1990; Rizzini, 1997). Por outro lado, diferentes estudos mostram que a proximidade com a floresta Amazônica promove maior diversidade nas transições do que na área central do Cerrado (Ratter et al., 2003; Marimon et al. 2006),

devido ao compartilhamento de espécies derivadas com o bioma florestal (Méio et al. 2003; Bridgewater et al. 2004). Nesse contexto, Françaoso et al. (2016) mostram que a Mata Atlântica exerce mais influência na composição de espécies lenhosas do Cerrado do que a Amazônia, concordando com o estudo de Smith (1962). Françaoso et al. (2016) observaram ainda maior riqueza local em regiões centrais do Bioma Cerrado, porém, devido a grandes diferenças na composição das espécies das áreas estudadas ( $\beta$  diversidade), as regiões periféricas apresentaram maior riqueza cumulativa. Recentemente, Morandi e colaboradores (2018), utilizando vegetação arbórea de Cerrado Típico, encontraram diversidade e riqueza similares entre centro do bioma Cerrado e a região de transição com a Amazônia. Dessa forma, essa divergência entre os resultados encontrados, somada aos poucos estudos, que geralmente são pontuais na região de transição com a Amazônia (Maciel et al. 2016; Françaoso et al. 2016), indicam que ainda há muito a ser investigado sobre a diversidade nas regiões de transição do Cerrado com as maiores florestas tropicais, bem como a sua relação com a região central do bioma.

As possíveis diferenças entre a composição e a diversidade de espécies lenhosas de comunidades centrais e periféricas do Cerrado, se devem a diferentes fatores que podem atuar isoladamente ou em conjunto, sobre a diversidade do cerrado, como por exemplo: 1. A influência ambiental e do intercâmbio florístico com outros biomas (Bridgewater et al. 2004; Méio et al. 2003; Ribeiro & Walter, 2008; Françaoso et al. 2016); 2. A extensa área de abrangência do Cerrado (Furley & Ratter 1978, Ratter et al. 1997); 3. O macrorrelevo (Fonseca & Silva-Júnior 2004, Silva et al. 2015); 4. A altitude (Castro et al. 2007; Motta et al. 2002); 5. A pluviosidade (Montana & Valiente-Banuet 1998); 6. A temperatura (Toledo et al. 2012); 7. As propriedades edáficas (Ribeiro & Walter 2008, Mews et al. 2014). Além disso, a composição florística pode variar dentro da mesma fitofisionomia (Felfili *et al.*, 2004), principalmente entre comunidades distantes, sugerindo efeito do espaço sobre a composição florística do cerrado (Felfili & Fagg 2007, Fitzpatrick et al. 2016).

Embora a flora de comunidades lenhosas do Cerrado venha sendo estudada de maneira sistemática desde século XIX (Eiten, 1992; Felfili et al. 1994; Ratter *et al.* 2003; Ribeiro & Walter, 2008), fato que acrescentou relevantes informações sobre a flora e vegetação desse extenso e importante bioma, trabalhos recentes sugerem que há ainda há muitas regiões na transição do Cerrado com a Amazônia, onde faltam informações sobre vegetação (Sousa-Baena e Garcia 2014; e Maciel et al. 2016). Além disso, os estudos em maior escala e comparativos que foram realizados nessa região até o momento, não utilizaram critérios padronizados de amostragem da vegetação (Françaoso et al. 2016), ou

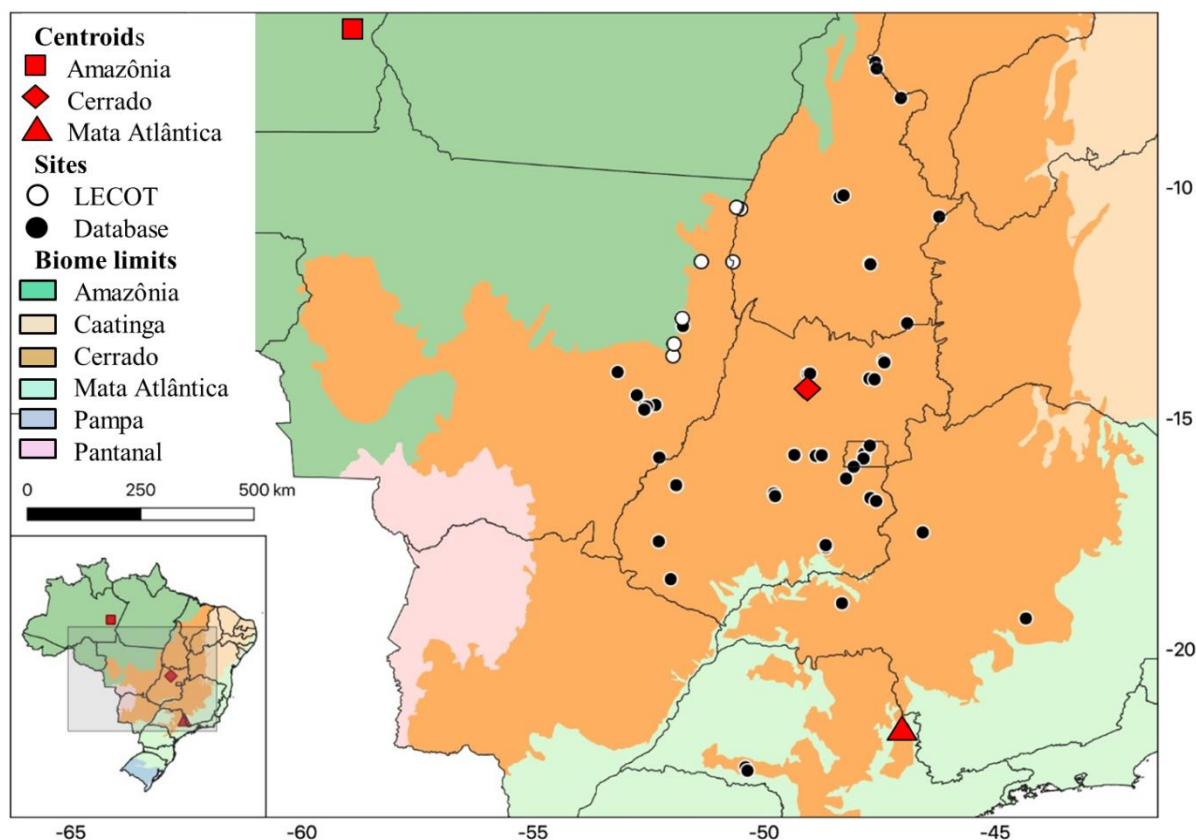
amostraram apenas árvores com diâmetro do tronco  $\geq 10$  cm (Morandi et al. 2018), o que pode subestimar as variações dos padrões de riqueza observados, uma vez que a vegetação lenhosa do Cerrado é tipicamente arbustivo-arbórea (Ribeiro e Walter, 2008). Desse modo, é necessário desenvolver estudos padronizados, com critério de inclusão de indivíduos contemplando, de fato, o maior número de representantes de cada área, a fim de comparar as porções centrais e periféricas do Cerrado, revelando de forma refinada os atuais padrões de riqueza de espécies e distribuição da flora em maior escala geográfica.

Sendo assim, nosso objetivo foi verificar se há diferenças na riqueza e composição de espécies, na abundância de plantas entre as comunidades lenhosas desde a zona central do Cerrado (CCE) até as zonas de transição com a Amazônia (CAM) e Mata Atlântica (CMA), e se essas diferenças são influenciadas por condições espaciais e ambientais regionais (altitude, precipitação, temperatura e características edáficas). Nós testamos as seguintes hipóteses: 1) A flora lenhosa do Cerrado forma gradientes de aumento na riqueza em direção as transições com a Amazônia e a Mata Atlântica e, 2) Ocorre aumento na abundância de plantas lenhosas à medida que se aproxima da floresta Amazônia e Mata Atlântica e se distancia da área central do Cerrado, devido a influência de fatores climáticos e edáficos; 3) A composição de espécies em comunidades próximas a CAM e CMA é diferente daquela de comunidades da CCE, formando assim grupos florísticos peculiares ao longo do gradiente CCE/CAM e CCE/CMA, devido a influência de fatores ambientais e espaciais. Essas três hipóteses estão apoiadas em três argumentos: primeiro porque os estudos locais conduzidos até o momento mostram tendência de alta riqueza de espécies na transição (Ratter et al. 2003; Marimon et al. 2006); segundo porque a proximidade com a Amazônia e Mata Atlântica permitem que um maior número de espécies sejam compartilhadas entre os dois Biomas devido ao ambiente intermediário (Smith 1962; Méio et al. 2003; Bridgewater et al. 2004; Françoso et al. 2016) aumentando assim a diversidade florística (Rizzini, 1997); terceiro, considerando que em geral a diversidade de espécies de plantas é maior em áreas com precipitações mais altas (Clinebell et al. 1995; Hawkins et al. 2003; Kreft e Jetz, 2007), e nas regiões de transição há um aumento na precipitação em relação à região central do Bioma (Silva et al. 2008), promovendo o estabelecimento de um maior número de espécies.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**



*Área de estudo.* O estudo foi realizado em 63 sítios, nos quais foram amostradas as comunidades lenhosas de formações savânicas, localizadas dentro da área contínua de ocorrência do Bioma Cerrado, de acordo com os limites estabelecidos pelo IBGE (2014). Sete sítios localizados na porção Oeste do Cerrado foram amostrados por nosso grupo de pesquisa, enquanto que os outros 56 sítios foram compilados por meio de buscas em indexadores de periódicos científicos (como Web of Science, Periódicos Capes, entre outros; Figura 01, Apêndice 2).



**Figura 1.** Sítios de Cerrado Sentido Restrito amostrados na Zona Central do Cerrado e nas Zonas de transição com os biomas Amazônia e Mata Atlântica. Os círculos brancos representam os sítios amostrados por nossa equipe (LECOT), e os pretos são aqueles que compilamos da literatura. As linhas pretas estabelecem os limites dos estados brasileiros.

A zona central do Cerrado está localizada no planalto central brasileiro e em uma das porções mais elevadas da Bacia do Araguaia e Tocantins. Os sítios amostrados nessa região estão inseridos em uma matriz predominantemente savânica (Felfili e Silva Junior, 2001; Felfili et al. 2004; Fonseca e Junior, 2004; Aquino et al. 2014), com menor influência amazônica (Ratter et al. 2003; França et al. 2016).

Na zona de transição entre o Cerrado e a Amazônia, os sítios ocorrem em um gradiente latitudinal onde está localizada a Serra do Roncador, com altitudes em torno de

400m (Ratter et al. 1978). Essa região está localizada entre a Bacia do Rio Xingu, caracterizada pelas florestas de transição sobre solos bem drenados (Askew et al. 1970a; Marimon et al. 2006), e a Bacia do Rio Araguaia, caracterizada pela vegetação savânica sobre solos mal drenados e alagáveis, também chamada de Pantanal do Araguaia (Marimon et al. 2006; Marimon et al. 2012). Seguindo um gradiente Sul-Norte (Ratter et al. 1973) essa região apresenta vegetação heterogênea, composta desde os campos limpos, dominados por herbáceas, formações de Cerrado *stricto sensu*, até formações florestais, como o Cerradão e a Mata Seca (Askew et al. 1970b).

A Zona de Transição com a Mata Atlântica se localiza nas regiões sul de Minas Gerais e São Paulo, e compreende diferentes formações vegetacionais, como o cerrado arbustivo, matas, pastagem e florestas semi-decíduas e sempre verdes, e florestas decíduas sobre afloramentos calcários (Eiten, 1972). Nessa região, dentro de matrizes contínuas de cerrado a floresta ocorre apenas como galerias, ou em pequenas manchas nas terras altas (Eiten, 1972). Da mesma forma, do outro lado da fronteira o Cerrado ocorre apenas em pequenas manchas dentro da matriz florestal naqueles locais de clima mais seco, e desaparecem perto da costa, onde há aumento de precipitação (Eiten, 1972). Devido a sua heterogeneidade, a vegetação dessa região foi categorizada por Sano et al. (2018) em três ecorregiões: Alto de São Francisco, Parnaguá e Vão do Paranã.

As três grandes zonas citadas acima ocupam quase toda extensão do Bioma Cerrado e estão inseridas em variadas condições topográficas, já que todo o Cerrado brasileiro possui uma distribuição vertical que varia de 8 a 1.175m, e, embora haja alta sobreposição, é possível diferenciar grupos de cerrado em baixa, média e altas altitudes, o que determina, aos cerrados do Brasil, um padrão florístico lati-altitudinal (Castro, 1999).

#### *Coleta de dados*

*Vegetação estudada.* Para evitar vieses nas comparações, compilamos informações e amostramos apenas comunidades definidas como Cerrado *stricto sensu* propostas por Ribeiro e Walter (2008), que compreende quatro formações savânicas sobre solos bem drenados e distróficos (Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre). Segundo Ribeiro e Walter (2008) essas quatro fisionomias são semelhantes florísticamente, mas diferem quanto à densidade de indivíduos, altura das plantas lenhosas, gramíneas, e afloramentos de rochas, no caso do Cerrado Rupestre. Utilizamos nesse estudo 63 sítios padronizados quanto a área amostral, sendo 10.000m<sup>2</sup> cada sítio, dentro dos quais foram

inventariadas as plantas lenhosas com diâmetro de base  $\geq 5$  cm medido a 30 cm do solo ( $Db_{30\text{ cm}}$ ).

Quanto aos sete sítios amostrados por nosso grupo de pesquisa, a identificação da maioria das espécies lenhosas foi realizada em campo, porém quando isso não foi possível, coletamos amostras dos espécimes e herborizamos para consultas à literatura especializada. As exsiccatas encontram-se no acervo do Herbário de Nova Xavantina (NX) e no Herbário de Brasília (HUB). A classificação das famílias botânicas seguiu o sistema Angiosperm Phylogeny Group IV (APG 2016). A nomenclatura dos táxons de todos os sítios foi conferida, padronizada e atualizada de acordo com a Lista de Espécies da Flora do Brasil 2020 (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>). As espécies com determinações incompletas, duvidosas ou identificação apenas até gênero foram excluídas dos dados. Mantivemos os indivíduos com a opção de incerteza da espécie, considerando as sugestões das espécies como corretas.

#### *Dados ambientais.*

Obtivemos as coordenadas, altitudes e os dados climáticos de todos os sítios. As coordenadas de cada sítio foram tomadas diretamente em campo para aqueles sítios que amostramos, ou resgatadas dos trabalhos originais. Utilizamos as coordenadas de cada sítio para coletar os dados de altitude, através dos *rasters* disponibilizados no website da NASA (<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>). Obtivemos os dados climáticos (precipitação e temperatura) para cada sítio, pelo banco de dados da plataforma virtual do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG). Os dados de temperatura são disponibilizados em graus Celsius, com um *buffer* de 1 km de raio, e utilizamos as médias de 17 ciclos anuais completos, do ano 2000 até 2016. Quanto aos valores de precipitação, os dados são disponibilizados em milímetros (mm), *buffer* de 3 km de raio, com a média de 18 ciclos anuais, de 2000 a 2017 (Apêndice 2).

Selecionamos nove variáveis quantitativas de solo do ISRIC - World Soil Information, banco de dados com resolução espacial de 5 arc-min (v1.2, <http://www.isric.org>). Fizemos essa seleção considerando as variáveis que mais influenciam a vegetação e que, a priori, não apresentam correlação (Hengl et al. 2017). Obtivemos as seguintes variáveis edáficas: dados de capacidade disponível de água no solo, teor de água saturada, capacidade de troca catiônica do solo, teor de argila, teor de carbono orgânico do solo, PH do solo em H<sub>2</sub>O, conteúdo de silte, teor de areia, capacidade disponível de água no solo até o ponto de murchamento.

*Triagem e preparação dos dados.* Após a padronização e atualização da lista florística, nós criamos duas matrizes de dados: uma de composição e abundância de espécies por sítio amostral, e outra com os dados ambientais por sítio. Criamos ainda, matrizes de distância dos sítios em relação aos centroides do Cerrado (CCE), Amazônia (CAM) e Mata Atlântica (CMA). Para isso, obtivemos as coordenadas geográficas de cada um dos sítios manualmente, utilizando GPS *in situ*, ou nos trabalhos pesquisados. Por fim nós definimos três classes de distâncias dos sítios em relação ao centroide de cada um dos três biomas. Os tamanhos das classes de distância em relação ao centroide foram diferentes para os biomas, sendo no Cerrado (classe 1 = 0 a 200 km; classe 2 = 201 a 400 km; classe 3  $\geq$  401 km), na Amazônia (classe 1 = 0 a 1400 km; classe 2 = 1401 a 1700 km; classe 3  $\geq$  1701 km) e Mata Atlântica (classe 1 = 0 a 600 km; classe 2 = 601 a 900 km; classe 3  $\geq$  901 km) (Apêndice 1). Estabelecemos diferentes tamanhos das classes de distância para manter uma frequência semelhante de sítios em cada uma das três classes, e para chegar a isso, nós avaliamos separadamente as frequências dos sítios em classes de distância com diferentes amplitudes, e mantivemos no trabalho aquelas cuja frequência de sítios foi a mais similar.

Considerando que as análises normalmente são afetadas pela grandeza das unidades utilizadas, aplicamos a raiz quadrada nos valores de quilômetros, altitude e precipitação (Zuur et al. 2010).

*Seleção prévia das variáveis ambientais e edáficas.* Para análise de GLM nós realizamos uma seleção prévia das variáveis preditoras (altitude, precipitação, temperatura e características edáficas), utilizando a correlação de Pearson, com nível de corte de 80% usando a função *findCorrelation* do pacote “caret” (Classification and Regression Training - Kuhn et al. 2019), e utilizamos a riqueza e abundância das espécies como variáveis resposta. Essa seleção excluiu três variáveis que estavam altamente correlacionadas (Teor de água saturada, Teor de areia, Capacidade disponível de água no solo). Para as demais análises, utilizamos as 15 variáveis ambientais e distância dos centroides.

*Análise dos dados.* Para testar nossas hipóteses 1 e 2 de que a riqueza de espécies e a abundância de indivíduos aumentam com a distância do centroide do Cerrado, e que esses aumentos são determinados por mudanças no ambiente, nós realizamos dois GLM, utilizando a função de ligação log-link e empregando o pacote “stats” (R Core Team, 2019) e “MASS” (Ripley et al. 2019). Para riqueza usamos a variância da família de distribuição

de Poisson, adequada para dados de contagem (Crawley, 2013), e para abundância, usamos a distribuição binomial negativa, que é adequada para situações em que há superdispersão dos resíduos (Zuur et al., 2009). Utilizamos, então, a riqueza (hipótese 1) e a abundância (hipótese 2) como variáveis respostas, e as variáveis ambientais e de distância em relação aos centroides dos três biomas como variáveis preditoras.

Para testar nossa hipótese 3, de que a composição de espécies das comunidades mais próximas difere daquela das comunidades mais distantes do centroide do Cerrado, e que essas diferenças estão relacionadas ao ambiente e à distância entre os sítios e o CCE, nós utilizamos duas análises complementares. Primeiro empregamos uma RDAP (Análise de Redundância Parcial), para investigar os efeitos do espaço e do ambiente conjunta e separadamente. Nessa análise, a composição das espécies foi a variável resposta e os dados espaciais e ambientais de cada sítio foram as variáveis preditoras. A RDAP indica a formação de grupos com composição semelhantes, e quais as variáveis espaciais ou ambientais influenciam na formação destes. A função utilizada foi a *dbrda*, contida no pacote “vegan” (Oksanen et al. 2016). Segundo, nós realizamos uma análise de Beta Diversidade para avaliar se existe variação na composição entre estes grupos de distância de cada um dos centroides separadamente (CCE, CAM, CMA). Para isso, nós utilizamos o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, cujos valores variam de 0 (dissimilaridade máxima) a 1 (dissimilaridade mínima), e comparamos esses índices par-a-par entre os grupos de distância do centroide de cada um dos três biomas separadamente, empregando o teste de Tukey e utilizando a função *betadisper*. Ainda, calculamos o índice de similaridade de Jaccard entre os grupos de distância, que indica a proporção de espécies compartilhadas entre duas amostras em relação ao total de espécies. A função *betadisper* se encontra no pacote “vegan”.

### 3. RESULTADOS

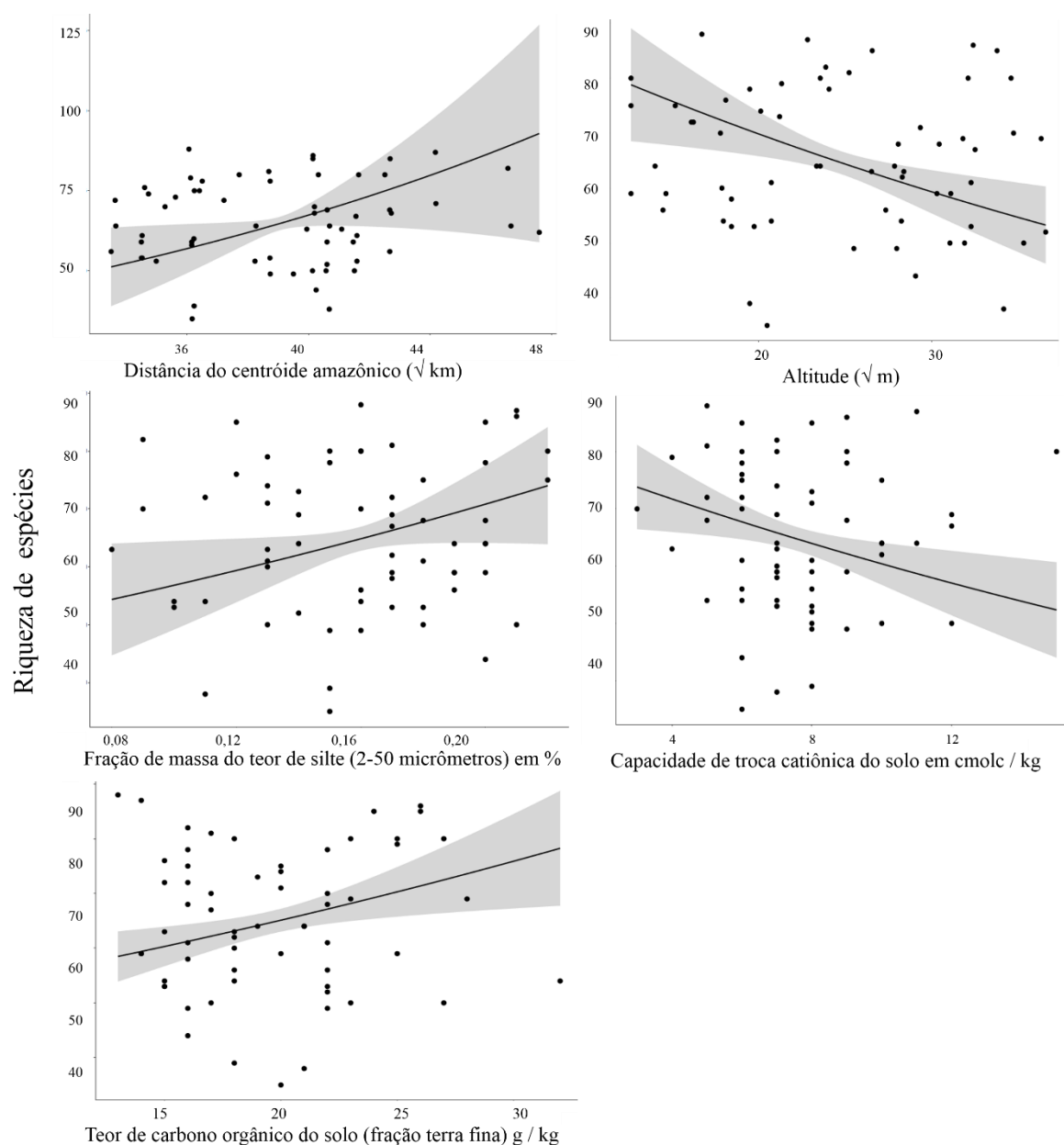
Notamos ampla variação entre os sítios quanto aos valores de precipitação média anual (de 1191 a 2014 mm), média anual de temperatura do ar (de 24 a 35° C) e altitude (de 160 a 1336 metros) (Apêndice 2). Registramos 84.572 indivíduos nos 63 sítios amostrados, distribuídos em 409 espécies, 185 gêneros e 77 famílias (Apêndice 3). A riqueza de espécies por sítio variou de 35 a 88, com média de 65 espécies por sítio.

Não houve autocorrelação espacial entre as coordenadas dos sítios e os resíduos dos modelos dos GLMs, segundo o teste I de Moran ( $p=0,70$ ), quando utilizamos a riqueza de espécies como variável resposta. Dentre as 12 variáveis mantidas nas análises, apenas cinco influenciaram na riqueza de plantas (GLM,  $\text{Pseudo-R}^2 = 0,39$ ). A riqueza de espécies foi

maior em menores altitudes, solos com menor capacidade de troca catiônica, maiores teores de carbono e de silte. A riqueza também aumentou à medida que se distancia do Centróide da Amazônia, mas não houve qualquer relação entre a riqueza e às distâncias dos centróides do Cerrado e da Mata Atlântica. Também não houve relação entre a riqueza e as duas variáveis climáticas analisadas (temperatura e precipitação) (Tabela 1, Figura 2). Assim de modo geral, a riqueza foi influenciada mais pelas propriedades dos solos do que pela distância geográfica dos sítios em relação aos centróides/transição, ou pelo clima.

**Tabela 1.** Análise de GLM demonstrando as influências significativas (valor de ‘p’ em negrito) da distância do Centróide da Mata Atlântica, altitude, capacidade disponível de água no solo, capacidade de troca catiônica do solo, teor de carbono orgânico do solo e conteúdo de silte sobre a riqueza de espécies em 63 sítios de Cerrado Sentido Restrito amostrados na região central do Bioma Cerrado, e nas regiões de transição com os Biomas Amazônia e Mata Atlântica.

Variables	Estimate	Std. Error	z value	p
(Intercept)	2.83	1.78	1.59	0.11
Distância do Centróide da Amazônia	0.04	0.02	1.99	<b>0.05</b>
Conteúdo de silte	2.21	1.09	2.02	<b>0.04</b>
Teor de carbono orgânico do solo	0.02	0.01	2.90	<b>0.00</b>
Altitude	-0.02	0.01	-3.10	<b>0.00</b>
Capacidade de troca catiônica do solo	-0.03	0.01	-2.76	<b>0.01</b>
Precipitação	0.02	0.01	1.41	0.16
Temperatura	0.01	0.01	0.92	0.36
Capacidade disponível de água no solo	-6.74	3.86	-1.74	0.08
Teor de argila	-0.37	0.44	-0.84	0.40
PH do solo em H <sub>2</sub> O	-0.01	0.01	-0.38	0.70
Distância do Centróide do Cerrado	-0.01	0.01	-1.76	0.08
Distância do Centróide da Mata Atlântica	0.00	0.01	0.01	0.99



**Figura 2.** Gráficos de dispersão resultantes da análise de GLM, demonstrando as influências significativas da distância do Centróide da Amazônia, do conteúdo de Silte, do teor de carbono orgânico do solo, da altitude e da capacidade de troca catiônica do solo, sobre a riqueza de espécies em 63 sítios de Cerrado Sentido Restrito amostrados na região central do Bioma Cerrado, e nas regiões de transição com os Biomas Amazônia e Mata Atlântica.

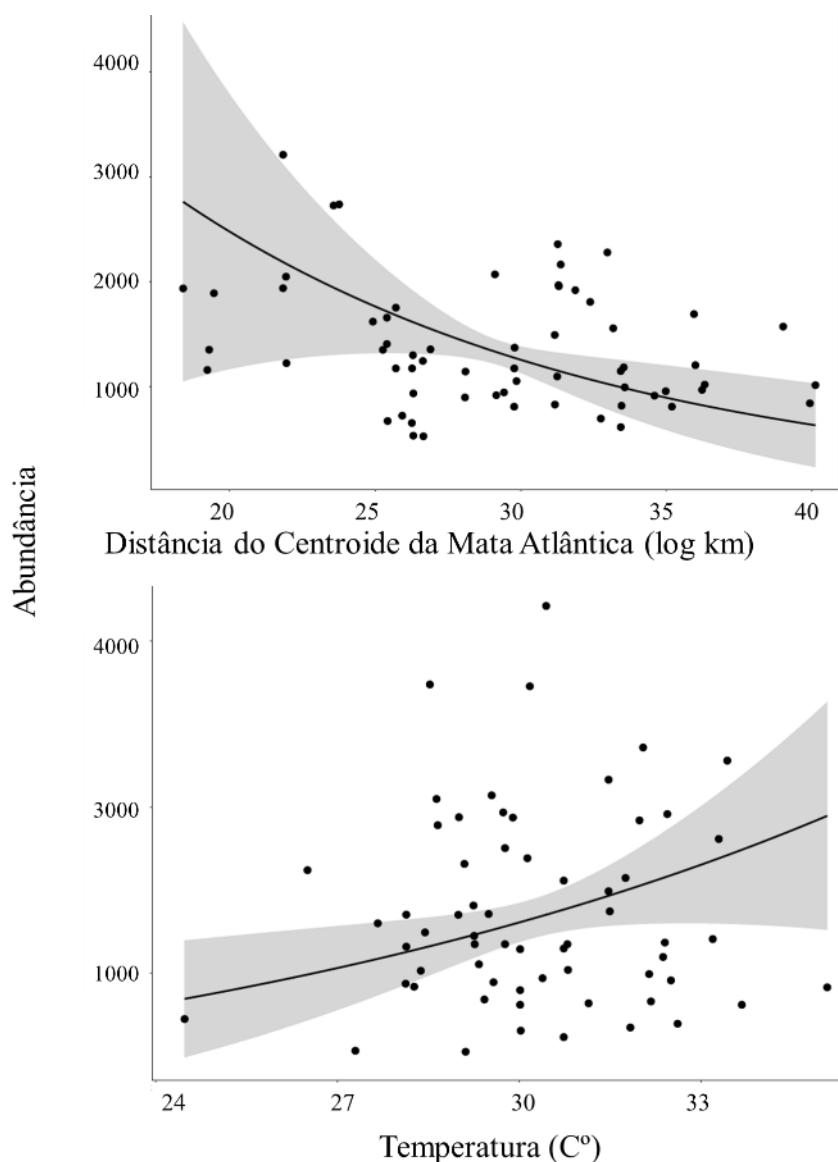
Não houve autocorrelação espacial entre as coordenadas dos sítios e os resíduos dos modelos dos GLMs, segundo o teste I de Moran ( $p=0,71$ ), quando utilizamos a abundância de espécies como variável resposta. Dentre as 12 variáveis mantidas nas análises, apenas duas influenciaram na abundância de plantas (GLM,  $Pseudo-R^2 = 0,30$ ), que diminuiu com o afastamento do centróide da Mata Atlântica e aumentou em sítios com temperaturas mais

elevadas. Nenhuma variável de solo influenciou significativamente na abundância de espécies dos sítios (Tabela 2, figura 3).

**Tabela 2.** Análise de GLM demonstrando a influência significativa da distância do Centroide da Mata Atlântica, e da temperatura sobre a abundância de indivíduos lenhosos em 63 sítios de Cerrado Sentido Restrito, amostrados na região central do Bioma Cerrado, e nas regiões de transição com os Biomas Amazônia e Mata Atlântica.

Variables	Estimate	Std. Error	z value	p
(Intercept)	11.50	5.01	2.29	<b>0.02</b>
Distância do Centroide da Mata Atlântica	-0.07	0.03	-2.40	<b>0.02</b>
Temperatura	0.08	0.04	2.24	<b>0.03</b>
Precipitacao	-0.06	0.04	-1.35	0.18
Altitude	-0.03	0.02	-1.86	0.06
Capacidade disponível de água no solo	5.62	10.77	0.52	0.60
Capacidade de troca catiônica do solo	-0.03	0.03	-0.92	0.36
Teor de argila	1.41	1.22	1.15	0.25
Teor de carbono orgânico do solo	0.01	0.01	1.00	0.32
PH do solo em H <sub>2</sub> O	-0.04	0.04	-1.21	0.23
Conteúdo de silte	1.85	3.07	0.60	0.55
Distância do Centroide da Amazônia	-0.03	0.06	-0.56	0.58
Distância do Centroide do Cerrado	0.01	0.02	0.88	0.38





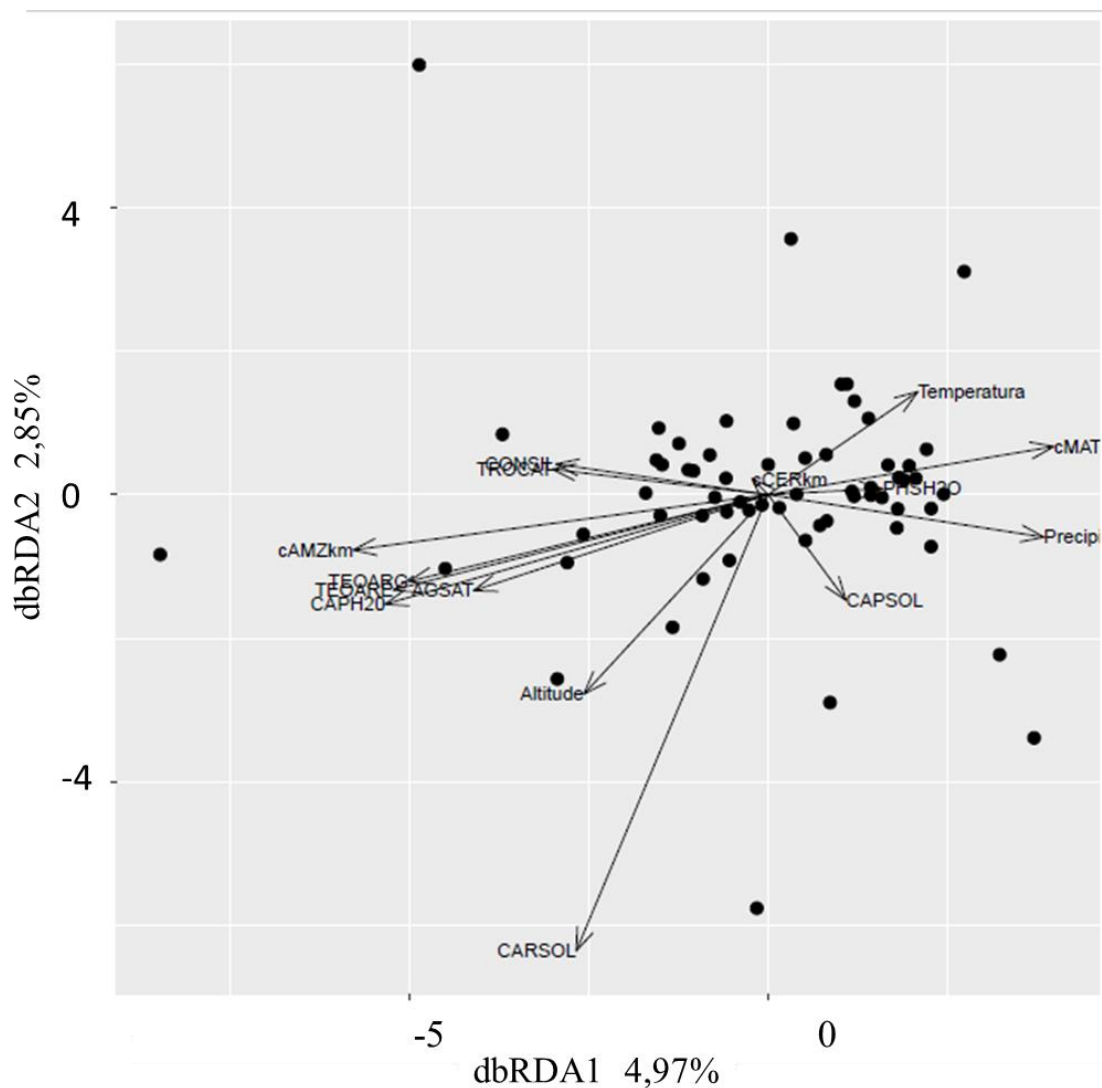
**Figura 3.** Gráficos de dispersão resultantes da análise de GLM, demonstrando as influências significativas da distância do Centróide da Mata Atlântica e da temperatura, sobre a abundância de indivíduos lenhosos em 63 sítios de Cerrado Sentido Restrito, amostrados na região central do Bioma Cerrado, e nas regiões de transição com os Biomas Amazônia e Mata Atlântica.

Os dois primeiros eixos da RDAP, que incluíram os efeitos do ambiente e da distância dos sítios em relação aos centroides do Cerrado, Amazônia e Mata Atlântica, explicaram juntos uma pequena porção na variação na composição de espécies entre os sítios (dbRDA1= 4,97%; dbRDA2 = 2,85%) e essa explicação não foi significativa (RDAP: dbRDA1:  $F = 5,26$ ,  $P = 0,71$ ; dbRDA2:  $F = 3,02$   $P = 0,99$ ) (Figura 4). A análise de diversidade beta,

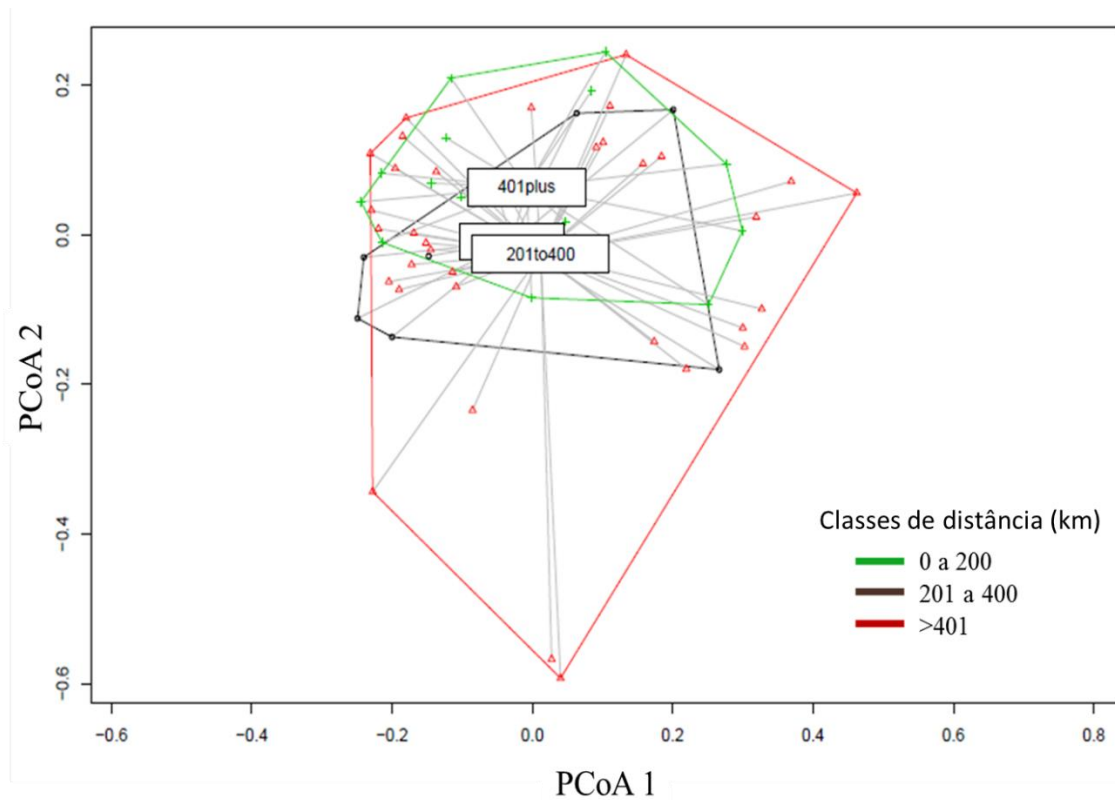
calculada a partir do índice de similaridade de Bray-Curtis, também não evidenciou substituição significativa de espécies entre os grupos de distância dos centroides da Amazônia (Beta Diversidade:  $F = 27,43$ ,  $P = 0,07$ ) e da Mata Atlântica ( $F=16,85$ ,  $P=0,19$ ), porém, mostrou substituição significativa para os grupos de distância do centroide do Cerrado ( $F: 32,85$ ,  $P= 0,04$ ).No entanto, ao realizar o teste de Tukey comparando par a par os três grupos de distância do Cerrado, a composição geral de espécies é diferente desde o centroide do Cerrado até a transição, porém, não forma diferentes grupos composicionais com distância (Tabela 03). A análise empregando o índice de similaridade de Jaccard também mostrou que não há diferenças na composição de espécies entre os grupos de distância para nenhum dos centroides (Figuras 5, 6 e 7). De modo geral, esses resultados sugerem pouco efeito ambiental e das duas florestas tropicais da América do Sul (Amazônia e Mata Atlântica) sobre a composição de espécies lenhosas das formações savânicas do Cerrado.

**Tabela 03.** Teste de Tukey para os três grupos de distância do centroide do Cerrado, da Amazônia, e da Mata Atlântica, demonstrando que não há diferenças significativas na composição de espécies em nenhum dos grupos de distância, para os três centroides.

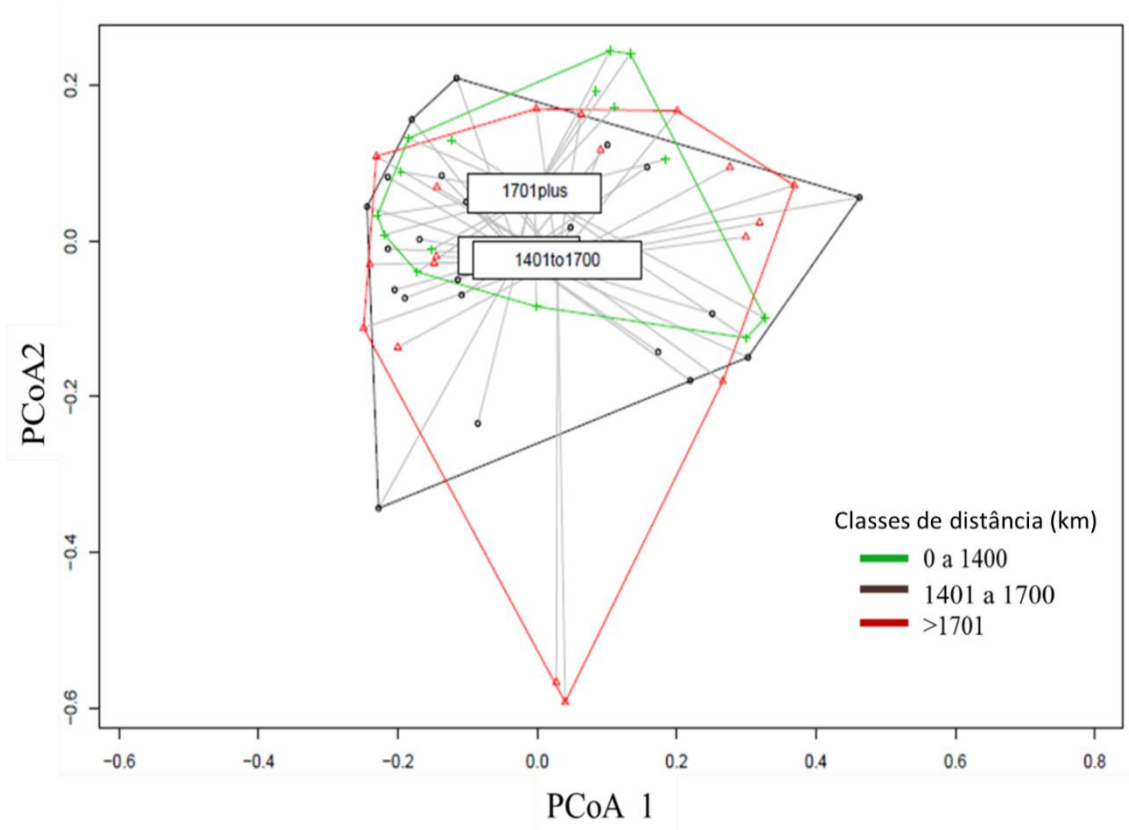
Distance groups	Differences	Lower	Upper	P
<b>Amazônia</b>				
1401 a 1700 - 0 a 1400	0,02	-0,04	0,08	0,69
>1701 - 0 a 400	-0,05	-0,12	0,02	0,26
> 1701plus a 1401 – 1700	-0,07	-0,14	0,00	0,06
<b>Cerrado</b>				
201 a 400 - 0 a 200	0,06	-0,02	0,14	0,17
> 401 -0 a 200	0,00	-0,09	0,09	1,00
> 401 - 201 a 400	-0,06	-0,12	0,01	0,08
<b>Mata Atlântica</b>				
601 a 900 - 0 a 600	0,06	-0,02	0,14	0,17
> 901 a 0 a 600	0,05	-0,03	0,13	0,36
> 901 - 601 a 900	-0,02	-0,08	0,04	0,79



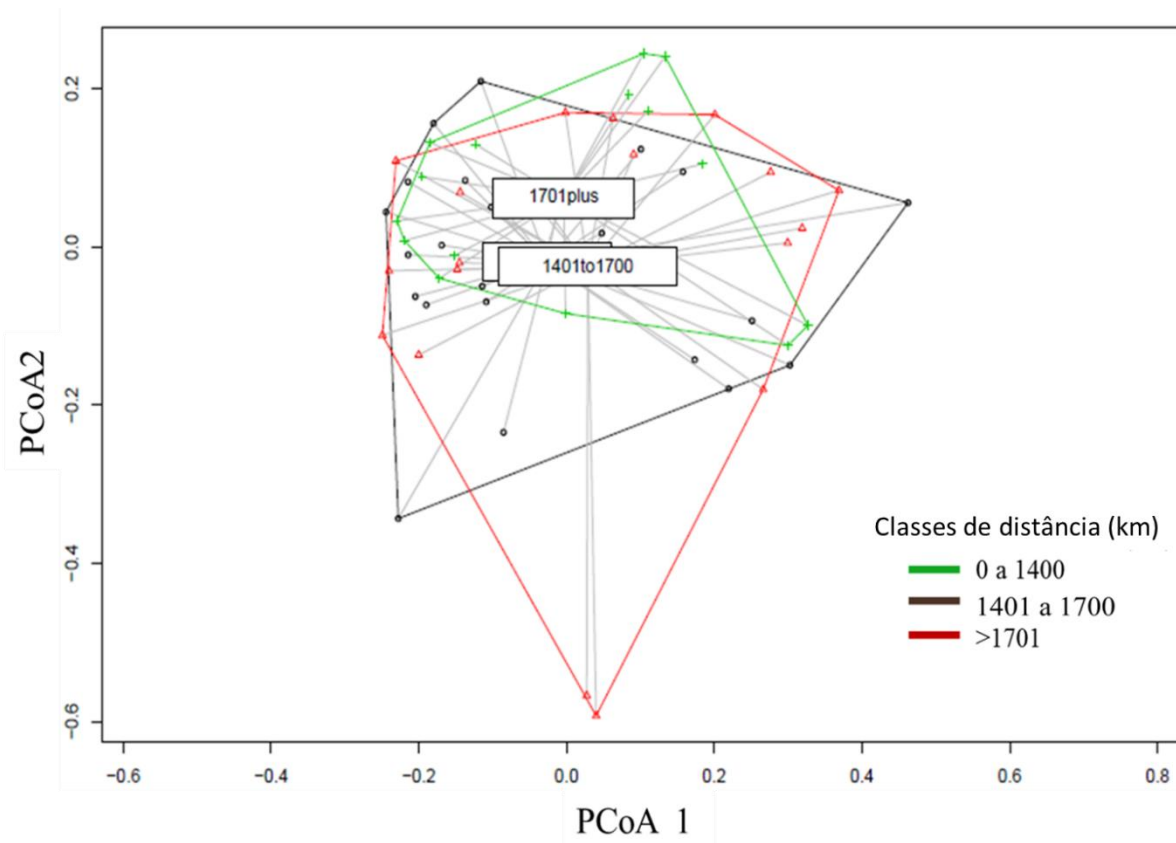
**Figura 4.** Análise de RDA parcial mostrando que não há efeitos de fatores ambientais e espaciais sobre a composição de espécies lenhosas em 63 sítios de cerrado sentido restrito, nas regiões centrais do Bioma Cerrado e em suas regiões de transição com os Biomas Amazônia e Mata Atlântica. Os fatores espaciais são as distancias dos sítios até os centroides do Cerrado (cCERkm), Amazonia (cAMZkm) e Mata Atlantica (cMATkm). Os fatores ambientais são: Capacidade disponível de água no solo (CAPSOL), teor de água saturada (AGSAT), capacidade de troca catiônica do solo (TROCAT), teor de argila (TEOARG), teor de carbono orgânico do solo, PH do solo em H<sub>2</sub>O (PHH<sub>2</sub>O), conteúdo de silte (CONSIL), teor de areia (TEOARE), capacidade disponível de água no solo até o ponto de murchamento (CAPH<sub>2</sub>O).



**Figura 5.** Análise de Beta diversidade mostrando que não há diferenças na composição de espécies lenhosas de cerrado sentido restrito, considerando três diferentes classes de distância (classe 1= 0 a 200 km; classe 2= 201 a 400 km; classe 3  $\geq$  401 km), a partir de um centroide posicionado na região central do Bioma Cerrado.



**Figura 6.** Análise de Beta diversidade mostrando que não há diferenças na composição de espécies lenhosas de cerrado sentido restrito, considerando três diferentes classes de distância (classe 1= 0 a 1400 km; classe 2= 1401 a 1700 km; classe 3= > 1701 km), a partir de um centroide posicionado na região central da Amazônia.



**Figura 7.** Análise de Beta diversidade mostrando que não há diferenças na composição de espécies lenhosas de cerrado sentido restrito, considerando três diferentes classes de distancia (classe 1= 0 a 600 km; classe 2= 601 a 900 km; classe 3= > 901 km), a partir de um centroide posicionado na região central do Bioma Mata Atlântica.

#### 4. DISCUSSÃO

Contrariando nossa primeira hipótese, nós não registramos a existência de gradientes de aumentos de riqueza de espécies desde a porção central do Cerrado até as regiões de transição com a Amazônia e a Mata Atlântica. Ao contrário, a riqueza parece aumentar à medida que se afasta do centroide da Amazônia. Mostramos também que a riqueza foi determinada predominantemente pela altitude (maiores riquezas em menores altitudes) e pelas propriedades físicas e químicas dos solos (maiores riquezas em sítios com maiores teores de silte e Carbono e menor capacidade de troca catiônica). Isso mostra que a escolha de novos sítios amostrais deve levar em conta principalmente a altitude, a natureza e as características dos substratos. Isso porque, de acordo com Sano et al. (2018), as porções norte e oeste do Cerrado, possuem menores altitudes, e solos distintos em relação as regiões centrais do Cerrado, as quais coincidem justamente com aquelas onde França et al (2016) apontou lacunas amostrais. Por fim, também não evidenciamos efeito do espaço, seja de

distância entre sítios, seja da distância entre os sítios e os centroides do Cerrado e da Mata Atlântica.

Ao contrário do que esperávamos, não houve qualquer efeito do clima (precipitação e temperatura) sobre a riqueza de espécies arbustivo nos sítios amostrais. Resultados semelhantes foram encontrados por Morandi et al. (2019) para o estrato arbóreo (plantas com diâmetro do tronco a 30 cm do solo  $\geq 10$  cm). Esses autores afirmaram que a despeito da maior instabilidade climática na transição com a Amazônia, a riqueza de espécies arbóreas não difere entre a região Central e a Zona de Transição. Assim, independente do estrato da vegetação analisado, o clima não influencia a diversidade de espécies lenhosas de formações savânicas do Cerrado. Esses resultados demonstram a importância dos fatores edáficos na determinação da vegetação, uma vez que, dentro do Bioma Cerrado, é possível encontrar diferentes tipos de vegetação, coexistindo em locais próximos, e sob a influência do mesmo clima (Bueno et al. 2018).

Assim como no presente estudo, a influência da altitude sobre a riqueza de espécies de plantas tem sido amplamente relatada, uma vez que diferentes estudos indicaram que em altitudes mais elevadas em florestas tropicais há menor riqueza de espécies (Richards, 1996; Kitayama, 1992; Vasquez & Givnish, 1998). Os fatores como topografia e as variações altitudinais provocam mudanças sensíveis no clima e no solo, criando diferentes ambientes e, conseqüentemente, uma distribuição heterogênea no número de espécies e estrutura da vegetação (Whitmore, 1984), e por isso a altitude é comumente apontada como influenciadora da riqueza e diversidade da vegetação (Castro, 1999; Terra et. al. 2015). No entanto, nosso estudo parece ser o primeiro em larga escala no Cerrado a evidenciar uma relação negativa entre altitude e diversidade de espécies.

No nosso estudo, foi notável também o papel das propriedades dos substratos sobre a riqueza de espécies lenhosas de formações savânicas do Cerrado, uma vez que três das seis variáveis edáficas aqui analisadas foram determinantes da riqueza florística dos sítios (teor de carbono orgânico, capacidade de troca catiônica do solo e conteúdo de silte dos solos). Isso já era esperado, uma vez que vários estudos têm mostrado que fatores edáficos como a fertilidade e composição física do solo podem afetar a riqueza, composição e distribuição de espécies vegetais (Haridasan, 2000; Oliveira Filho & Ratter, 2002; Moura et al. 2010). Mostramos aqui que as maiores riquezas de espécies podem ser registradas em sítios sobre solos mais orgânicos, com textura mais fina e menos férteis. Considerando que há maior retenção de umidade em solos com maiores teores de carbono e textura mais fina (Ellis e Mellor, 1995; Cremon et al., 2009), é provável que a disponibilidade de água para as plantas

possa elevar a riqueza local das comunidades lenhosas do Cerrado. Ainda, a flora lenhosa do Cerrado é considerada altamente adaptada a solos distróficos (Haridasan, 1992; Eiten, 1994; Ratter et al. 2003; Skorupa et al. 2012) e, por essa razão, nós propomos aqui que a menor disponibilidade de cátions dos solos, que confere menor fertilidade, pode também ser promotora da riqueza.

No entanto, mesmo a abundância de indivíduos nos sítios não sendo correlacionada com as características dos substratos, ela foi influenciada pela temperatura do ambiente, uma vez que registramos maiores abundâncias em sítios com maiores temperaturas. Recentemente, Morandi et al. (2018) mostraram que as formações savânicas do Cerrado armazenam maior biomassa nas regiões de transição com a Amazônia onde são registradas as maiores temperaturas no Cerrado (Silva et al. 2015). Desse modo, é bem provável que, ao menos em parte, a maior biomassa aérea do componente lenhoso das savanas na região de transição com a Amazônia, seja explicada pelas maiores abundâncias de plantas arbustivo-arbóreas. De fato, outros estudos com savanas na região de transição com a Amazônia têm mostrado aumentos recentes no acúmulo de biomassa arbórea aérea (Maracahipes-Santos et al. 2018; Roitman et al. 2018), tanto por adensamento no número de indivíduos, quanto pelas altas taxas de crescimento das plantas, indicando maior sequestro de carbono do que a vegetação das savanas da porção central do Cerrado. No entanto, as maiores densidades aqui registradas nas transições são consequência das maiores temperaturas, e não dos substratos ou da proximidade e influência Amazônica e Mata Atlântica, corroborando parcialmente nossa hipótese 2.

Ao contrário do que havíamos predito na nossa hipótese 3, não registramos diferenças significativas na composição local de espécies quando avaliamos o mesmo tipo vegetacional na escala do Bioma Cerrado. Isso está de acordo com Ribeiro e Walter (2008), que propôs que o cerrado Sentido Restrito é semelhante em composição, mesmo sendo formado por quatro fisionomias que diferem quanto à densidade de indivíduos, altura das plantas lenhosas, gramíneas, e afloramentos rochosos. Recentemente, Bueno et al. (2018) avaliaram todos os tipos de vegetação arbórea do Cerrado, incluindo o Cerradão distrófico, e demonstraram que são altamente similares em relação a composição de espécies e em geral ocorrem em solos pobres e com presença constante do fogo. Esses autores destacaram os fatores edáficos e ocorrência de queimadas como determinantes da similaridade na composição vegetacional, uma vez que, dentro do Bioma Cerrado é possível encontrar diferentes grupos florísticos coexistindo em espaço próximos e sujeitos ao mesmo clima.



## 5. CONCLUSÃO

Embora os estudos locais mostrem a tendência de alta riqueza de espécies na transição, ao avaliar sítios padronizados de Cerrado Sentido Restrito em escala mais ampla, nosso estudo mostrou que não há formação de gradientes de aumento na riqueza em direção as transições com a Amazônia e a Mata Atlântica. Da mesma forma, não houve a formação de distintos grupos florísticos, e a abundância não se relacionou com a proximidade dessas transições, contrariando assim, nossas hipóteses iniciais. No entanto, mostramos claro efeito da altitude sobre a riqueza, que aumenta nas regiões com menores altitudes de Cerrado. Essas regiões estão localizadas principalmente no norte e oeste do Cerrado, onde ainda são necessários estudos de amostragem da vegetação. Ainda, mostramos que variáveis edáficas (teor de carbono orgânico, capacidade de troca catiônica do solo e conteúdo de silte dos solos) aumentam a riqueza de espécies, enquanto o aumento da temperatura média, promove o aumento da abundância de indivíduos. Sendo assim, a riqueza e composição de espécie, e a abundância de plantas do Cerrado Sentido Restrito são influenciadas por fatores ambientais, mas não se alteram pela proximidade das zonas de transição com as florestas tropicais, Cerrado e Amazônia.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÁMOLI, J; MACÊDO, J; AZEVEDO, L.G; NETTO, J. M. (1987). Caracterização da região dos cerrados *In Solos dos cerrados*. Tecnologias e estratégias de manejo (W.J. Goedert, ed.). Embrapa/ CPAC, Planaltina, p.33-74.

AQUINO, F. G., PEREIRA, C. S., PASSOS, F. B., & OLIVEIRA, M. C. (2014). **Composição florística e estrutural de um cerrado sentido restrito na área de proteção de manancial Mestre D'Armas, Distrito Federal**. *Bioscience Journal*, 30(2), 565-575.

ASKEW, G. P; MOFFATT, D. J; MONTGOMERY, R. F; SEARL, P. L. (1970a). **Soil Landscapes in North Eastern**. Mato Grosso. Source: *The Geographical Journal*. 136(2): 211-227.

ASKEW, G. P; MOFFATT, D. J; MONTGOMERY, R. F; SEARL, P. L. (1970b). **Interrelationships of soils and vegetation in the savanna-forest boundary zone of North-Eastern Mato Grosso.** The Geographical Journal, 136(3), 370-376.

ASNER, G. P; KNAPP, D. E; BROADBENT, E. N; OLIVEIRA, P. J; KELLER, M; SILVA, J. N. (2005). **Selective logging in the Brazilian Amazon.** Science, 310(5747), 480-482.

ASSIS, A. C.C; COELHO, R. M; PINHEIRO, E. S. (2011) **Water availability determines physiognomic gradient in an area of low-fertility soils under Cerrado vegetation.** *Plant Ecol* 212:1135–47. Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate. Biotropica, v. 32.

BARBOSA, M. M. (2006) **Florística e fitossociologia de cerrado sentido restrito no Parque Estadual da Serra Azul, Barra do Garças, MT. Cuiabá.** 39p.

BARR, L. M; PRESSEY, R.L; FULLER, R.A. (2011). **A new way to measure the world's protected area coverage.** PLoS ONE 6, e24707.

BRASIL. 1982. Ministério das Minas e Energia. Secretária-Geral. **Projeto RADAMBRASIL.** Folha; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro.

BRIDGEWATER, S; RATTER, J. A; RIBEIRO, J. F (2004). **Biogeographic patterns, Betadiversity and dominance in the cerrado biome of Brazil.** Biodiversity and Conservation 13: 2295-2318.

BRITEZ, R. M. Solos. In: MARQUES, M. C. M.; BRITEZ, R. M (orgs.) (2005). **História natural e conservação da Ilha do Mel, Paraná.** Curitiba: Ed. da UFPR, 2005. P. 49-84.

BROOKS, T.M; HANAH, L; DA FONSECA, G.A.B; MITTERMEIER, R.A. (2001). **Prioritizing hotspots, representing transitions.** Trends in Ecology and Evolution 16: 673.

BROWN, E. H. (1970). **The Geomorphology of the 20 km Square.** The Geographical Journal. 136(3): 367-370.

BROWN, J.H. G.C; STEVENS, D.M, KAUFMAN. (1996). **The geographic range: size, shape, boundaries, and internal structure.** Annual Review of Ecology and Systematics 27: 597–623.

BUENO, M. L, DEXTER, K. G, PENNINGTON, R. T., PONTARA, V., NEVES, D. M., RATTER, J. A. OLIVEIRA-FILHO, A. T. (2018). **The environmental triangle of the Cerrado Domain:** Ecological factors driving shifts in tree species composition between forests and savannas *Journal of Ecology*.

CARNEIRO FILHO, A; COSTA, K. (2016). **A expansão da soja no Cerrado:** Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável.

CASTRO, A. A. J. F., MARTINS F. R., TAMASHIRO J. Y., SHEPHERD G. J. (1999). **How rich is the flora of Brazilian Cerrados?** Ann Mo Bot Gard 86:192–224. doi:10.2307/2666220

CASTRO, A. A. J. F; MARTINS, F. R; TAMASHIRO, J. Y; SHEPHERD, G.J. (1999) **How rich is the flora of Brazilian Cerrados?** Ann Mo Bot Gard 86:192–224.

CASTRO, A.A.J. F; MARTINS, F. R (1999) **Cerrados do Brasil e do Nordeste:** caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. Pesq Foco 7:147–178

CEPF (2016). **Perfil do Ecossistema Hotspot de Biodiversidade do Cerrado.** Critical Ecosystem Partnership Fund: Conservation International & Instituto Sociedade, População e Natureza. Disponível em <http://www.cepf.net/SiteCollectionDocuments/cerrado/CerradoEcosystemProfile-PR.pdf>.

CHANNELL, R. (2004). **The conservation value of peripheral populations: The supporting science.** Proceedings of the Species at Risk 2004 Pathways to Recovery Conference, pp. 1– 17.

CHANNELL, R; LOMOLINO. M. V. (2000a). **Dynamic biogeography and conservation of endangered species.** Nature 403:84–86.

CHANNELL, R; LOMOLINO, M. V. (2000b). **Trajectories to extinction**: spatial dynamics of the contraction of geographic ranges of endangered species. *Journal of Biogeography* 27:169–180.

CLINEBELL, R. R; PHILLIPS, O.L; GENTRY, A. H; STARK N, ZUURING H (1995) **Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data**. *Biodivers Conserv* 4:56–90.

COSTA, M. PIRES, G. (2010). **Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation**. *International Journal on Climatology*, v. 30, pp. 1970–1979. doi: 10.1002/joc.2048

CREMON, C. (2009) **Atributos do solo em diferentes fitofisionomias do Cerrado Mato-grossense**. *Agrarian*, v.02, n.06, p.47-59.

DOMINGUES, M. S; BERMAN, C. (2012). **O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja**. *Ambiente Sociedade*. 15:1-22.

EITEN, G. (1972). **The cerrado vegetation of Brazil**. *Botanical Review* 38:201-341.

EITEN, G. (1994) **Vegetação do Cerrado**. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado**: caracterização ocupação e perspectivas. 2. ed. Brasília, Editora da UnB, 1994. p.17-73.

ELLIS, S. MELLOR, A. (1995). **Soils and Environment**. Routledge, New York. EMBRAPA.

FELFILI J. M; SILVA-JÚNIOR. (2005b). Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. In: Scariot A, Sousa-Silva JC, Felfili J. (eds.) **Cerrado**: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. p. 141-154.

FELFILI, J. M., NOGUEIRA, P. E., SILVA JÚNIOR, M. C., MARIMON, B. S., DELITTI, W. B. C. (2002). **Composição e fitossociologia do Cerrado Sentido Restrito no Município de Água Boa – MT**. *Acta bot. bras.* 16(1): 103-112.

FELFILI, J. M., SILVA JÚNIOR, M. C., SEVILHA, A. C., FAGG, C. W., WALTER, B. M. T., NOGUEIRA, P. E., REZENDE, A. V. (2004). **Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil.** *Plant Ecology* **175**: 37–46.

FELFILI, J.M.; CARVALHO, F.A. & HAIDAR, R.F. (2005a). **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal.** Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília.

FELFILI, J.M; FILGUEIRAS, T.S; HARIDASSAN, M; SILVA JÚNIOR, M.C; MENDONÇA, R.C. & REZENDE, A.V. (1994). Projeto biogeografia do bioma cerrado: vegetação e solos. **Cadernos de Geociências** **12**: 75-166.

FELFILI, M. J; REZENDE, A. V; SILVA-JÚNIOR, M. C. (Orgs.). (2007). **Biogeografia do Bioma Cerrado. Vegetação e Solos da Chapada dos Veadeiros.** Universidade de Brasília-Finatec. Brasília, Brasil. 256p.

FERNANDES, A; BEZERRA, P. (1990) **Estudo fitogeográfico do Brasil.** Stylus Comunicações, Fortaleza.

FITZPATRICK, M. C; SANDERS, N. J; NORMAND, S; SVENNING, J. C; FERRIER, S; GOVE, A. D; & DUNN, R. R. (2016). **Environmental and historical imprints on beta diversity: insights from variation in rates of species turnover along gradients.** *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 280(1768), 20131201.

FONSECA, M. S., e SILVA JÚNIOR, M. C. (2004) **Fitossociologia e similaridade florística entre trechos de Cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília,** DF. *Acta bot. bras.* 18(1): 19-29

FRANÇOSO, R. D; BRANDÃO, R; NOGUEIRA C.C; SALMONA, Y. B; MACHADO, R, B. COLLI, G.R. (2015) **Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot.** *Nat Conservação* 13:35–40.

FRANÇOSO, R. D; HAIDAR, R. F; MACHADO, R. B. (2016). **Tree species of South America central savanna: endemism, marginal areas and the relationship with other biomes.** Acta Botanica Brasilica - 30(1): 78-86. January-March.

FRANÇOSO, R.D (2014). **Padrões biogeográficos e composição das comunidades arbóreas do cerrado brasileiro.** Tese de doutorado. pg.148. Brasília.

FREITAS, W. K; MAGALHÃES, L. M. S. (2012). **Métodos e Parâmetros para Estudo da Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo.** Floresta e Ambiente.

FUNK, V.A; FERNANDA, Z. & NASIR, N. (1999) **Testing the use of specimen data and GIS in biodiversity exploration and conservation decision making in Guyana.** Biological Conservation,8, 727–759.

GOMES, L; LENZA, E; MARACAHIPES, L; MARIMON, B. S; OLIVEIRA, E. A. (2011) **Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de cerrado típico e cerrado rupestre, Mato Grosso, Brasil.** Acta Botânica Brasilica 25(4): 865-875.

GOTELLI, N. J; ENTSMINGER, G.L (2001) **EcoSim: Null models software for ecology.** Jericho Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear.

GRASSBERGER, P. (1988). **Finite Sample Corrections to Entropy and Dimension Estimates.** Physics Letters A, 128(6–7), 369–373.

HARIDASAN, M. (2000). **Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado.** Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 12:54-64.

HARIDASAN, M. Observations on soils, foliar nutrient concentration and floristic composition of cerrado sensu stricto and cerradão communities in central Brazil. In: FURLEY, P. A; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. **Nature and Dynamics of ForestSavanna Boundaries.** London, Chapman & Hall Publishing, 1992. p.171-184.

HAWKINS B.A; Field, R; CORNELL, H.V; Currie, D.J; GUÉGAN, J.F; KAUFMAN D.M; PORTER, E.E. (2003) **Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness.** Ecology 84:3105–3117.

HILL, M. (1973). **Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences.** *Ecology*, 54(2), 427–432.

HUNKE, P; ROLLER, R; ZEILHOFER, P; SCHRODER, B; MUELLER, E. N. (2015) **Soil changes under different land-uses in the Cerrado of Mato Grosso, Brazil.** *Geoderma Regional*, v. 4, p. 31-43, 2015.

IBGE. (2014) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Área territorial brasileira.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 13 de out. 2017.

INPE (2017). **Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para o período de agosto de 2013 a julho de 2015.** Disponível em: <http://combateaodesmatamento.mma.gov.br/analises-no-cerrado>.

JOST, L. (2006). **Entropy and Diversity.** *Oikos*, 113(2), 363–375.

KARK, S; ALLNUTT, T. F; LEVIN, N; MANNE, L. L; WILLIAMS, P.H (2006). **The role of transitional areas as avian biodiversity centres.** *Global Ecology and Biogeography* (in press, available on-line).

KARK, S; VAN RENSBURG, B. J. (2006) **Ecotones: marginal or central areas of Transition?** *Isr J Ecol Evol.* 54:29–53.

KIER, G. G. MUTKE<sup>1</sup>, J. DINERSTEIN, E. RICKETTS, T. H., KUPPER<sup>1</sup>, W. KREFT, H., BARTHLOTT, W. (2005) **Global patterns of plant diversity and floristic knowledge.** *Journal of Biogeography* (J. Biogeogr.) (2005) 32, 1107–1116

KILLEEN, T.J; SOLÓRZANO, L. A. (2008) **Conservation strategies to mitigate impacts from climate change in Amazonia.** *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 363:1881–1888.

KITAYAMA, K. (1992). **An altitudinal transect study of the vegetation on Mount Kinabalu, Borneo.** *Vegetatio* 102: 149–171, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00044731>.

KLINK, C. A; MACHADO, R. B (2005) **Conservation of the Brazilian Cerrado**. *Conserv Biol* 19:707–713.

KREFT, H; JETZ, W. (2007). **Global patterns and determinants of vascular plant diversity**. *Proc Natl Acad*.

KUHN, M. WING, J., WESTON, S. WILLIAMS, A. KEEFER, C., ENGELHARDT, COOPER, T., MAYER, ZACHARY, M., KENKEL, B., TEAM, R. C., BENESTY, M. LESCARBEAU, R., ZIEM, A; SCRUCICA, L. TANG, Y. CANDAN, C. (2019) **Classification and Regression Training**. Package 'caret'.

KUNIN, W.E. (1998). **Biodiversity at the edge**: a test of the importance of spatial "mass effects" in the Rothamsted Park Grass experiments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95: 207–212.

LESICA, P; ALLENDORF, F.W. (1995). **When are peripheral populations valuable for conservation?** *Conservation Biology* 9: 753–760.

LIMA N. E; CARVALHO, A. A; LIMA-RIBEIRO, M. S; MANFRIN, M. H. (2018) Caracterização e história biogeográfica dos ecossistemas secos neotropicais. *Rodriguésia* 69(4): 2209-2222. 2018.

LOBO, J.M. (2008) **Database records as surrogates for sampling effort provide higher species richness estimations**. *Biodiversity and Conservation*, 17, 873–881.

MARACAHIPES, L.; LENZA, E.; MARIMON, B.S.; OLIVEIRA, E.A.; PINTO, J.R.R. & MARIMON-JUNIOR, B.H. (2011). **Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em cerrado rupestre na transição Cerrado-Floresta Amazônica, MT, Brasil**. *Biota Neotropica* 11:133-141.

MARACAHIPES-SANTOS, L; SANTOS, J. O; REIS, S. M.; LENZA, E.(2018) **Temporal changes in species composition, diversity, and woody vegetation structure of savannas in the Cerrado-Amazon transition zone**. *Acta Bot. Bras.* vol.32 no.2 Belo Horizonte.



MARGULES, C.R; PRESSEY, R. L; WILLIAMS, P.H. (2002) **Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation**. J. Biosci. 27 (4 Suppl. 2), 309–326.

MARIMON- JUNIOR, B.H; HARIDASAN, M. (2005). **Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil**. Acta Botanica Brasilica 19:913-926.

MARIMON, B. S; LIMA, E. D. S; 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. Edinb J Bot 63:323-341.

MARIMON, B. S; MARIMON-JUNIOR, B. H; FELDPAUSCH, T. R. (2014) **Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-savanna transition zone in southern Amazonia**. Plant Ecol Divers 7:281–292.

MARIMON, B. S; MARIMON-JUNIOR, B. H; MEWS, H. A; JANCOSKI, H. S., FRAN CZAK, D. D; LIMA, H. S; MORESCO, M. C. (2012). **Floristics of floodplain 'murundus' of the Pantanal of Araguaia, Mato Grosso, Brazil**. Acta Botanica Brasilica, 26, 181-196.

MARIMON, B.S; MARIMON–JUNIOR, B.H; FELDPAUSCH, T.R; OLIVEIRA–SANTOS, C; MEWS, H. A; LOPEZ–GONZALEZ, G. FRAN CZAK, D. D; OLIVEIRA, E. A; MARACAHIPES, L; MIGUEL, A; LENZA, E; PHILLIPS, O.L. (2014) **Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest–savanna transition zone in southern Amazonia**. Plant Ecol Divers 7:281–292. doi:10.1080/17550874.2013.818072

MARQUES, E. Q. (2016) **Redefinindo os limites Amazônia – Cerrado no Brasil: quanto e o que estamos perdendo?** Nova Xavantina: [s.n], 2016. 34 f.

MAYR, E. (1970). **Populations, species, and evolution**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 453 pp.

MCARDLE, B.H; ANDERSON, M. J. (2001) **Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis**. Ecology 82: 290–297.

MEDEIROS, M. B., WALTER, B. M. T., SILVA, G. P. (2008) **Fitosociologia do Cerrado *Stricto Sensu* no município de Carolina, MA, Brasil**. Cerne, Lavras, v. 14, n. 4, p. 285-294.

MEDEIROS, M. B; WALTER, B. M. T. (2012) **Composição e estrutura de comunidades arbóreas de cerrado stricto sensu no norte do Tocantins e sul do Maranhão**. Revista Árvore [online]. vol.36, n.4, p. 673-683.

MÉIO, B. B; FREITAS C. V; JATOBÁ, L; SILVA, M. E. F, RIBEIRO JF, HENRIQUES RPB. (2003). **Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado *sensu stricto***. Revista Brasileira de Botânica 26: 437-444.

MENDONÇA, R. C; FELFILI, J. M; WALTER, B. M. T. (2008). **Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies**. In: Sano S, Almeida S, Ribeiro J, (eds.) Cerrado: ecologia e flora. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. p. 423-1279.

MEWS, H; PINTO, J. R. R; EISENLOHR, P.V.; LENZA, E. (2014). **Does size matter? Conservation implications of differing woody population sizes with equivalent occurrence and diversity of species for threatened savanna habitats**. Biodivers Conserv 23:1119–1131.

MORANDI, P. S; MARIMON, B. S; MARIMON-JUNIOR, B. H; RATTER, J. A; FELDPAUSCH, T. R; COLLI, G. R; MUNHOZ, C. B. R; JÚNIOR, M. C. S; LIMA, E. S; HAIDAR, R. F., ARROYO, L., MURAKAMI, A. A., AQUINO, F. G; WALTER, B. M. T., RIBEIRO, J. F; FRANÇOSO, R., ELIAS, F., OLIVEIRA, E. A., REIS, S. M., OLIVEIRA, B; NEVES, E. C; NOGUEIRA, D. S; LIMA, H. S., CARVALHO, T. P; RODRIGUES, S. A; VILLARROEL, D; FELFILI, J. M. PHILLIPS, O. L. (2018) **Tree diversity and above-ground biomass in the South America Cerrado biome and their conservation implications Biodiversity and Conservation**. Biodiversity and Conservation. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1589-8>.

MOURA, I. O; GOMES-KLEIN, V. L; FELFILI, J. M; FERREIRA, H. D. (2010). **Diversidade e estrutura comunitária de cerrado *sensu stricto* em afloramentos**

**rochosos no Parque Estadual dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás.** Revista Brasileira de Botânica 33:455-467.

MUELLER-DOMBOIS, D; ELLENBERG, H. (1974). **Aims and methods of vegetation ecology.** New York: John Wiley & Sons. n. 4b, p. 793-810, 2000. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.x>

NERI, A.V; SCHAEFER, C. E. G. R; SILVA, A. F. (2012) **The influence of soils on the floristic composition and community structure of an area of Brazilian cerrado vegetation.** Edinb J Bot 69:1–27.

NOGUEIRA, E. M; NELSON, B. W; FEARNSIDE, P. M; FRANÇA, M. B; OLIVEIRA, C. A. (2008). **Tree height in Brazil's 'arc of deforestation':** Shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. Forest Ecology Management. 255:2963-2972.

NOGUEIRA, P. E; FELFILI, J. M; SILVA JÚNIOR, M. C; DELITTI, W; SEVILHA, A. C. (2001). **Composição florística e fitossociologia de um Cerrado sentido restrito no município de Canarana, MT.** Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer 8: 28-43.

O'BRIEN, R. M (2007). **A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors.** Quality & Quantity (2007) 41:673–690

ODUM, E.P. (1953). **Fundamentals of ecology.** W.B. Saunders, Philadelphia.

OKSANEN, A; BLANCHET, F.G; FRIENDLY, M., KINDT, R; LEGENDRE, P.,

MCGLINN, D; MINCHIN, P.R; O'HARA, R.B; SIMPSON, G.L; WAGNER, H. (2016). **Community Ecology Package.** <https://cran.r-project.org>, <https://github.com/vegandevs/vegan>. Accessed 06 November 2017.

OLIVEIRA FILHO, A. T; RATTER, J. A. (2002). Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. *In: The cerrados of Brazil.* Columbia University Press, New York, p.91-120.

OLIVEIRA FILHO, A.T; RATTER, J.A. (1995a). **A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns.** *Edinburgh Journal of Botany* 52:141-194.

OLIVEIRA FILHO, A.T; RATTER, J.A. (2002). Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. *In The cerrados of Brazil. Ecology a natural history of a Neotropical savanna.* Columbia University Press, New York, p.91-120.

OLIVEIRA, F.F; BATALHA, M.A. (2005). **Lognormal abundance distribution of woody species in a Cerrado fragment (São Carlos, southeastern Brazil).** *Rev. Bras. Bot.*28(1):39-45.

PINHEIRO, M. H.O; MONTEIRO, R (2006) **Contribution of forest species to the floristic composition of a forested savanna in Southeastern Brazil.** *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49: 763-774.

R CORE TEAM (2017) **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** <https://www.R-project.org/>

RATTER, J. A; ASKEW, G. P; MONTGOMERY, R. F; GIFFORD, D. R. (1978) **Observations on forests of some mesotrophic soils in central Brazil.** *Revista Brasileira de Botânica*, 1:47-58.

RATTER, J. A; DARGIE, T. C. D. (1992). **An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil.** *Edinburgh Journal of Botany* 49:235-250.

RATTER, J. A; RICHARDS, P. W; ARGENT, G; GIFFORD, D. R. (1973). **Observations on the vegetation of the northeastern Mato Grosso. I.** The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo Expedition area. *Philosophical Transactions of the Royal Society B.* 266:449-492.

RATTER, J.A; BRIDGEWATER, S; RIBEIRO, J.F. (2003). **Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: Comparison of the Woody Vegetation of 376 Areas.** *Edinburgh Journal of Botany* 60: 57-109.

REJANE, M; MENDES, D. A; ALBERTO, A; FARIAS, J. (2010). **Vascular flora of semi-arid region**. São José do Piauí, state of Piauí, Brazil. *Checklist*, 6(1):39–44.

RIBEIRO, J.F; WALTER, B.M.T. (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp. 151-212. In Sano, S.M.; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. (orgs). **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados, Brasília.

RICHARDS, P.W. (1996). **The tropical rains forest: an ecological study**. Cambridge University Press, New York.

RIO DE JANEIRO. **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 10 Dez. 2017

RIPLEY, B., VENABLES, B., BATES, D. M., KURT, H. GEBHARDT, A. FIRTH, D. (2019) **Functions and datasets to support Venables and Ripley**. “Modern Applied Statistics with S” (4th edition, 2002).

RISSER, P.G. (1995). **The status of the science examining ecotones**. *BioScience* 45: 318–325.

RIZZINI, C.T. (1997) **Tratado de Fitogeografia do Brasil**, 2nd ed. Âmbito Cultural, São Paulo.

ROITMAN, I; BUSTAMANTE, M. M. C; HAIDAR, R. F; SHIMBO, J. Z; ABDALA, G. C; EITEN, G; FAGG, C. W; FELFILI, M. C; FELFILI, J. M; JACOBSON, T. K. B; LINDOSO, G. S; KELLER, M; LENZA, E, MIRANDA, S. C. PINTO, J. A. R. R; RODRIGUES, A; DELITTI, W. B. C, ROITMAN, P; SAMPAIO, J. M. (2018) **Optimizing biomass estimates of savanna woodland at different spatial scales in the Brazilian Cerrado: Re-evaluating allometric equations and environmental influences**. *PLOS ONE* | <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196742> August 1, 2018/2

ROMERO, R. & NAKAJIMA, J. N. (1999). **Espécies endêmicas do Parque Nacional da Serra da Canastra**. *Revista Brasileira de Botânica* 22: 259-265.

RUSEK, J. (1992). Distribution and dynamics of soil organisms across ecotones. In: HANSEN, A.J., DI CASTRI, F. **Landscape boundaries: consequences for biotic diversity and ecological flows**. Ecological studies, Vol. 92. Springer-Verlag, New York, pp. 196–214.

RYLANDS, A. B; BRANDON, K. (2005). **Brazilian protected areas**. Conserv. Biol. 19, 612–618

SAFRIEL, U. N; VOLIS, S; KARK, S. (1994). **Core and peripheral populations and global climate change**. Israel Journal of plant sciences, Vol.42, pp. 331-345.

SANO, E. E; RODRIGUES, A. A; MARTINS, E. S; BETTIOL, G. M; BUSTAMANTE, M. M. C; BEZERRA, A. S; COUTO, J. R. A. F; VASCONCELOS, V; SCHÜLER, J; BOLFE, E. L. (2019) **Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation**. Journal of Environmental Management.

SANO, E. E; ROSA, R; BRITO, J. L. S; FERREIRA, L. G. (2010) **Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil**. Environ Monit Assess. 166:113–124

SCHILLING, A. C; BATISTA, J. L. F. (2008). **Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais**. Revista Brasileira de Botânica: 179-187.

SILVA, F. A. M; ASSAD, E. D; EVANGELISTA, B. A. (2008). **Caracterização Climática do Bioma Cerrado**. In: Sano, S. M., Almeida, S. P., Ribeiro, J. F. (eds.). Cerrado: Ecologia e Flora. Embrapa-CPAC, Planaltina, Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). EMBRAPA-CPAC, Planaltina, p.71-87.

SILVA, J. M; BATES, J. M. (2002). **Biogeographic patterns and conservation in the South. American Cerrado: A tropical savanna hotspot**. Bioscience 52: 225-233.

SILVA, R. B. M; FRANCELIN, M. R; MOURA, A; MOURA, T. A; PEREIRA, M.G. OLIVEIRA, C. P. (2015) **Relação solo/vegetação em ambiente de cerrado sobre influência do Grupo Urucuaia**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 363-373, abr.-jun.

SILVÉRIO, D. V; BRANDO, P. M; MACEDO, M. N; BECK, P. S. A; BUSTAMENTE, M. COE, M. T. (2015). **Agricultural expansion dominates climate changes in southeastern Amazonia: the overlooked non-GHG forcing.** Environmental Research Letters. IOP Publishing, v. 10, n. 10, p. 104-015.

SIMON, M.F. & PROENÇA, C. (2000). **Phytogeographic patterns of *Mimosa* (Mimosoideae, Leguminosae) in the Cerrado biome of Brazil: an indicator genus of high-altitude center of endemism?** Biological Conservation 96:279-296.

SKORUPA, A. L. A. **Propriedades de solos sob vegetação nativa em Minas Gerais: distribuição por fitofisionomia, hidrografia e variabilidade espacial.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, n. 01, p. 11-22, 2012.

SMITH, L.B. (1962). **Origins of the flora of southern Brazil.** Contributions from the United States National Herbarium 35:215-249.

SMITH, T.B; KARK, S; SCHNEIDER, C.J; WAYNE, R.K; MORITZ, C. (2001). **Biodiversity hotspots and beyond: the need for conserving environmental transitions.** Trends in Ecology and Evolution 16: 431

SOUSA-BAENA, M.S; GARCIA, L.C; PETERSON, A.T. (2014). **Completeness of digital accessible knowledge of the plants of Brazil and priorities for survey and inventory.** Diversity and Distributions 20: 369-381.

SPECTOR, S; AYZAMA, S. (2003). **Rapid turnover and edge effects in dung beetle assemblages (Scarabaeidae) at a Bolivian neotropical forest–Savanna ecotone.** Biotropica 35: 394–404.

SPERA, S. A. (2016). **Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier.** Global Change Biology. v. 22, n.10, pp. 3405-13.

STRASSBURG, B. (2017). **Moment of truth for the Cerrado hotspot.** Nature Ecology & Evolution. Macmillan Publishers Ltd, v.1, article 0099.

STRASSBURG, B. (2014). **When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in**

BRAZIL. **Global Environmental Change**. Elsevier, v. 28, pp. 84–97. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.06.001.

SVANCARA, L.K; BRANNON, J.R; SCOTT, M. 2005. **Policy-driven versus evidence-based conservation: A review of political targets and biological needs**. *Bioscience* 55, 989–995.

TERRA, M. C. N. S; MELLO, J. M; MELLO, C. G; SANTOS, R. M; NUNES, A. C. R., RAIMUNDO, M. R. (2015) **Influência topo-edafo-climática na vegetação de um fragmento de Mata Atlântica na Serra da Mantiqueira, MG**. *Rev. Ambient. Água* vol. 10 n. 4 Taubaté – Oct. / Dec. 2015

TOWNS, D.R; C.H. DAUGHERTY. (1994). **Patterns of range contractions and extinctions in the New Zealand herpetofauna following human colonization**. *New Zealand Journal of Zoology* 21:325–339.

VAN DER MAAREL, E. (1990) **Ecotones and ecoclines are different**. *J Veg Sci* 1: 135–138.

VASQUEZ, G. J. A; GIVNISH, T. J. (1998). **Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure and diversity in the Siera de Manantla'n**. *J. Ecol.* 86: 999–1020, <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2745.1998.00325.x>.

VENABLES, W. N; RIPLEY, B. D. (2002) **Modern Applied Statistics with S**. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0

WERNECK, F. P. (2011) **The diversification of eastern South American open vegetation biomes: Historical biogeography and perspectives**. *Quaternary Science*.

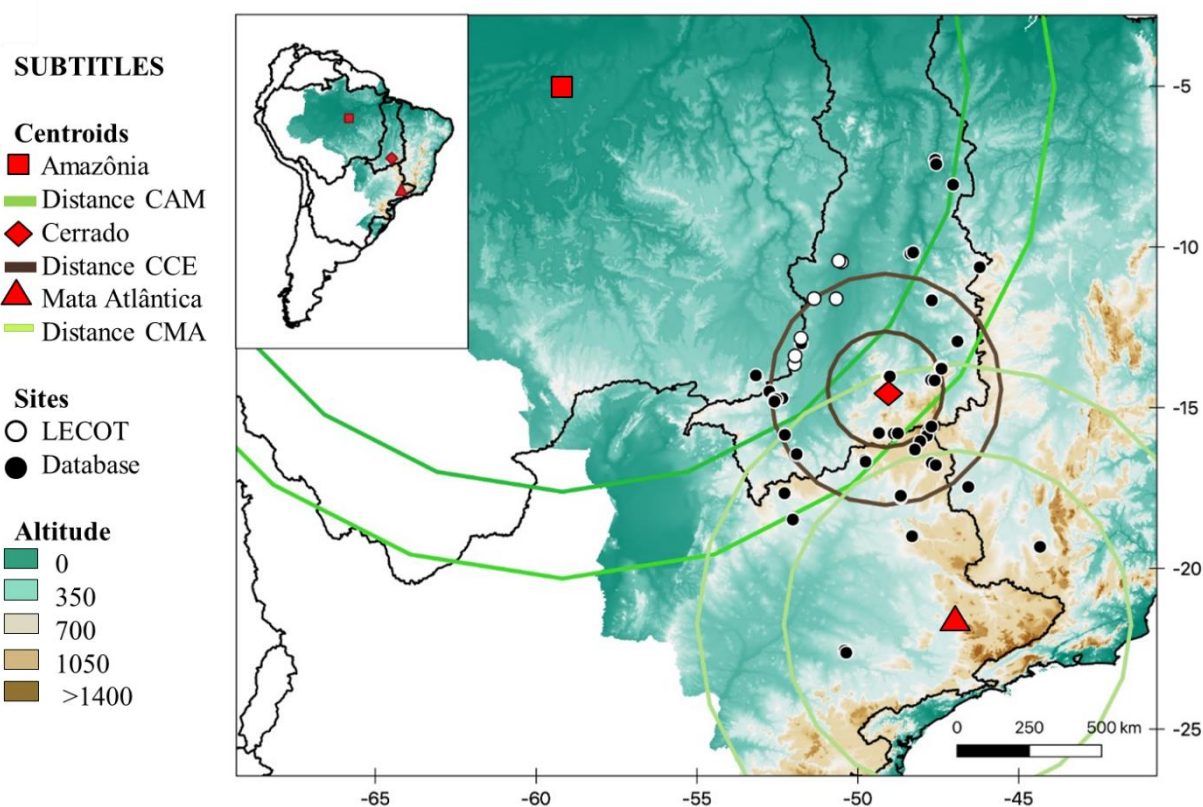
WHITMORE, T.C. (1984). **Tropical rain forest of the far east**. Claredon Press, Oxford.



ZUUR, A. F; IENO, E. N; WALKER, N. J; SAVELIEV, A. A; SMITH, G. M. (2009) **Statistics for Biology and Health**. Springer Science+Business Media, LLC 2009.

ZUUR, A.F; IENO, E.N; ELPHICK, C.S. (2010) **A protocol for data exploration to avoid common statistical problems**. *Methods Ecology and Evolution*, 1, 3–14.

## 7. APÊNDICES



**Apêndice 1.** Sítios de Cerrado Sentido Restrito amostrados na Zona Central do Cerrado e nas Zonas de transição com os biomas Amazônia e Mata Atlântica. Os círculos brancos representam os sítios amostrados por nossa equipe (LECOT), e os pretos são aqueles que obtivemos pela literatura. As grandes linhas circulares cinza representam as classes de distância do centroide do Cerrado (losango vermelho), sendo a classe 1= 0 a 200 km; classe 2= 201 a 300 km; classe 3= > 301 km. As grandes linhas circulares verdes escuro representam as classes de distância do centroide da Amazônia (quadrado vermelho), sendo a classe 1= 0 a 1400 km; classe 2= 1401 a 1700 km; classe 3= > 1701 km. As grandes linhas o circulares verdes claro representam as classes de distância do centroide da Mata Atlântica (triângulo vermelho), sendo a classe a classe 1= 0 a 600 km; classe 2= 601 a 900 km; classe

3= > 901 km. Nas cores azul escuro e azul claro, estão as altitudes mais baixas, de 0 a 350 metros respectivamente. Nas cores claras estão altitudes intermediarias (700m), e em marrom claro e escuro, as altitudes mais altas, 1050 a 1400m respectivamente. As linhas pretas estabelecem os limites dos estados brasileiros.

**Apêndice 2.** Município, estado, código, longitude e latitude, temperatura e precipitação média, e autores/pesquisadores da vegetação em 63 sítios de Cerrado Sentido Restrito amostrados na região central do Bioma Cerrado, e nas regiões de transição com os Biomas

Amazônia e Mata Atlântica.

Município	Estado	Código	longitude	latitude	Altitude	Temp. média	Precip. Média	Autores
Alto Paraíso de Goiás	GO	ALP-1	-47,7180560	-14,1425000	1204	28,27	1322,14	Mews et al. 2014
Alto Paraíso de Goiás	GO	ALP-2	-47,6072220	-14,1572220	1194	29,55	1322,14	Mews et al. 2015
Caldas Novas	GO	CNO-1	-48,6852780	-17,75944400	1010	28,64	1530,54	Mews et al. 2016
Caldas Novas	GO	CNO-2	-48,6641670	-17,79500000	925	29,01	1530,54	Mews et al. 2017
Caldas Novas	GO	CNO-3	-48,6638890	-17,74472200	747	29,26	1530,54	Lima et al. 2010
Cavalcante	GO	CAV-1	-47,4144440	-13,74972200	787	29,34	1304,39	Mews et al. 2018
Cavalcante	GO	CAV-2	-47,3950000	-13,79166700	844	30,02	1304,39	Mews et al. 2019
Cristalina	GO	CRI-1	-47,6975000	-16,72527800	1029	28,53	1471,11	Mews et al. 2020
Cristalina	GO	CRI-2	-47,5730560	-16,79194400	1139	30,18	1504,43	Mews et al. 2021
Jaraguá	GO	JAR-1	-49,3330560	-15,79861100	1048	28,45	1554,45	Mews et al. 2022
Jaraguá	GO	JAR-2	-49,3430560	-15,79250000	963	29,12	1554,45	Mews et al. 2023
Mara Rosa	GO	MAA-1	-49,0497220	-14,03666700	636	31,50	1436,51	Mews et al. 2024
Mara Rosa	GO	MAA-2	-49,0030560	-14,03166700	579	30,80	1436,51	Mews et al. 2025
Mineiros	GO	MIN-1	-52,0188890	-18,48277800	703	31,84	1617,51	Mews et al. 2026
Mineiros	GO	MIN-2	-52,2777780	-17,66472200	805	29,50	1593,93	Mews et al. 2027
Nazário	GO	NAZ-1	-49,7847220	-16,62500000	917	29,10	1556,81	Mews et al. 2028
Nazário	GO	NAZ-2	-49,7591670	-16,68333300	775	29,00	1582,22	Mews et al. 2029
Pirenópolis	GO	PRE-1	-48,8286110	-15,79777800	1336	27,30	1537,30	Mews et al. 2032
Pirenópolis	GO	PRE-2	-48,8277780	-15,80361100	1317	27,67	1537,30	Mews et al. 2033
Barra do Garças	MT	BAG-1	-52,2666670	-15,85000000	555	29,58	1541,37	Barbosa, 2016
Piranhas	GO	PIR-1	-51,8961110	-16,45638900	782	30,02	1546,04	Abreu et al. 2012
Piranhas	GO	PIR-2	-51,8994440	-16,44861100	797	30,02	1546,04	Abreu et al. 2012
APA-Paranoá	DF	PRN-1	-47,8333330	-15,76666700	1016	24,48	1429,67	Assunção e Felfili, 2004
Paraopeba	MG	PRP-1	-44,3333330	-19,33333300	800	28,66	1302,63	Balduino et al. 2005
APA-Brasília (Interlúv	DF	JBB-1	-47,8472220	-15,87250000	1040	29,77	1460,22	Assunção e Silva-Junior, 2004
APA-Brasília (Vale)	DF	JBB-2	-47,8472220	-15,87250000	1040	29,77	1460,22	Assunção e Silva-Junior, 2004
Parque Est. Pirineus	GO	PEP-1	-48,8777780	-15,81166700	1245	28,13	1537,30	Moura et al. 2010
Estação Ecológica Ass	SP	EEA-1	-50,4013890	-22,55555600	570	28,14	1561,79	Pinheiro e Durigan 2012
Estação Ecológica Ass	SP	EEA-2	-50,3575000	-22,62805600	555	28,14	1561,79	Pinheiro e Durigan 2012
Cocalzinho de Goiás	GO	CCG-1	-48,7500000	-15,80000000	1165	30,03	1537,30	Pinto et al. 2009
Paracatu	MG	PRT-1	-46,5644440	-17,47027800	521	30,45	1336,14	Ferreira 2010
Palmas	TO	PAL-1	-48,3658330	-10,21527800	231	30,14	1691,68	Lemos et al. 2013
Palmas	TO	PAL-2	-48,2780560	-10,17388900	380	33,20	1691,68	Lemos et al. 2013
Natividade	TO	NAT-1	-47,7116670	-11,64583300	340	32,15	1338,45	Lemos et al. 2013
Natividade	TO	NAT-2	-47,6966670	-11,66555600	545	32,41	1338,45	Lemos et al. 2013
Planaltina	DF	PLA-1	-47,7083330	-15,59166700	966	29,27	1367,46	Aquino et al. 2014
Parque Recreativo da	DF	PRG-1	-48,0583330	-16,05000000	1055	29,25	1496,81	Brant 2011
Corumbá	GO	COR-1	-48,2236110	-16,30500000	160	26,51	1525,82	Medeiros et al. 2005
Arraias	TO	ARR-1	-46,9008330	-12,94194400	705	29,74	1451,68	Lemos 2017
Campos Lindos	TO	CAL-1	-47,0366670	-8,06750000	260	31,76	1582,20	Lemos 2017
Mateiros	TO	MAT-1	-46,2088890	-10,63444400	650	33,68	1191,83	Lemos 2017
Uberlândia	MG	UBE-1	-48,3125000	-19,00361100	860	29,90	1556,20	Faleiro 2007
Filadélfia	TO	FIL-1	-47,5913890	-7,29305600	160	28,38	1688,40	Ribeiro e Walter 2012
Carolina	TO	CAR-1	-47,5613890	-7,42944400	160	29,43	1692,01	Ribeiro e Walter 2012
Santa Teresinha	MT	SAT-1	-50,5038890	-10,46805600	197	30,39	1803,03	Estudo Atual
Santa Teresinha	MT	SAT-2	-50,5936110	-10,43305600	210	30,81	1803,03	Estudo Atual
São Felix do Araguaia	MT	SAF-1	-50,6716110	-11,61366700	215	35,09	2014,09	Estudo Atual
Alto da Boa Vista	MT	ALB-1	-51,3566670	-11,60861100	264	32,51	1862,48	Estudo Atual
Canarana	MT	CAN-1	-51,9688830	-13,64816100	430	33,30	1715,06	Estudo Atual
Canarana	MT	CAN-2	-51,9472220	-13,39027800	430	32,62	1744,31	Estudo Atual
Canarana	MT	CAN-3	-53,1666670	-14,00000000	405	33,44	1858,86	Nogueira et al. 2001
Ribeirão Cascalheira	MT	RIC-1	-51,7678740	-12,83706400	323	30,74	1769,85	Estudo Atual
Ribeirão Cascalheira	MT	RIC-2	-51,7655560	-12,83416700	317	30,74	1769,85	racahipes-Santos et al 20
Ribeirão Cascalheira	MT	RIC-3	-51,7536110	-13,00277800	390	30,74	1700,06	Abadia et al. 2018
Ribeirão Cascalheira	MT	RIC-4	-51,7700000	-12,81888900	328	31,15	1769,85	racahipes-Santos et al 20
Água Boa	MT	AGB-1	-52,7500000	-14,50000000	450	31,99	1634,37	Felfili et al. 2002
Nova Xavantina	MT	NOX-1	-52,3497220	-14,70777800	320	32,18	1554,39	Abadia et al. 2018
Nova Xavantina	MT	NOX-2	-52,5830560	-14,73555600	280	31,48	1554,39	Abadia et al. 2018
Nova Xavantina	MT	NOX-3	-52,5733330	-14,81250000	420	32,38	1554,39	Abadia et al. 2018
Nova Xavantina	MT	NOX-4	-52,3475000	-14,71166700	380	31,48	1574,33	Abadia et al. 2018
Nova Xavantina	MT	NOX-5	-52,5333330	-14,74444400	455	32,45	1555,78	Abadia et al. 2018
Nova Xavantina	MT	NOX-6	-52,5900000	-14,81166700	340	32,05	1554,39	Abadia et al. 2018

**Apêndice 3.** Família, espécie, densidade e número de sítios em que houve ocorrência da espécie, para os 63 sítios de Cerrado Sentido Restrito amostrados na região central do Bioma Cerrado, e nas regiões de transição com os Biomas Amazônia e Mata Atlântica.

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>Densidade</b>	<b>nº de sítios</b>
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i>	254	23
Annonaceae	<i>Annona coriacea</i>	140	24
Annonaceae	<i>Annona crassiflora</i>	515	29
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i>	2	1
Asteraceae	<i>Eremanthus erythropappus</i>	1	1
Asteraceae	<i>Eremanthus mattogrossensis</i>	9	5
Asteraceae	<i>Moquiniastrum barrosoae</i>	1	1
Celastraceae	<i>Plenckia populnea</i>	591	31
Fabaceae	<i>Bauhinia longifolia</i>	1	1
Fabaceae	<i>Bauhinia platyphylla</i>	45	1
Fabaceae	<i>Bauhinia pulchella</i>	60	1
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i>	711	45
Fabaceae	<i>Cenostigma macrophyllum</i>	6	1
Fabaceae	<i>Cenostigma tocantinum</i>	3	1
Fabaceae	<i>Tachigali vulgaris</i>	1180	37
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis latifolia</i>	78	13
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis stellaris</i>	1	1
Malpighiaceae	<i>Byrsonima basiloba</i>	49	11
Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	1361	51
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassa</i>	236	9
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	206	9
Malpighiaceae	<i>Byrsonima intermedia</i>	17	3
Malpighiaceae	<i>Byrsonima laxiflora</i>	17	3
Malpighiaceae	<i>Byrsonima pachyphylla</i>	1584	40
Malpighiaceae	<i>Byrsonima variabilis</i>	9	1
Malpighiaceae	<i>Byrsonima verbascifolia</i>	528	29
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i>	153	21
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	102	8
Olacaceae	<i>Heisteria ovata</i>	51	11
Rubiaceae	<i>Guettarda pohliana</i>	1	1
Rubiaceae	<i>Guettarda viburnoides</i>	21	4
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	39	7
Anacardiaceae	<i>Anacardium humile</i>	11	1
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	846	27
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	5	1
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	14	3
Annonaceae	<i>Cardiopetalum calophyllum</i>	6	2
Annonaceae	<i>Duguetia furfuracea</i>	1	1
Annonaceae	<i>Guatteria macrocarpa</i>	1	1
Annonaceae	<i>Guatteria sellowiana</i>	2	1
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i>	662	36
Annonaceae	<i>Xylopia brasiliensis</i>	8	1
Annonaceae	<i>Xylopia sericea</i>	360	5
Apocynaceae	<i>Secondatia densiflora</i>	1	1
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	17	1
Apocynaceae	<i>Aspidosperma discolor</i>	1	1
Apocynaceae	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	535	41
Apocynaceae	<i>Aspidosperma multiflorum</i>	622	14
Apocynaceae	<i>Aspidosperma nobile</i>	21	10
Apocynaceae	<i>Aspidosperma ramiflorum</i>	2	2
Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i>	6	3
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i>	902	47
Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i>	741	44
Apocynaceae	<i>Himatanthus articulatus</i>	26	6
Apocynaceae	<i>Himatanthus obovatus</i>	271	29

Aquifoliaceae	<i>Ilex congesta</i>	7	1
Aquifoliaceae	<i>Ilex conocarpa</i>	10	2
Araliaceae	<i>Schefflera vinosa</i>	6	2
Araliaceae	<i>Schefflera burchellii</i>	4	2
Araliaceae	<i>Schefflera macrocarpa</i>	278	23
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i>	9	1
Araliaceae	<i>Schefflera vinosa</i>	9	4
Arecaceae	<i>Syagrus comosa</i>	1249	14
Arecaceae	<i>Syagrus comosa</i>	118	10
Arecaceae	<i>Syagrus flexuosa</i>	1285	23
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	2	1
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i>	1	1
Asteraceae	<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	73	2
Asteraceae	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	125	20
Asteraceae	<i>Eremanthus goyazensis</i>	14	4
Asteraceae	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	379	21
Asteraceae	<i>Vernonanthura ferruginea</i>	13	3
Asteraceae	<i>Wunderlichia crulsiana</i>	176	5
Asteraceae	<i>Wunderlichia mirabilis</i>	171	7
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i>	19	6
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i>	3	2
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisyphilitica</i>	15	7
Bignoniaceae	<i>Fridericia cinnamomea</i>	45	5
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	1	1
Bignoniaceae	<i>Handroanthus ochraceus</i>	639	47
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i>	40	13
Bignoniaceae	<i>Jacaranda brasiliana</i>	13	2
Bignoniaceae	<i>Jacaranda caroba</i>	3	1
Bignoniaceae	<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	4	2
Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i>	636	35
Bignoniaceae	<i>Zeyheria digitalis</i>	14	1
Bignoniaceae	<i>Zeyheria montana</i>	7	4
Boraginaceae	<i>Cordia glabrata</i>	5	2
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i>	4	1
Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i>	87	2
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i>	20	10
Burseraceae	<i>Protium unifoliolatum</i>	5	1
Cactaceae	<i>Cereus bicolor</i>	53	1
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i>	1330	52
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera lathrophyton</i>	125	9
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera rubriflora</i>	674	21
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera grandiflora</i>	95	1
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera speciosa</i>	300	19
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera variabilis</i>	8	1
Caryocaraceae	<i>Caryocar villosum</i>	4	1
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i>	615	36
Caryocaraceae	<i>Caryocar coriaceum</i>	81	5
Caryocaraceae	<i>Caryocar cuneatum</i>	65	4
Celastraceae	<i>Salacia crassifolia</i>	639	42
Celastraceae	<i>Salacia elliptica</i>	56	1
Chrysobalanaceae	<i>Licania kunthiana</i>	10	1
Chrysobalanaceae	<i>Licania apetala</i>	1	1
Chrysobalanaceae	<i>Couepia grandiflora</i>	457	29
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella ciliata</i>	139	6
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella glandulosa</i>	70	8
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella gracilipes</i>	1	1
Chrysobalanaceae	<i>Licania blackii</i>	1	1
Chrysobalanaceae	<i>Licania humilis</i>	140	16
Chrysobalanaceae	<i>Parinari obtusifolia</i>	2	1
Clusiaceae	<i>Clusia weddelliana</i>	4	1
Clusiaceae	<i>Clusia burchellii</i>	19	1
Clusiaceae	<i>Clusia weddelliana</i>	5	2

Clusiaceae	<i>Platonia insignis</i>	3	1
Combretaceae	<i>Buchenavia tomentosa</i>	378	18
Combretaceae	<i>Combretum duarteanum</i>	27	1
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i>	256	13
Combretaceae	<i>Terminalia fagifolia</i>	40	5
Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i>	9	2
Connaraceae	<i>Connarus suberosus</i>	891	56
Connaraceae	<i>Rourea induta</i>	524	39
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i>	19	1
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i>	1492	32
Dilleniaceae	<i>Davilla elliptica</i>	4314	45
Dilleniaceae	<i>Davilla grandiflora</i>	112	4
Ebenaceae	<i>Diospyros burchellii</i>	74	5
Ebenaceae	<i>Diospyros coccolobifolia</i>	5	2
Ebenaceae	<i>Diospyros hispida</i>	688	37
Ebenaceae	<i>Diospyros sericea</i>	59	5
Ericaceae	<i>Agarista chapadensis</i>	5	1
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum anguifugum</i>	1	1
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum campestre</i>	1	1
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum daphnites</i>	97	8
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i>	232	28
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum engleri</i>	75	10
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum suberosum</i>	1336	46
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum tortuosum</i>	353	31
Euphorbiaceae	<i>Alchornea discolor</i>	2	1
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	1	1
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i>	30	3
Euphorbiaceae	<i>Manihot caeruleascens</i>	1	1
Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i>	26	7
Euphorbiaceae	<i>Sapium argutum</i>	9	1
Euphorbiaceae	<i>Sapium haematospermum</i>	1	1
Fabaceae	<i>Dipteryx alata</i>	5	1
Fabaceae	<i>Diptychandra aurantiaca</i>	23	2
Fabaceae	<i>Mimosa obovata</i>	11	1
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i>	3	1
Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i>	67	2
Fabaceae	<i>Anadenanthera sp.</i>	50	1
Fabaceae	<i>Andira cujabensis</i>	258	19
Fabaceae	<i>Andira humilis</i>	4	2
Fabaceae	<i>Andira nitida</i>	7	2
Fabaceae	<i>Andira paniculata</i>	68	5
Fabaceae	<i>Andira vermifuga</i>	395	35
Fabaceae	<i>Chamaecrista orbiculata</i>	401	13
Fabaceae	<i>Chamaecrista pachyclada</i>	384	3
Fabaceae	<i>Copaifera coriacea</i>	231	16
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i>	8	2
Fabaceae	<i>Copaifera martii</i>	3	1
Fabaceae	<i>Copaifera oblongifolia</i>	36	3
Fabaceae	<i>Dalbergia miscolobium</i>	685	29
Fabaceae	<i>Dimorphandra gardneriana</i>	72	6
Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i>	490	43
Fabaceae	<i>Dipteryx alata</i>	97	12
Fabaceae	<i>Diptychandra aurantiaca</i>	1	1
Fabaceae	<i>Enterolobium gummiferum</i>	72	25
Fabaceae	<i>Enterolobium timbouva</i>	1	1
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i>	2	2
Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	995	52
Fabaceae	<i>Leptolobium dasycarpum</i>	417	43
Fabaceae	<i>Leptolobium subelegans</i>	58	3
Fabaceae	<i>Luetzelburgia praecox</i>	37	7
Fabaceae	<i>Machaerium aculeatum</i>	1	1
Fabaceae	<i>Machaerium acutifolium</i>	393	25

Fabaceae	<i>Machaerium brasiliense</i>	2	2
Fabaceae	<i>Machaerium opacum</i>	173	21
Fabaceae	<i>Martiodendron mediterraneum</i>	5	1
Fabaceae	<i>Mimosa clausenii</i>	67	9
Fabaceae	<i>Mimosa decorticans</i>	45	2
Fabaceae	<i>Mimosa heringeri</i>	1	1
Fabaceae	<i>Mimosa laticifera</i>	67	3
Fabaceae	<i>Mimosa manidea</i>	26	1
Fabaceae	<i>Mimosa setosissima</i>	167	5
Fabaceae	<i>Mimosa ulei</i>	2	1
Fabaceae	<i>Parkia platycephala</i>	33	2
Fabaceae	<i>Peltogyne confertifolia</i>	367	15
Fabaceae	<i>Plathymenia reticulata</i>	533	40
Fabaceae	<i>Platypodium elegans</i>	19	6
Fabaceae	<i>Pterodon emarginatus</i>	48	8
Fabaceae	<i>Pterodon pubescens</i>	777	30
Fabaceae	<i>Senna cana</i>	2	1
Fabaceae	<i>Senna velutina</i>	38	2
Fabaceae	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	341	18
Fabaceae	<i>Stryphnodendron coriaceum</i>	1	1
Fabaceae	<i>Stryphnodendron fissuratum</i>	16	6
Fabaceae	<i>Stryphnodendron obovatum</i>	128	3
Fabaceae	<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	97	6
Fabaceae	<i>Stryphnodendron rotundifolium</i>	127	18
Fabaceae	<i>Tachigali aurea</i>	562	30
Fabaceae	<i>Tachigali guianensis</i>	3	1
Fabaceae	<i>Tachigali subvelutina</i>	190	8
Fabaceae	<i>Vatairea macrocarpa</i>	900	45
Humiriaceae	<i>Humiria balsamifera</i>	2	1
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i>	3	2
Lamiaceae	<i>Aegiphila verticillata</i>	26	14
Lamiaceae	<i>Hyptidendron canum</i>	3	1
Lamiaceae	<i>Hyptis cana</i>	45	1
Lamiaceae	<i>Hyptis pachyphylla</i>	72	1
Lamiaceae	<i>Vitex polygama</i>	1	1
Lauraceae	<i>Aniba heringeri</i>	1	1
Lauraceae	<i>Endlicheria paniculata</i>	2	1
Lauraceae	<i>Mezilaurus crassiramea</i>	524	17
Lauraceae	<i>Ocotea corymbosa</i>	436	2
Lauraceae	<i>Ocotea pomaderroides</i>	46	4
Lauraceae	<i>Ocotea spixiana</i>	6	1
Lauraceae	<i>Persea willdenovii</i>	1	1
Lecythidaceae	<i>Eschweilera nana</i>	116	6
Loganiaceae	<i>Antonia ovata</i>	63	8
Loganiaceae	<i>Bonyunia antoniifolia</i>	5	1
Loganiaceae	<i>Strychnos pseudoquina</i>	168	30
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i>	1184	51
Lythraceae	<i>Physocalymma scaberrimum</i>	7	1
Malpighiaceae	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i>	628	29
Malpighiaceae	<i>Diplopterys pubipetala</i>	66	9
Malpighiaceae	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i>	170	15
Malpighiaceae	<i>Tetrapteryx microphylla</i>	1	1
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	2	1
Malvaceae	<i>Luehea candicans</i>	1	1
Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i>	5	1
Malvaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i>	618	39
Malvaceae	<i>Eriotheca pubescens</i>	170	20
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i>	61	6
Malvaceae	<i>Luehea grandiflora</i>	4	2
Malvaceae	<i>Luehea paniculata</i>	7	2
Malvaceae	<i>Pseudobombax longiflorum</i>	228	23
Malvaceae	<i>Pseudobombax minimum</i>	21	1

Malvaceae	<i>Pseudobombax tomentosum</i>	41	6
Malvaceae	<i>Sterculia striata</i>	29	1
Marcgraviaceae	<i>Norantea guianensis</i>	35	5
Marcgraviaceae	<i>Schwartzia adamantium</i>	316	12
Melastomataceae	<i>Miconia pepericarpa</i>	10	1
Melastomataceae	<i>Tibouchina papyrus</i>	66	4
Melastomataceae	<i>Macairea radula</i>	56	5
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i>	677	30
Melastomataceae	<i>Miconia burchellii</i>	293	10
Melastomataceae	<i>Miconia cyathanthera</i>	2	1
Melastomataceae	<i>Miconia ferruginata</i>	628	25
Melastomataceae	<i>Miconia irwinii</i>	2	1
Melastomataceae	<i>Miconia leucocarpa</i>	25	5
Melastomataceae	<i>Miconia ligustroides</i>	7	2
Melastomataceae	<i>Miconia pepericarpa</i>	1	1
Melastomataceae	<i>Miconia pohliana</i>	129	5
Melastomataceae	<i>Miconia rubiginosa</i>	20	7
Melastomataceae	<i>Miconia sellowiana</i>	1	1
Melastomataceae	<i>Miconia stenostachya</i>	12	2
Melastomataceae	<i>Mouriri elliptica</i>	961	20
Melastomataceae	<i>Mouriri pusa</i>	261	14
Melastomataceae	<i>Mouriri guianensis</i>	3	1
Melastomataceae	<i>Tibouchina candolleana</i>	4	2
Melastomataceae	<i>Tibouchina papyrus</i>	7	1
Melastomataceae	<i>Tibouchina villosissima</i>	1	1
Melastomataceae	<i>Trembleya parviflora</i>	1	1
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i>	3	1
Metteniusaceae	<i>Emmotum nitens</i>	612	31
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	3	1
Moraceae	<i>Ficus americana</i>	21	1
Moraceae	<i>Ficus catappifolia</i>	1	1
Moraceae	<i>Ficus guaranitica</i>	2	1
Myristicaceae	<i>Virola sebifera</i>	77	6
Myrtaceae	<i>Eugenia pluriflora</i>	2	1
Myrtaceae	<i>Eugenia suberosa</i>	2	1
Myrtaceae	<i>Campomanesia eugenioides</i>	61	1
Myrtaceae	<i>Campomanesia pubescens</i>	1	1
Myrtaceae	<i>Campomanesia velutina</i>	1	1
Myrtaceae	<i>Eugenia aurata</i>	468	22
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i>	563	20
Myrtaceae	<i>Eugenia gemmiflora</i>	153	13
Myrtaceae	<i>Eugenia involucrata</i>	2	2
Myrtaceae	<i>Eugenia livida</i>	3	2
Myrtaceae	<i>Eugenia puniceifolia</i>	183	14
Myrtaceae	<i>Eugenia ternatifolia</i>	3	1
Myrtaceae	<i>Myrcia bella</i>	280	11
Myrtaceae	<i>Myrcia camapuanensis</i>	73	3
Myrtaceae	<i>Myrcia cordifolia</i>	4	1
Myrtaceae	<i>Mycia multiflora</i>	3	1
Myrtaceae	<i>Myrcia formosiana</i>	3	1
Myrtaceae	<i>Myrcia Lingua</i>	3	2
Myrtaceae	<i>Myrcia vestita</i>	5	1
Myrtaceae	<i>Myrcia fenziiana</i>	4	1
Myrtaceae	<i>Myrcia guianensis</i>	133	9
Myrtaceae	<i>Myrcia lanuginosa</i>	453	9
Myrtaceae	<i>Myrcia lasiantha</i>	351	3
Myrtaceae	<i>Myrcia linguiformis</i>	30	3
Myrtaceae	<i>Myrcia multiflora</i>	562	15
Myrtaceae	<i>Myrcia rufipes</i>	256	3
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i>	443	17
Myrtaceae	<i>Myrcia tomentosa</i>	64	13
Myrtaceae	<i>Myrcia uberavensis</i>	29	3



Myrtaceae	<i>Myrcia variabilis</i>	68	9
Myrtaceae	<i>Myrcia venulosa</i>	8	2
Myrtaceae	<i>Myrciaria delicatula</i>	3	1
Myrtaceae	<i>Myrsine guianensis</i>	85	6
Myrtaceae	<i>Psidium firmum</i>	3	1
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i>	34	1
Myrtaceae	<i>Psidium guyanense</i>	5	2
Myrtaceae	<i>Psidium hians</i>	1	1
Myrtaceae	<i>Psidium laruotteanum</i>	91	10
Myrtaceae	<i>Psidium myrsinites</i>	811	22
Myrtaceae	<i>Psidium myrsinoides</i>	134	2
Myrtaceae	<i>Psidium myrroides</i>	13	1
Myrtaceae	<i>Psidium pohlianum</i>	20	7
Myrtaceae	<i>Psidium salutare</i>	18	3
Myrtaceae	<i>Siphoneugena densiflora</i>	94	3
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i>	2	1
Nyctaginaceae	<i>Guapira graciliflora</i>	449	34
Nyctaginaceae	<i>Guapira noxia</i>	220	36
Nyctaginaceae	<i>Neea theifera</i>	134	28
Ochnaceae	<i>Ouratea riedeliana</i>	2	1
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i>	3	2
Ochnaceae	<i>Ouratea glaucescens</i>	6	2
Ochnaceae	<i>Ouratea hexasperma</i>	2008	50
Ochnaceae	<i>Ouratea spectabilis</i>	614	20
Olacaceae	<i>Chaenochiton kappleri</i>	8	1
Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i>	229	31
Opiliaceae	<i>Chaetocarpus echinocarpus</i>	5	1
Opiliaceae	<i>Pera glabrata</i>	119	3
Pentaphragmaceae	<i>Ternstroemia carnosia</i>	2	1
Pinaceae	<i>Pinus elliottii</i>	1	1
Polygalaceae	<i>Bredemeyera floribunda</i>	4	1
Polygonaceae	<i>Coccoloba mollis</i>	2	1
Polygonaceae	<i>Coccoloba mollis</i>	1	1
Primulaceae	<i>Cybianthus detergens</i>	5	2
Primulaceae	<i>Cybianthus gardneri</i>	10	3
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i>	1	1
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i>	216	10
Primulaceae	<i>Myrsine umbellata</i>	26	2
Proteaceae	<i>Euplassa inaequalis</i>	21	5
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>	1193	44
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	3	2
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i>	2	1
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i>	29	8
Rubiaceae	<i>Alibertia sessilis</i>	25	1
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i>	3	1
Rubiaceae	<i>Chomelia ribesioides</i>	95	14
Rubiaceae	<i>Cordia concolor</i>	4	3
Rubiaceae	<i>Cordia elliptica</i>	71	11
Rubiaceae	<i>Cordia sessilis</i>	68	12
Rubiaceae	<i>Coussarea hydrangeifolia</i>	1	1
Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i>	1	1
Rubiaceae	<i>Duroia duckei</i>	5	1
Rubiaceae	<i>Ferdinandusa elliptica</i>	118	15
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	1	1
Rubiaceae	<i>Palicourea rigida</i>	402	28
Rubiaceae	<i>Rudgea viburnoides</i>	38	6
Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i>	254	44
Rutaceae	<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	22	1
Rutaceae	<i>Esenbeckia grandiflora</i>	1	1
Salicaceae	<i>Casearia grandiflora</i>	7	1
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i>	115	25
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i>	2	1

Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i>	10	3
Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i>	339	22
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i>	8	4
Sapindaceae	<i>Matayba guianensis</i>	57	8
Sapindaceae	<i>Serjania caracasana</i>	1	1
Sapotaceae	<i>Micropholis venulosa</i>	5	1
Sapotaceae	<i>Pouteria gardneriana</i>	9	1
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i>	1708	52
Sapotaceae	<i>Pouteria torta</i>	94	15
Schoepfiaceae	<i>Schoepfia brasiliensis</i>	13	1
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	11	1
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i>	152	28
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i>	7	2
Siparunaceae	<i>Siparuna brasiliensis</i>	2	1
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i>	18	3
Solanaceae	<i>Solanum lycocarpum</i>	10	7
Styracaceae	<i>Styrax camporum</i>	23	1
Styracaceae	<i>Styrax ferrugineus</i>	553	23
Styracaceae	<i>Styrax pohlii</i>	2	1
Symplocaceae	<i>Symplocos nitens</i>	6	2
Symplocaceae	<i>Symplocos revoluta</i>	4	2
Symplocaceae	<i>Symplocos rhamnifolia</i>	49	6
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis fasciculata</i>	1	1
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i>	13	6
Velloziaceae	<i>Vellozia albiflora</i>	1	1
Velloziaceae	<i>Vellozia squamata</i>	889	18
Velloziaceae	<i>Vellozia tubiflora</i>	120	2
Velloziaceae	<i>Vellozia variabilis</i>	828	3
Vochysiaceae	<i>Callisthene fasciculata</i>	199	9
Vochysiaceae	<i>Callisthene major</i>	117	3
Vochysiaceae	<i>Callisthene minor</i>	50	3
Vochysiaceae	<i>Callisthene mollissima</i>	707	4
Vochysiaceae	<i>Qualea cordata</i>	60	3
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i>	2002	55
Vochysiaceae	<i>Qualea multiflora</i>	1049	44
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i>	6881	59
Vochysiaceae	<i>Salvertia convallariodora</i>	837	36
Vochysiaceae	<i>Vochysia cinnamomea</i>	90	3
Vochysiaceae	<i>Vochysia elliptica</i>	179	15
Vochysiaceae	<i>Vochysia gardneri</i>	550	11
Vochysiaceae	<i>Vochysia haenkeana</i>	2	2
Vochysiaceae	<i>Vochysia rufa</i>	788	42
Vochysiaceae	<i>Vochysia thyrsoides</i>	151	14
Vochysiaceae	<i>Vochysia tucanorum</i>	414	3

