

INFLUÊNCIA DO GRADIENTE AMBIENTAL E ESPACIAL SOBRE A
COMPOSIÇÃO E A DIVERSIDADE DE GRUPOS FUNCIONAIS DE PLANTAS DE
SAVANAS NA TRANSIÇÃO ENTRE OS BIOMAS CERRADO E AMAZÔNIA,
BRASIL

Hélio Augusto Menegat

Nova Xavantina – MT

2017

INFLUÊNCIA DO GRADIENTE AMBIENTAL E ESPACIAL SOBRE A
COMPOSIÇÃO E A DIVERSIDADE DE GRUPOS FUNCIONAIS DE PLANTAS DE
SAVANAS NA TRANSIÇÃO ENTRE OS BIOMAS CERRADO E AMAZÔNIA,
BRASIL



Hélio Augusto Menegat

Projeto de dissertação apresentado ao 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 Mestre.

Orientador: Dr. Eddie Lenza de Oliveira

Nova Xavantina – MT

2017

M541i Menegat, Hélio Augusto (1981 -).

Influência do gradiente ambiental e espacial sobre a composição e a diversidade de grupos funcionais de plantas de savanas na transição entre os biomas Cerrado e Amazônia, Brasil. /Hélio Augusto Menegat. – Nova

Xavantina: [s.n.], 2017.

40 f.: il.

Orientador: Eddie Lenza de Oliveira

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e conservação, 2017.

1. Gradiente ambiental e espacial. 2. Diversidade - Plantas de savanas. 3. Cerrado - Amazônia - Brasil. I. Título.

CDU – 631.526.2:(213.54):(81)

Bibliotecária: Thais Caroline Souza Silva – CRB 1/2921.

Sumário	
Resumo	1
Abstract	2
Introdução	3
Material e Métodos	6
<i>Área de estudo</i>	6
<i>Obtenção de dados climáticos</i>	9
<i>Coleta de dados de vegetação e solos</i>	9
<i>Coleta de dados espaciais</i>	10
<i>Caracterização florística e dos grupos funcionais</i>	11
<i>Comparação das variáveis ambientais entre os sítios</i>	11
<i>Comparação da composição florística entre os sítios</i>	11
<i>Padrões da distribuição dos grupos funcionais</i>	11
<i>Efeito do ambiente, do espaço e do clima sobre a substituição de espécies</i>	11
<i>Programas e pacotes estatísticos empregados</i>	12
Resultados	12
<i>Caracterização florística</i>	12
<i>Caracterização dos grupos funcionais</i>	14
<i>Seleção das variáveis edáficas e climáticas</i>	16
<i>Padrões da distribuição dos grupos funcionais</i>	17
<i>Relação entre solo, espaço, clima e substituição de espécies</i>	18
Discussão	24
Referências Bibliográficas	29
Apêndices	40

RESUMO: (Influência do gradiente ambiental e espacial sobre a composição e a diversidade de grupos funcionais de plantas de savanas na transição entre os biomas Cerrado e Amazônia, Brasil). As savanas neotropicais possuem elevada complexidade ambiental e ampla área de distribuição, que favorecem composição variável de espécies da flora. Essa complexidade aumenta quando grupos funcionais de plantas são considerados, uma vez que respondem de maneira diferente às condições ambientais. Nós avaliamos o efeito do ambiente (precipitação, temperatura do ar, características físico-químicas do solo e altitude) e do espaço (distância geográfica) sobre a substituição das espécies para três grupos funcionais - árvores, palmeiras e lianas - em nove sítios de cerrado típico distribuídos em um gradiente latitudinal de 600 km, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia, Brasil. Em cada sítio fizemos inventário da vegetação em um hectare, divididos em 10 parcelas e 20m X 50m. Tomamos as coordenadas geográficas e coletamos amostras de solos (0-20 cm) dentro de cada parcela para obtenção dos dados espaciais e edáficos, respectivamente. Com base em dados de satélite, calculamos para cada sítio a média histórica (2000 a 2013) da temperatura do ar e precipitação. Para investigar os padrões de distribuição das espécies dos grupos funcionais entre os sítios utilizamos *Multidimensional Scaling* – MDS e avaliamos os efeitos do ambiente e do espaço sobre a substituição de espécies entre sítios utilizando Análise de Redundância (RDA) e Modelagem de Dissimilaridade Generalizada (GDM), associada à partição de variância. As árvores apresentaram maior riqueza de espécies (n = 166 espécies), do que palmeiras (n = 5) e lianas (n = 4). O espaço foi importante preditor da substituição de espécies nos três grupos funcionais, mas as condições ambientais exerceram sempre maior efeito que o espaço. As variáveis mais importantes como preditores da substituição de espécies foram: a acidez dos solos e a precipitação (árvores), a fertilidade e acidez dos solos (palmeiras), e a textura e a concentração de Na nos solos (Lianas). No geral, a substituição de espécies foi determinada: para árvores, pelas condições ambientais (41%) e pelas condições ambientais + o espaço integrados (56%); Para palmeiras, principalmente as condições ambientais (80%); e para as lianas, as condições ambientais + o espaço integrados do ambiente e do espaço explicaram a maior parte da variação na composição (78%). Os resultados do GDM indicaram que a substituição de espécies ocorreu a partir de 100 km para árvores, 300 km para palmeiras e 250 para lianas, por isso sugerimos que novas amostragens em quadrículas de 1° de latitude e 1° longitude (111 km X 11km), seriam

suficientes para cobrir as atuais lacunas geográfica de conhecimento sobre a flora dos estratos superiores das formações savânicas do Cerrado.

Palavras chave: gradiente ambiental e espacial; savanas neotropicais; zona de tensão ecológica, formas de vida, grupos ecológicos

ABSTRACT: (Influence of the environmental and spatial gradient on the composition and diversity of functional groups of savanna plants in the transition between the Cerrado and Amazon biomes, Brazil). The Neotropical savannas have high environmental complexity and wide distribution area, which favor variable composition of flora species. This complexity increases when functional groups of plants are considered, since they respond differently to environmental conditions. We evaluated the effect of the environment (precipitation, air temperature, soil physical and chemical characteristics and altitude) and space (geographic distance) on the substitution of species for three functional groups - trees, palms and lianas - in nine cerrado sites Typical distributed in a latitudinal gradient of 600 km, in the transition between the Cerrado and Amazonian biomes, Brazil. In each site we made an inventory of the vegetation in one hectare, divided into 10 plots and 20m X 50m. We took the geographic coordinates and collected soil samples (0-20 cm) within each plot to obtain the spatial and edaphic data, respectively. Based on satellite data, we calculated for each site the historical average (2000 to 2013) of air temperature and precipitation. In order to investigate the distribution patterns of the functional group species between the sites we used Multidimensional Scaling (MDS) and we evaluated the effects of the environment and the space on the substitution of species between sites using Redundancy Analysis (RDA) and Generalized Dissimilarity Modeling (GDM) , Associated with the variance partition. The trees presented higher species richness (n = 166 species), than palms (n = 5) and lianas (n = 4). Space was an important predictor of species substitution in the three functional groups, but environmental conditions always exerted greater effect than space. The most important variables as predictors of species substitution were: soil acidity and precipitation (trees), soil fertility and acidity (palms), and texture and Na concentration in soils (Lianas). In general, species replacement was determined: for trees, for environmental conditions (41%) and for integrated environmental + space conditions (56%); For palm trees, mainly environmental conditions (80%); And for lianas, the integrated environmental and space conditions of the environment and space explained most of the variation in composition (78%). The

results of the GDM indicated that the substitution of species occurred from 100 km for trees, 300 km for palm trees and 250 for lianas, so we suggest that new samplings in 1 rd and 1st longitude (111 km X 11 km) Would be enough to cover the current geographic knowledge gaps on the flora of the upper strata of savanna formations of the Cerrado.

Palavras chave: Environmental and spatial gradient; Neotropical savannas; Ecological stress zone; Life forms; Ecological groups.

Introdução

As savanas neotropicais ocupam grandes áreas em diferentes continentes e apresentam elevada complexidade ambiental (Pinheiro 2010), o que promove composição florística variável (Furley 2006), elevada riqueza e endemismo de espécies vegetais (Myers et al. 2000). Essa complexidade aumenta quando grupos funcionais de plantas são considerados, uma vez que esses podem responder de maneira diferente aos gradientes climáticos, edáficos e espaciais (Ewel et al. 1996). Assim, compreender o papel causal do ambiente e do espaço sobre substituição de espécies ao longo de gradientes representa um desafio para o melhor entendimento dos padrões de riqueza e composição de espécies nas savanas (Shackleton 2000, Bond et al. 2001, Staver et al. 2011).

O Bioma Cerrado é a savana com maior área territorial na América do Sul (Klink & Machado 2005, Sano et al. 2010) e apresenta a maior riqueza de plantas entre todas as savanas mundiais (Mendonça et al. 1998, Felfili & Felfili 2001). Essa notável riqueza de espécies parece ser promovida por quatro principais fatores: o espaço, devido ampla área de abrangência do Cerrado (Furley & Ratter 1988, Ratter et al. 1997); fatores bióticos como o intercâmbio florístico com outros biomas brasileiros (Méio et al. 2003, Ribeiro & Walter 2008); fatores ambientais, como o relevo e a altitude (Castro et al. 2007), propriedades edáficas (Ribeiro & Walter 2008, Reatto et al. 2008); e climáticas (Silva et al. 2008). Em conjunto estes fatores formam grande variedade de ambientes nas diversas escalas espaciais (Felfili et al. 2004, Felfili et al. 2007, Silva et al. 2006, Ribeiro e Walter 2008) e resulta em distribuição heterogênea da flora (Ratter et al. 2003, Bridgewater et al. 2004) com ampla substituição de espécies tanto em nível local (Ratter & Dargie 1992) quanto regional (Françoso et al. 2016) e conseqüentemente, em alta diversidade vegetal.

Em uma escala espacial mais ampla, os fatores mais determinantes para a complexidade estrutural e florística da vegetação do Cerrado são: altitude (Motta et al. 2002), macrorrelevo (Fonseca & Silva-Júnior 2004, Silva et al. 2006), clima (Felfili et al. 2005, Becerra et al. 2009) e influência de biomas adjacentes (Silva & Bates 2002, Méio et al. 2003). Ainda, a distinção florística entre comunidades distantes mas com a mesma fitofisionomia (Felfili & Fagg 2007) sugere efeito do espaço sobre essas propriedades das comunidades vegetais do Cerrado. Em escala local, a distinção florística e estrutural entre os diversos subtipos fisionômicos é promovida pelas propriedades dos solos (Askew et al. 1970a, Furley & Ratter 1988, Mews et al. 2014), ocorrência de queimadas (Coutinho 1990, Moreira 2000, Hoffmann et al. 2012) e relevo (Oliveira-Filho et al. 1989, Ratter & Dargie 1992). A composição e diversidade de espécies pode também estar distribuída em gradientes de altitude (Townsend et al. 2006, Meireles et al. 2008, Urbanetz et al. 2013), de pluviosidade (Montana & Valiente-Banuet 1998), de temperatura (Toledo et al. 2012), edáficos (Toledo et al. 2012), topográficos (Townsend et al. 2006) e espaciais (Fitzpatrick et al. 2016). No entanto, as espécies podem apresentar respostas distintas aos gradientes, dependendo da sua tolerância ecológica, necessidades ambientais (Cardoso & Schiavini 2002, Botrel et al. 2002) e das formas de vida (Jones et al. 2013, Ribeiro & Tabarelli 2002). Desse modo, os diferentes fatores bióticos e abióticos atuando em distintas escalas espaciais impõem um grande desafio ao entendimento da relação causal entre tais fatores que são determinantes da composição e diversidade de espécies.

O cerrado sentido restrito é um tipo vegetacional que ilustra bem a complexidade estrutural e florística da vegetação do Cerrado. Por exemplo, a cobertura de dossel varia entre 10% e 60% (Eiten 1975) e a composição florística é variável (Nogueira et al. 2001). Por essa razão, foi subdividido em quatro subtipos fitofisionômicos: Cerrado Ralo, Cerrado Denso, Cerrado Típico e Cerrado Rupestre. Estas formações ocorrem em relevo plano e solos profundos, com exceção ao Cerrado Rupestre que ocorre em relevo íngreme e solos rasos (Ribeiro & Walter 2008). A variação na densidade de indivíduos nas três primeiras formações citadas segue um gradiente decrescente do Cerrado Denso para o Cerrado Ralo (Felfili & Silva-Júnior 1993). O Cerrado sentido restrito ocupa cerca de 70% da área total do Cerrado (Felfili & Silva-Júnior 1993) e está amplamente distribuído dentro do bioma (Ribeiro & Walter 2008), sendo por isso o tipo vegetacional mais representativo da vegetação do Cerrado.

A estrutura vertical da vegetação do estrato superior das fisionomias savânicas do Cerrado é formada principalmente por árvores. Por isso, muitos dos estudos florísticos não incluem palmeiras e lianas (Felfili et al. 2002, Fonseca & Silva-Junior 2004, Amaral et al. 2006, Moura et al. 2007, Medeiros et al. 2008, Medeiros & Walter 2012, Carvalho et al. 2013, Mota et al. 2014). No entanto, sabe-se que esses três grupos funcionais possuem distintas formas de utilização e conservação dos recursos, mesmo estando no mesmo hábitat (Santiago & Wright 2007, Rossatto & Franco 2017), e por isso respondem de maneiras diferenciadas aos fatores moduladores (Ewel et al. 1996, Guerin et al. 2013). Desta forma, avaliar grupos funcionais separadamente pode melhorar o entendimento do papel dos fatores que estruturam as comunidades vegetais (Jones et al. 2013, Fitzpatrick et al. 2016).

A região leste do Estado de Mato Grosso, Brasil, abrange uma extensa e complexa área de contato entre o Cerrado e a Amazônia (Ratter 1973, Eiten 1975), com solos e relevo variáveis (Askew et al. 1970a,b, Brown 1970) e um complexo mosaico composto por vegetação florestal e savânica (Brown 1970, Ratter et al. 1978, Marimon et al. 2006). Na região ocorre a Serra do Roncador, um divisor de águas entre as bacias do Rio Araguaia (Bioma Cerrado) e do Rio Xingu (Bioma Amazônia) (Eiten 1975). Desse modo, essa ampla região de transição oferece uma oportunidade única para avaliar a substituição de espécies (diversidade beta) ao longo de um gradiente ambiental e espacial.

Além do mais, essa região está localizada no “arco do desmatamento” e por isso há risco de perda da biodiversidade tanto do Cerrado, quanto da Amazônia (Nogueira et al. 2008), pois vem sofrendo sérias perturbações antrópicas e conversão de áreas nativas em pastagens e lavouras (Nogueira et al. 2001, Domingues & Bermann 2012). Tal fato reforça a necessidade de melhor entender como os distintos processos bióticos e abióticos que atuam na estruturação das formações savânicas (Lopes et al. 2011), principalmente nas áreas de transição, tendo em vista que a ação antrópica exercida pela agropecuária e exploração de madeira associada à pequena área destinada à proteção em Unidades de Conservação pode acarretar prejuízos ecológicos com perdas de espécies e ecossistemas no Cerrado (Klink & Machado 2005, Asner et al. 2005b).

Estudos recentes realizados com comunidades arbustivo-arbóreas de formações savânicas de Cerrado da porção sul da Serra do Roncador sugerem elevada diversidade da flora e composição florística um pouco diferenciada em relação àquela dos cerrados

do Brasil Central (Gomes et al. 2011, Lenza et al. 2011, Maracahipes et al. 2011). Essas particularidades florísticas têm sido associadas ao fato da região estar sob influência tanto da flora do Cerrado quanto da Amazônia. Ainda, estudos com florestas e savanas na Serra do Roncador sugerem também a influência de fatores edáficos e do relevo sobre a estrutura da vegetação e a riqueza e a composição de espécies de savanas e florestas (Marimon-Junior & Haridasan 2005, Torello-Raventos et al. 2013). No entanto, até o momento nenhum desses estudos avaliou a relação entre as propriedades florísticas e estruturais da vegetação de savanas em um gradiente espacial e considerando as propriedades dos solos. Ainda, não conhecemos nenhum estudo na região que tenha avaliado de maneira integrada os efeitos dos processos locais (e.g. solos) e regionais (e.g. gradientes latitudinal e de proximidade com Cerrado e da Amazônia) sobre a flora e a estrutura da vegetação, considerando os distintos grupos funcionais (árvore, palmeira e liana).

Desta forma nossos objetivos foram: i) descrever a composição florística e a estrutura da comunidade lenhosa composta por espécies de árvores, palmeiras e lianas em sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente latitudinal na região de contato entre Cerrado e Amazônia no leste do Estado de Mato Grosso e oeste do Estado de Goiás; ii) avaliar a influência do ambiente (propriedades químicas e granulométricas do solo) e do espaço (distância geográfica) sobre a substituição de espécies dos distintos grupos funcionais ao longo desse gradiente.

Material e Métodos

Área de estudo. Conduzimos esse estudo em nove sítios de Cerrado Típico (*sensu* Ribeiro & Walter 2008) na região de transição entre os biomas Cerrado e Amazônia. Oito sítios estão localizados na porção leste do estado de Mato Grosso (três sítios em Nova Xavantina, dois sítios em Canarana, um em Ribeirão Cascalheira, um em Alto da Boa Vista e em Santa Terezinha) e um sítio localizado no município de Piranhas no sudoeste do Estado de Goiás. Os sítios estão distribuídos ao longo de um gradiente latitudinal sul-norte com 680 km de extensão. Os sítios localizados em Canarana (CANA1 e CANA2) foram amostrados entre junho e julho de 2015; Santa Terezinha (SATE) em abril de 2016 e Alto da Boa Vista (ALBO) em maio de 2016. O sítio de Piranhas (PIRA) foi amostrado por Abreu e colaboradores (2012); dois dos três sítios de

Nova Xavantina, (NOXA1 e NOXA2) foram amostrados por Abadia et al. (em preparação) e (NOXA3) por Gomes et al. (2011) e o sítio de Ribeirão Cascalheira (RICA) foi amostrado por Maracahipes-Santos et al. (2015) (Figura 1).

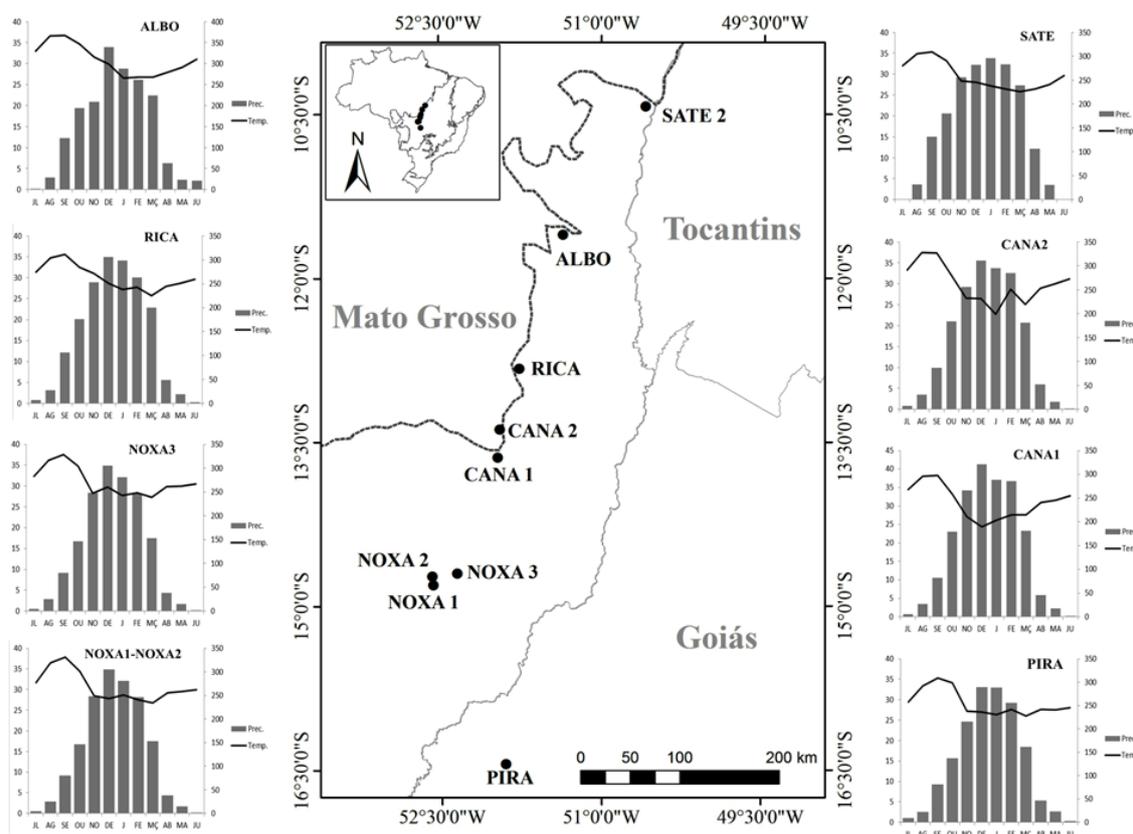


Figura 1 - Localização (●) e climograma da média mensal de uma série histórica de 13 anos (2000-2013) de nove sítios de cerrado típico, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia. Sendo, PIRA (Piranhas-GO); NOXA1, NOXA2 e NOXA3 (Nova Xavantina-MT); CANA1 e CANA2 (Canarana-MT); RICA (Ribeirão Cascalheira-MT); ALBO (Alto da Boa Vista-MT) e SATE (Santa Terezinha-MT). NOXA1 e NOXA2 apresentam as mesmas características. Linha Tracejada indica o limite entre o Cerrado e Amazônia e linha contínua a divisão interestadual. Fonte de dados climáticos: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG).

A região é composta por um mosaico vegetacional complexo e heterogêneo, em função do relevo e das propriedades edáficas. Os nove sítios amostrados estão distribuídos em quatro unidades de paisagem, seguindo descrição de Silva et al. (2006): 1. Planícies e planalto bem drenados, ambos apresentando vegetação de savana e florestas semi-decíduas, com predominância de Latossolos profundos e bem drenados, distróficos, com alta condutividade hidráulica e elevado teor de alumínio (Sítios

NOXA2, NOXA3 e CANA2); 2. Regiões montanhosas com predominância de vegetação savânica, tendo pastagens e florestas decíduas como tipos secundários. Os solos são em geral Latossolos bem drenados, sendo argilosos distróficos, com alta condutividade hidráulica e elevado teor de alumínio (sítios PIRA, NOXA1 e CANA1); 3. Planícies com florestas sempre verdes e semi-decíduas, com dominância de Alfissolos e Latossolos profundos, bem drenados, argilosos, com valores médios de condutividade hidráulica, e heterogêneos em termos de conteúdo de alumínio (sítios RICA e ALBO); 4. Planícies com vegetação savânica mal drenadas e sazonalmente inundadas, dominadas principalmente por Argissolos, mas também Alfissolos e Entissolos, com baixa condutividade hidráulica, mal drenados, mesotróficos e com baixo teor de alumínio (SATE). Ainda, os sítios amostrados estão distribuídos em sete das 15 unidades ecológicas propostas por Silva et al. (2006) para todo o Cerrado.

Em grande parte do gradiente latitudinal aqui estudado ocorre a Serra do Roncador que apresenta altitudes em torno 400 m acima do nível do mar (Ratter et al. 1978). A serra atua como um divisor de águas 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 (Eiten 1985, Marimon & Lima 2001, Marimon et al. 2012). A região da Serra do Roncador apresenta três tipos básicos de vegetação que vão desde campos limpos dominados por herbáceas, passando por formações de Cerrado sentido restrito até formações florestais (cerradão e mata seca) (Askew et al. 1970b, Brasil 1975), conforme seguem o gradiente Sul-Norte (Ratter et al. 1973). A vegetação se estabelece sobre diferentes substratos, em geral de solos distróficos com declividade suave a mesotróficos com declividade moderada (Askew et al. 1970b) e em menor ocorrência solos hidromórficos (Ratter et al. 1973).

O clima da região de estudo é sazonal, compreendendo dois períodos bem definidos, sendo um período quente e úmido que ocorre de outubro a abril, e outro período seco e frio ocorrendo de maio a setembro. É caracterizado como sendo do tipo Aw segundo a classificação de Köppen (Silva et al. 2008). Entre os sítios amostrados, houve um gradiente latitudinal de precipitação, com aumentos de pluviosidade de sul para norte (amplitude de 304.9 mm), no entanto as temperaturas médias anuais variaram pouco entre os sítios (amplitude de 2° C) (Tabela 1, ver também Silva et al. 2008). A

altitude foi variável entre sítios, (amplitude de 567 metros), e diminuiu no sentido sul-norte (Tabela 1).

Obtenção dos dados climáticos. Extraímos os dados de precipitação e temperatura para cada sítio na plataforma virtual do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) (<http://maps.lapig.iesa.ufg.br/lapig.html>). Utilizamos os dados entre os anos de 2000 a 2013 para compor uma série climática histórica, composta por 13 ciclos anuais completos de 12 meses, sempre de julho a junho, a fim de que cada ciclo represente um período chuvoso completo.

Tabela 1. Localização geográfica, altitude (m) e médias absoluta do ciclo (2000-2013) para temperatura (°C) e precipitação (mm) de nove sítios de cerrado típico, ordenados ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia. Ver nomes dos sítios na Figura 1.

Sítios	Latitude	Longitude	Altitude	Temperatura	Precipitação
PIRA	16°27'18.34"	51°53'55.32"	775	29,1	1.532,80
NOXA1	14°48'52.30"	52°34'19.59"	440	30,7	1.544,70
NOXA2	14°44'9.35"	52°34'52.38"	285	30,2	1.544,70
NOXA3	14°42'31.63"	52°21'1.69"	330	31,1	1.544,70
CANA1	13°38'53.38"	51°58'7.98"	438	31	1.701,00
CANA2	13°23'24.90"	51°56'49.80"	434	30	1.705,80
RICA	12°50'02,5"	51°45'55,9"	316	30,1	1.707,80
ALBO	11°36'30.78"	51°21'24.28"	264	30,9	1.776,90
SATE	10°25'58.91"	50°35'36.65"	208	29,6	1.837,70

Para os dados de precipitação o banco de dados utilizado compreendia a quantidade total de chuva em milímetros por mês para cada ano, utilizamos um raio de 3 km em torno de cada sítio. Para temperatura a média mensal foi extraída a partir dos valores das médias diárias referentes a cada mês, para os dados de temperatura utilizamos um raio de 1 km. Para temperatura, houve casos (n=25) em que alguns anos não apresentavam registros para todos os meses e nestes casos, a temperatura do mês faltante foi calculada pela média entre os meses anterior e o posterior.

Coleta de dados da vegetação e dos solos. Nós selecionamos sítios nos quais a vegetação dominante era de Cerrado sentido restrito sobre solos profundos, relevo plano

e bem drenados (*sensu* Ribeiro & Walter 2008). Em oito sítios foram estabelecidas 10 parcelas de 20 m × 50 m (com distância mínima de 50 m entre si) totalizando 1 hectare de área amostral. O desenho amostral seguiu o protocolo de parcelas permanentes proposto por Felfili et al. (2005). Apenas no sítio de Ribeirão Cascalheira (RICA) o desenho amostral foi composto por única parcela de 100 m × 100 m, dividida em subparcelas de 20 m × 20 m (mais detalhes sobre este sítio em Maracahipes-Santos et al. (2015)).

Todos os indivíduos lenhosos (incluindo monocotiledôneas das famílias Velloziaceae e Arecaceae) com diâmetro de base medido a 30 cm do solo ($Db_{30\text{ cm}} \geq 5$ cm) foram amostrados e tiveram o $Db_{30\text{ cm}}$ e a altura mensurados. Sempre que possível, identificamos os indivíduos em campo até o nível taxonômico de espécie. Quando não foi possível, coletamos amostras dos indivíduos, herborizamos e consultamos literatura especializada e ao acervo do Herbário de Nova Xavantina-MT para identificação. A classificação das famílias botânicas seguiu o sistema Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV 2016) e a nomenclatura de todas as espécies amostradas foi conferida e padronizada de acordo com a Lista de Espécies da Flora do Brasil 2016 (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>).

Em todos os sítios foram coletadas três subamostras de solo em cada parcela, uma no centro e as outras duas nos vértices diagonais, na profundidade de 0 a 20 cm, exceto em Ribeirão Cascalheira no qual foi coletada uma amostra de solo no centro de cada parcela (ver Maracahipes-Santos et al. 2015). As subamostras foram homogeneizadas formando uma amostra composta por parcela. Submetemos as amostras às seguintes análises químicas e granulométricas: textura (argila, limo e areia), pH em Cálcio, concentrações de Alumínio total (Al), Fósforo-disponível (P), Potássio-disponível (K), Ca^{2+} -troçável, Mg^{2+} -troçável, Enxofre-disponível (S), Acidez (Al^{3+}), Acidez potencial ($H+Al^3$), micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu, S, Na, e B), percentual de saturação de base (Psb), percentual de saturação de Al (Psal), percentual de Matéria orgânica (Mo), capacidade de troca catiônica e teores de carbono orgânico, as variáveis edáficas usadas nas análises estatísticas constam no apêndice 1.

Coletas dos dados espaciais. Para compor a matriz espacial e de altitude nós tomamos as coordenadas e a altitude do centro das parcelas em cada sítio amostrado com auxílio de GPS Garmin (Modelo GPSMAP® 62sc). Em seguida, plotamos os pontos de cada

parcela no Google Earth e utilizamos as coordenadas da parcela mais central de cada sítio para definir as localizações geográficas dos sítios (Ver Figura 1).

Caracterização florística e dos grupos funcionais. As espécies amostradas foram categorizadas em três grupos funcionais adaptado de Ewel et al. 1996: (1) árvores - eudicotiledôneas arbustivo-arbóreas lenhosas; (2) lianas - eudicotiledôneas escandentes e lenhosas; (3) palmeiras - monocotiledôneas arborescentes das famílias Arecaceae e Velloziaceae (optamos por usar o termo “palmeiras” em função de registrarmos apenas três indivíduos de Velloziaceae em um dos nove sítios amostrados).

Comparação das variáveis ambientais entre os sítios. Fizemos uma seleção prévia de variáveis ambientais empregando uma Análise de Componentes Principais (PCA) para as 21 variáveis edáficas (Apêndice 1) e outra PCA para as 3 variáveis climáticas. Para determinar quais componentes principais seriam retidos para análise posteriores foi utilizada a aleatoriedade obtida pelo modelo de broken-stick (Jackson 1993). As variáveis selecionadas nessas duas PCAs foram utilizadas como variáveis ambientais preditoras da distribuição das árvores, palmeiras e lianas ao longo do gradiente.

Comparação da Composição florística entre sítios. Elaboramos uma lista florística contendo as abundâncias e o Grupo Ecológico (árvore, palmeira e liana) de todas as espécies em cada sítio, a partir de agora chamada de composição de espécies. Comparamos a composição entre os nove sítios utilizando os índices de similaridade de Sørensen (qualitativo) que é realizado a partir da matriz de presença e ausência (Brower & Zar 1984) e de Bray-Curtis (quantitativo) o qual dá peso à abundância das espécies (Magurran 2011).

Padrões da distribuição dos grupos funcionais. Para avaliação do gradiente de espécies separadas pelos grupos funcionais, utilizamos uma análise de Escalonamento Multidimensional clássico (*Multidimensional Scaling – MDS*) (Clarke 1993), empregando a matriz euclidiana de distância, usando cada sítio como unidade amostral.

Efeito do ambiente, do espaço e do clima sobre a substituição de espécies. Avaliamos os efeitos ambientais e espaciais sobre as espécies dos três grupos funcionais empregando duas técnicas distintas. Primeiro, testamos para cada grupo a associação entre fatores ambientais e a composição e a estrutura das comunidades por meio de uma Análise de Redundância (RDA). Segundo, descrevemos os efeitos moduladores da associação do ambiente, do clima e do espaço sobre substituição de espécies

(diversidade beta) das espécies dos três grupos funcionais separadamente ao longo do gradiente utilizando a análise de Modelagem de Dissimilaridade Generalizada (GDM) (Faith & Ferrier 2002, Ferrier 2002). Nós relacionamos a dissimilaridade da composição de espécies (e.g. distância de Bray-Curtis) com a dissimilaridade ambiental e a distância geográfica entre os sítios conforme proposto por Ferrier et al. (2007). Assim, os modelos gerados pela GDM foram usados para avaliar o nível de dissimilaridade composicional esperado entre qualquer par de localidades, baseados nas variáveis ambientais e geográficas. A GDM implementa as informações da RDA por apresentar o tamanho do efeito de cada variável sobre a substituição das espécies, e por mostrar ainda, o modelo da relação de cada variável preditora sobre essa substituição. Além disso, a GDM ainda fornece meios de incluir a distância geográfica das áreas e usar esta informação como uma variável preditora adicional nos modelos de dissimilaridade da composição de espécies da comunidade. Para avaliar o efeito conjugado e individual do ambiente e do espaço sobre as variações florístico-estruturais foi utilizada a análise de Partição de Variância gerada na própria GDM, excluindo as espécies com apenas um indivíduo, conforme proposto por Legendre e Gallagher (2001). Testamos a significância das frações puras (edáfica e espacial) por meio de Análise de Variância (*Analysis of Variance* - ANOVA).

Programas e pacotes estatísticos empregados. Todas as análises foram conduzidas no ambiente R, versão 3.3.1, sendo utilizados os seguintes pacotes: *vegan* (Oksanen et al. 2016), *gdm* (Manion et al. 2016), *permute* (Simpson 2016), *lattice* (Sarkar 2008), *MASS* (Venables & Ripley 2002) e *ecodist* (Goslee & Urban 2007). Empregamos nível de significância de 5% em todas as análises.

Resultados

Caracterização florística. Registramos nos nove sítios, 18,338 indivíduos vivos e 175 espécies, distribuídas em 118 gêneros e 41 famílias botânicas. A riqueza de espécies variou de 67 e 87 espécies para os sítios amostrados. Apenas 14 espécies (8%) ocorreram nos nove sítios; 103 espécies (58%) ocorreram em dois e oito sítios e 58 espécies (34%) ocorreram em apenas um sítio (Apêndice 2). As cinco espécies com maiores abundâncias foram *Qualea parviflora* (1,885), *Davilla elliptica* (988), *Syagrus comosa* (656), *Syagrus flexuosa* (553) e *Qualea grandiflora* (532) (Apêndice 2). Juntas essas espécies contribuíram com uma abundância de 4.140 indivíduos (23% da

abundância total). Por outro lado, 18 espécies (10%) foram representadas por apenas um indivíduo e juntas contribuíram com 0,2% do total.

Considerando somente os dados de presença e ausência das espécies, registramos maior similaridade florística entre os sítios (índice de Sørensen variou de 0,51 até 0,78) do que quando as abundâncias de espécies são consideradas (índice de Bray-Curtis variou de 0,24 até 0,60). Registramos os menores valores de similaridade nas comparações entre o sítio de Santa Terezinha (SATE), localizado no extremo norte do gradiente, e os demais sítios (Tabela 2).

Tabela 2. Índices de similaridade de Sørensen e de Bray-Curtis para nove sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso. Diagonal superior = Índice de Sørensen; diagonal inferior = índice de Bray-Curtis. Ver nomes e localização dos sítios na Figura 1.

Sítios	PIRA	NOXA1	NOXA2	NOXA3	CANA1	CANA2	RICA	ALBO	SATE
<i>Índice de Sørensen</i>									
PIRA	-	0.61	0.60	0.70	0.59	0.63	0.54	0.58	0.55
NOXA1	0.34	-	0.73	0.73	0.72	0.71	0.63	0.65	0.51
NOXA2	0.33	0.52	-	0.73	0.71	0.69	0.64	0.68	0.52
NOXA3	0.42	0.60	0.44	-	0.78	0.77	0.62	0.72	0.61
CANA1	0.39	0.45	0.34	0.51	-	0.77	0.65	0.71	0.61
CANA2	0.37	0.35	0.28	0.46	0.43	-	0.63	0.73	0.64
RICA	0.41	0.32	0.28	0.38	0.36	0.42	-	0.65	0.54
ALBO	0.37	0.33	0.33	0.42	0.40	0.41	0.39	-	0.63
SATE	0.28	0.24	0.33	0.36	0.25	0.42	0.31	0.30	-
<i>Índice de Bray-Curtis</i>									

O agrupamento utilizando o índice de similaridade Sørensen formou três grupos (nível de corte de 0,2), sendo o primeiro composto pelo sítio do extremo norte (SATE), o segundo composto pelo sítio do extremo sul (PIRA) e o terceiro formado pelos demais sítios localizados na porção intermediária do gradiente. O agrupamento baseado no índice de Bray-Curtis e considerando o mesmo nível de corte, levou a formação de quatro grupos. O primeiro formado pelo sítio no extremo norte (SATE); o segundo formado por sítios na porção intermediária norte do gradiente (ALBO, CANA2 e RICA), o terceiro formado por sítios na porção intermediária sul do gradiente (NOXA1, NOXA2 e NOXA3) e o quarto formado pelo sítio no extremo sul (PIRA). A única exceção nesse gradiente foi CANA1 que apesar de estar na porção intermediária norte se agrupou com os sítios da porção intermediária sul. Assim, ambas as classificações

sugerem a existência de um gradiente sul-norte, que foi mais bem representado pelo índice de Bray-Curtis (Figura 2).

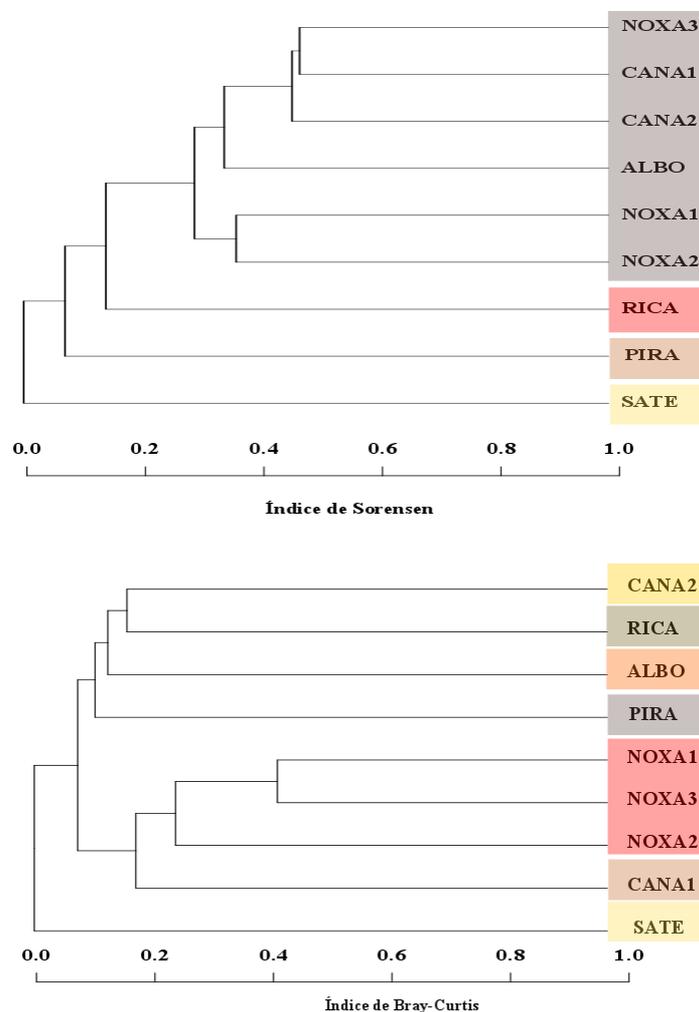


Figura 2. Agrupamentos de similaridade utilizando o Índice de Sørensen (A) e o Índice de Bray-Curtis (B) para nove sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia. Ver nomes e localização dos sítios na Figura 1.

Caracterização dos grupos funcionais. Em todos os sítios houve predomínio de árvores, tanto em termos riqueza espécies quanto de abundância de indivíduos. Por outro lado, palmeiras e lianas foram mesmo representativas. Uma exceção foram os sítios NOXA3, RICA e SATE que apresentaram maiores abundâncias de palmeiras (entre 182 e 440 indivíduos), apesar da baixa riqueza (entre 2 e 3 espécies). Ainda, os sítios de CANA 1 e CANA2 foram aqueles nos quais registramos mais espécies de lianas, sendo a maior parte com baixas abundâncias locais (Figura 3).

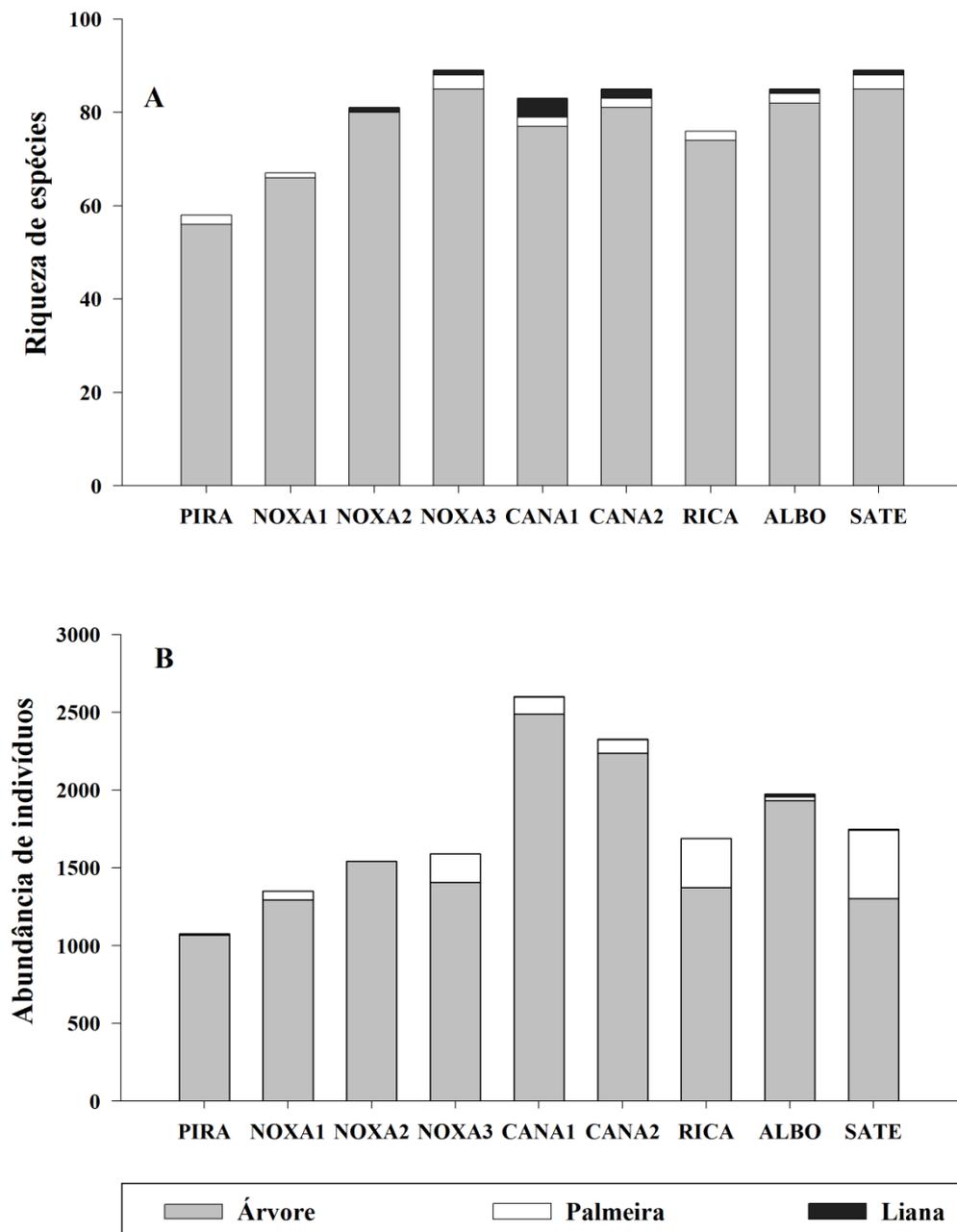


Figura 3. Riqueza (A) e abundâncias de indivíduos (B) de árvores, palmeiras e lianas em nove sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia. Os sítios estão ordenados da esquerda para direita seguindo um gradiente latitudinal sul-norte. Ver nomes e localização dos sítios na Figura 1.

Seleção das variáveis edáficas e climáticas. Oito das 21 variáveis edáficas foram selecionadas na análise de PCA (areia, P, Na, PsAl, Al, argila, MO e Ca), e os dois primeiros eixos explicaram 53% das relações entre as variáveis (Figura 4a). Na PCA com variáveis climáticas todas as três variáveis (precipitação, temperatura e altitude) foram mantidas por não apresentarem autocorrelação entre elas, os dois primeiros eixos da desta PCA explicaram 91% da relação entre as variáveis (Figura 4b).

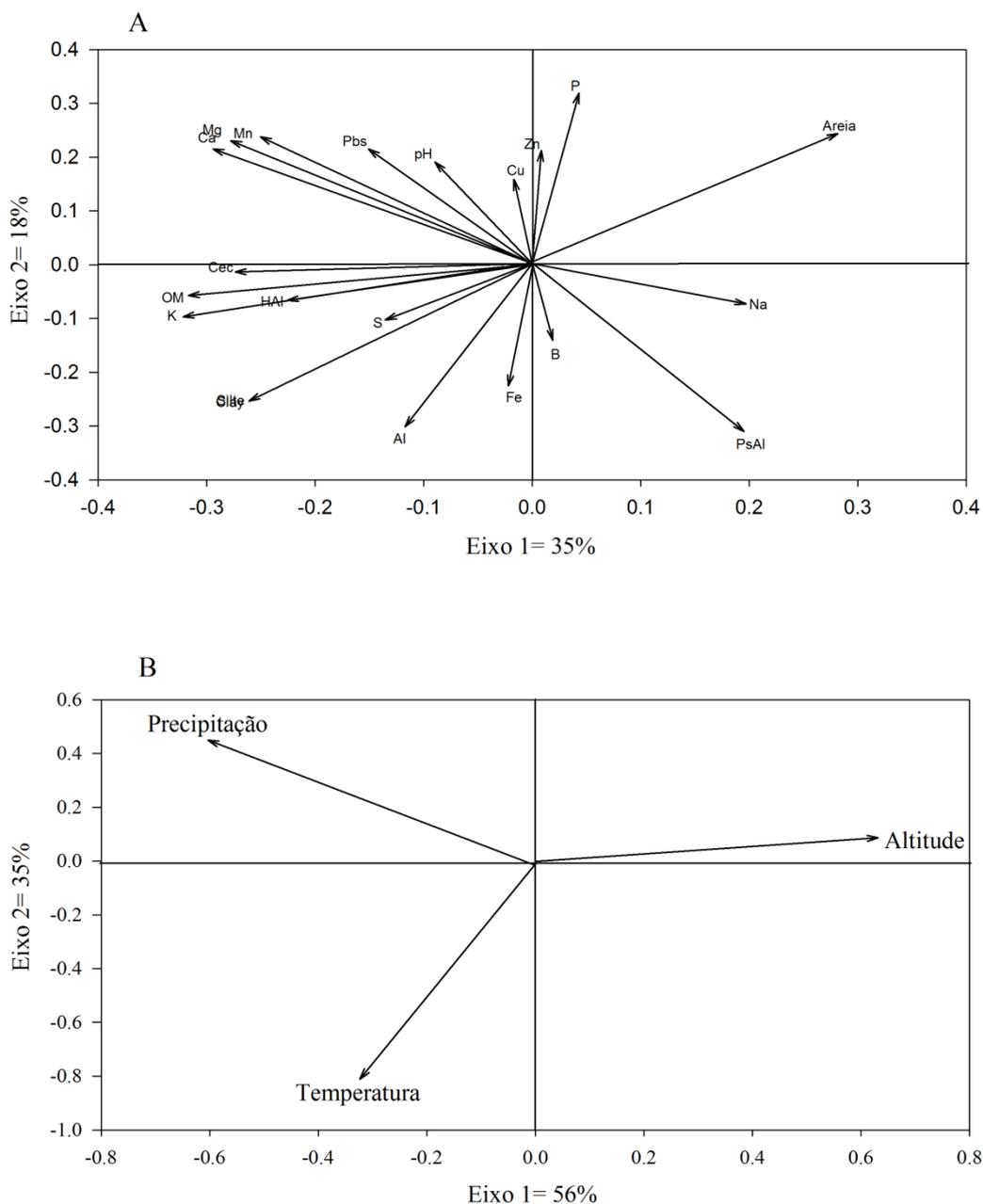


Figura 4. Análises de Componentes Principais (PCA) para seleção de variáveis edáficas (A) e climáticas (B) em nove sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia. Ver nomes das variáveis edáficas no apêndice 1.

Padrões de distribuição dos grupos funcionais. Não houve um gradiente latitudinal evidente de substituição de espécies dos três grupos funcionais. De modo geral, apenas os sítios mais ao norte do gradiente (SATE, ALBO e CANA2) apresentaram maiores semelhanças florísticas e entre si e maior dissimilaridade florística em relação aos demais sítios (Figura 5).

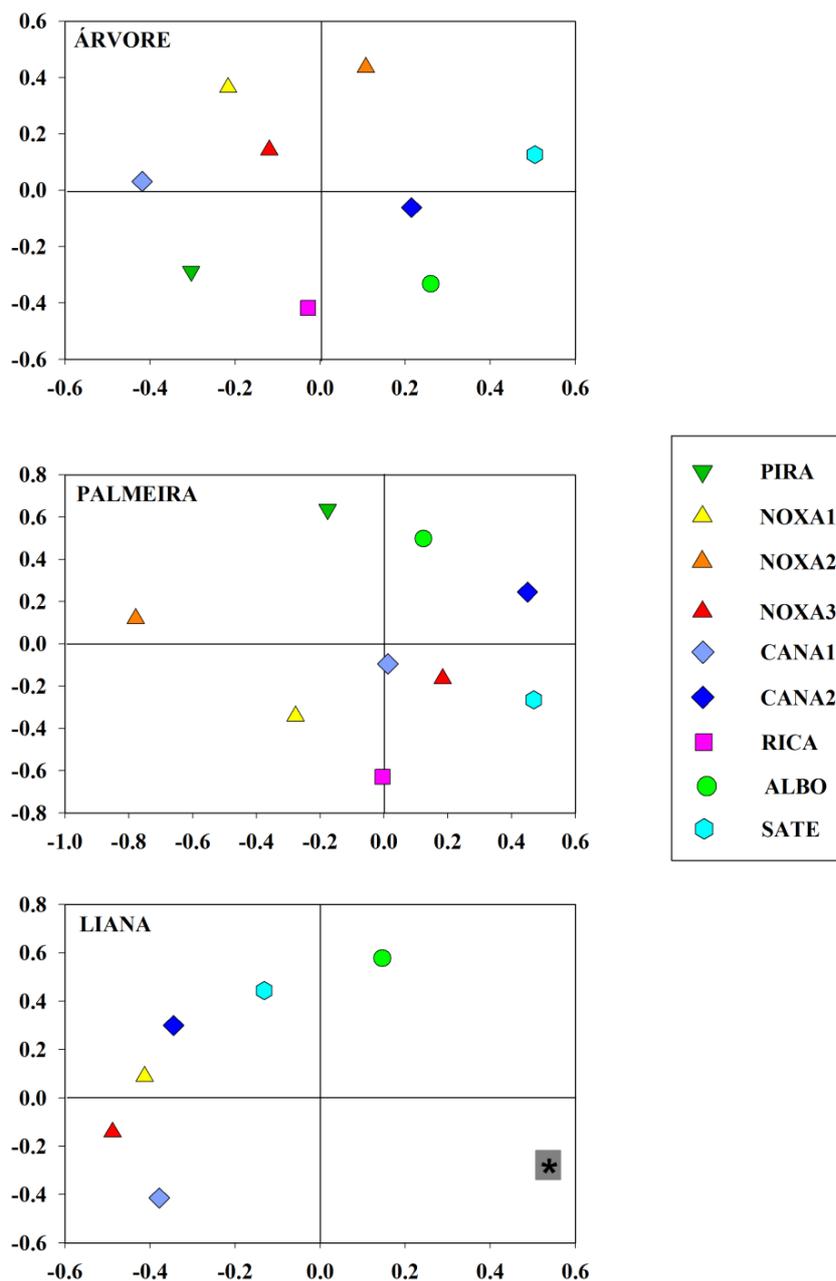


Figura 5. Escalonamento multidimensional (MDS) para Árvores, Lianas e Palmeiras em nove sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia. O asterisco (*) em LIANA refere-se aos sítios PIRA, NOXA1 e RICA que estão sobrepostos. Ver nomes e localização dos sítios na Figura 1.

Relação entre solo, espaço, clima e substituição de espécies. Os três grupos funcionais também apresentaram certas particularidades quando relacionamos a composição de espécies com as variáveis edáficas e ambientais empregando a RDA. Por exemplo, notamos uma separação mais evidente entre os sítios para as árvores do que para lianas e palmeiras (Figura 6).

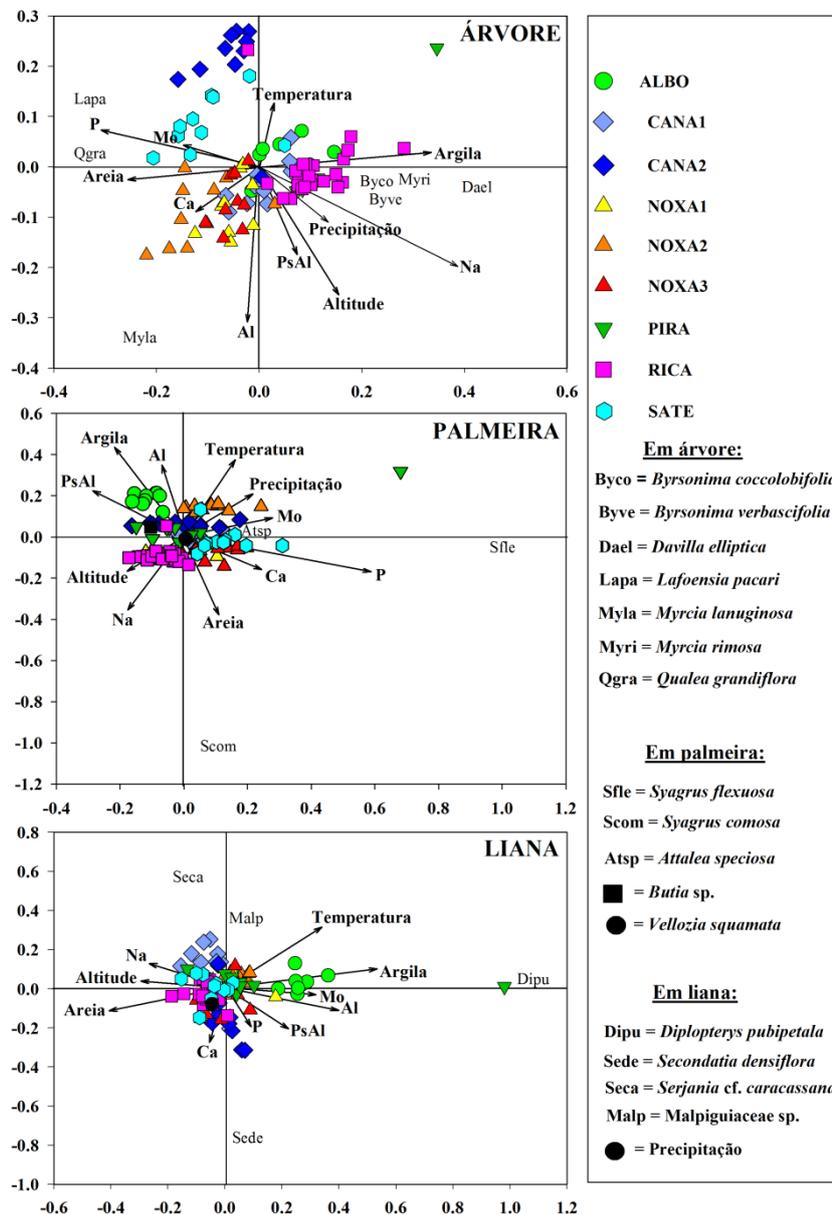


Figura 6. Análise de Redundância (RDA) aplicada para os grupos funcionais (árvore, palmeira e liana) de nove sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia. Onde cada conjunto de símbolos da mesma cor representa as parcelas de cada sítio e suas relações com as variáveis ambientais e espécies abundantes. Ver nomes e localização dos sítios na Figura 1 e nomes das variáveis edáficas no apêndice 1.

Para as árvores, o primeiro eixo da RDA representou principalmente um gradiente de textura e fertilidade dos solos, explicando 33% das relações estabelecidas entre a composição e as variáveis. O segundo eixo explicou 19% e sugere um forte efeito de gradientes de acidez dos solos, temperatura e altitude. Ainda, houve uma separação dos três sítios da porção norte, sugerindo menor efeito do espaço sobre a composição de espécies. Entre esses três sítios, notamos que: (1) a composição de espécies de RICA foi associada a solos mais argilosos e com maiores teores de sódio e menores de fósforo, e altas abundâncias de *Davilla elliptica*, *Myrcia rimosa*, *Byrsonima verbascifolia* e *Byrsonima coccolobifolia*; (2) em SATE ocorreu o contrário, pois a composição de espécies nesse sítio foi associada a solos mais arenosos, com altos teores de fósforo e baixos teores de sódio. As espécies mais abundantes foram *Qualea grandiflora* e *Lafoensia pacari*; (3) a composição de espécies em CANA2 foi associada a maiores temperaturas e menores teores de alumínio. Os três sítios localizados no município de Nova Xavantina (NOXA1, NOXA2, e NOXA3) ficaram mais agrupados como resultado dos solos com textura mais fina e mais ácidos. *Myrcia lanuginosa* foi a espécie com maior abundância (Figura 6).

Para as palmeiras, o primeiro eixo da RDA explicou 68% e o segundo eixo explicou 31%, apesar da menor dispersão entre os sítios, que sugere menor efeito ambiental do que aquele evidenciado para as árvores. Assim como para as árvores, notamos para as palmeiras a separação entre os três sítios localizados mais ao norte e ainda: (1) em RICA, houve associação positiva com a concentração de sódio nos solos e negativa com a concentração de fósforo; (2) em SATE, onde abundâncias de *Attalea speciosa* e *Syagrus flexuosa* apresentam altas abundâncias, os resultados indicam uma associação negativa com sódio e positiva com fósforo; (3) Em ALBO, a composição de espécies foi associada a solos com textura mais fina e maiores teores de alumínio (Figura 6).

Para as lianas, 98% das relações estabelecidas entre a composição e as variáveis ambientais foram explicadas no primeiro eixo, enquanto que o segundo explicou somente 0,1%. Apenas ALBO se separou completamente dos demais sítios, uma vez que a composição de espécies de lianas nesse sítio estava relacionada a maiores temperaturas, maiores teores de argila e acidez do solo em conjunto com a ocorrência da espécie *Diplopterys pubipetala*. CANA1 separou-se também dos demais sítios em função da menor acidez do solo e maior altitude e da presença de indivíduos da espécie

Serjania cf. *caracassana*. De modo geral, quando incluímos as variáveis edáficas e climáticas nas análises (RDA - figura 6) o gradiente florístico evidenciado apenas com a análise florística (MDS - figura 5) não foi confirmado. Isso sugere também forte influência ambiental sobre a substituição das espécies entre os sítios.

Os resultados da análise GDM reforçam o padrão observado pela análise RDA. Tanto as variáveis espaciais, quanto as ambientais foram determinantes da substituição de espécies no gradiente e as variáveis não coincidiram para os três grupos funcionais. Houve ainda forte concordância entre o GDM e a RDA quanto as variáveis associadas à ocorrência e substituição de espécies no gradiente, uma vez que todas as variáveis preditoras de substituição de espécies selecionadas pelo GDM para cada um dos três grupos ecológicos, também foram selecionadas pela RDA.

Na análise de GDM, apenas a distância geográfica foi a variável de importância comum aos três grupos (figuras 7, 8 e 9), mas esta variável explicou relativamente pouco da distribuição de espécies de árvores (3% do total), palmeiras (1%) e lianas (13%) (figura 10). No entanto, o espaço e o ambiente juntos, explicaram grande parte da substituição de espécies, particularmente para as lianas (78% do total) e árvores (56% do total) (figura 10).

Para as árvores, a distância geográfica, quatro variáveis edáficas (PsAl, Ca, Al e argila) e duas variáveis climáticas (temperatura e precipitação) foram determinantes da substituição de espécies, e juntas explicaram 91% do desvio total de turnover (Figura 7). A substituição de espécies ocorreu principalmente em função da distância geográfica (a partir de distâncias superiores a 100 km), da acidez dos solos (PsAl de 30 cmolc/dm³ até 50 cmolc/dm³ e Al entre 0,4 e 0,6 cmolc/dm³) e da precipitação (acima de 1,700 mm). Somente os sítios mais ao norte do gradiente (SATE. ALBO) apresentam precipitação acima deste valor, assim, a composição de espécies nestes sítios se difere dos outros principalmente devido aos elevados índices pluviométricos. Houve também efeito da concentração de argila no solo, teor de cálcio e influência de temperatura sobre a substituição de espécies arbóreas, mas esses efeitos foram menores e com mudanças mais sutis ao longo do gradiente (Figura 7).

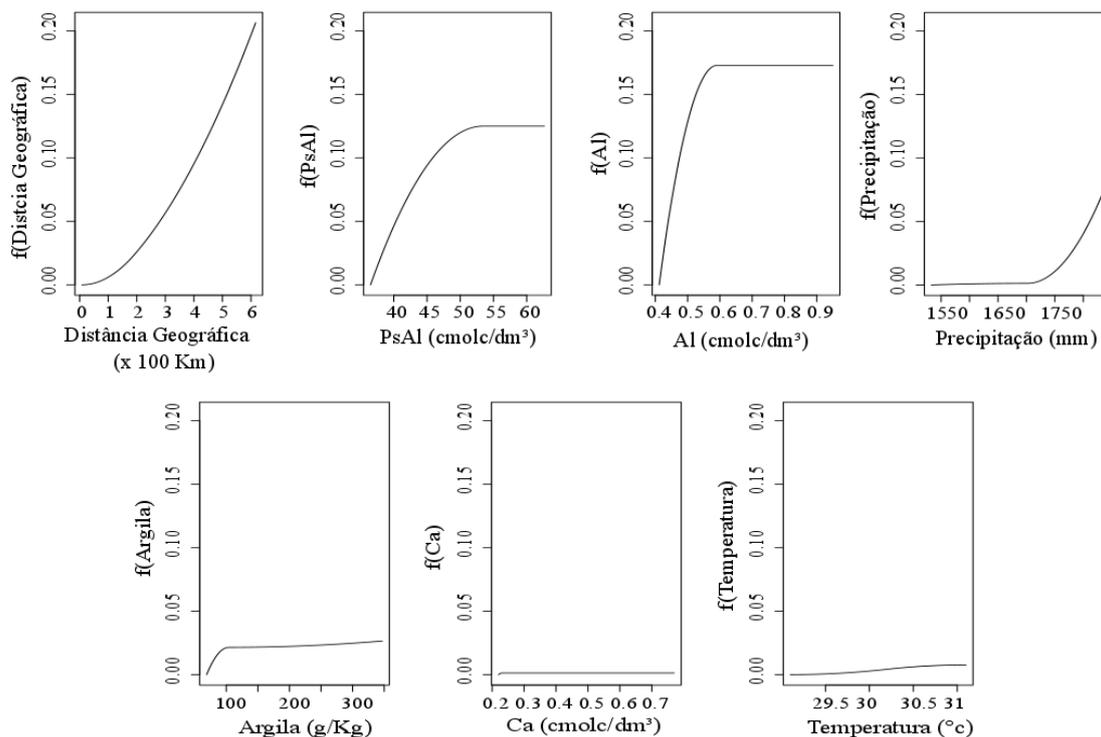


Figura 7. (A) Análise de GDM avaliando os efeitos das variáveis edáficas, climáticas e espaciais sobre a substituição de espécies do grupo ecológico “Árvore” para nove sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia. Ver nomes das variáveis edáficas no apêndice 1.

Para as palmeiras, a substituição de espécies ocorreu em função do espaço, quatro variáveis edáficas e uma variável climática, que juntas explicaram 71% da dissimilaridade de espécies. A substituição de espécies foi determinada principalmente pela distância geográfica (a partir de 300 km), fertilidade dos solos (P a partir de 2 mg/dm^3 e matéria orgânica a partir de 2 mg/dm^3) e acidez (PsAl de 30 cmolc/dm^3 até 50 cmolc/dm^3). Registramos também gradientes mais sutis para a textura do solo (substituição de espécies até 100 g/Kg de argila) e precipitação (substituição de espécies até 1,650 mm) (Figura8).

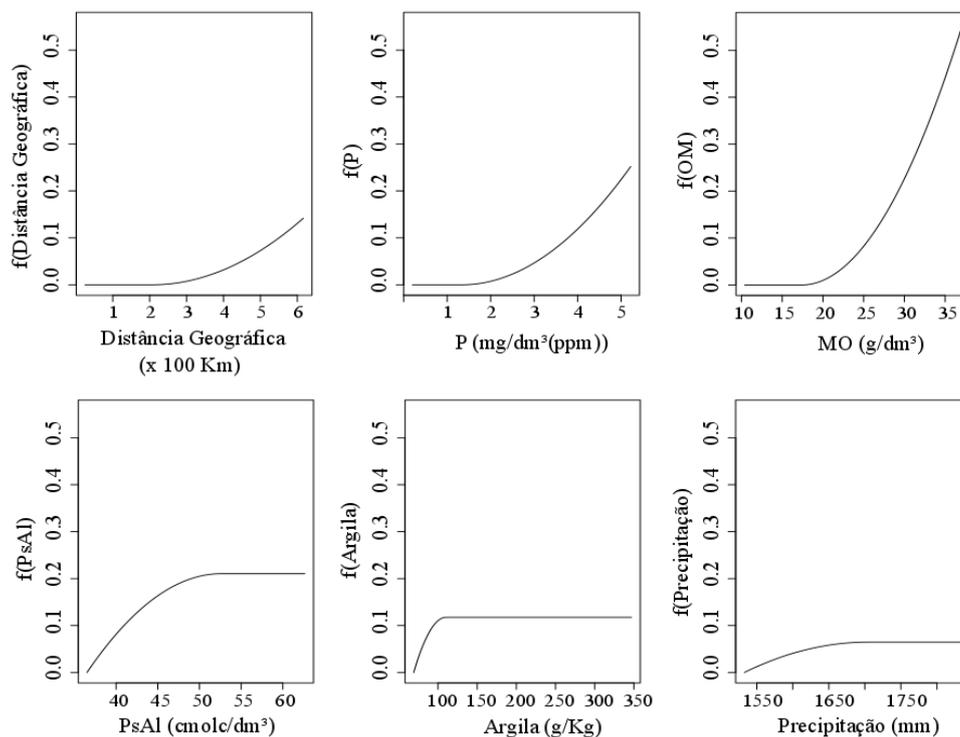


Figura 8. Análise de GDM avaliando os efeitos das variáveis edáficas, climáticas e espaciais sobre a substituição de espécies do grupo ecológico “Palmeira” para nove sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia. Ver nomes das variáveis edáficas no apêndice 1.

Para Lianas, a distância geográfica, três variáveis edáficas e a altitude explicaram 49% dos desvios de dissimilaridade de espécies. Nesse grupo, a substituição e espécies ocorreu principalmente em relação ao espaço (distância a partir de 250 km), à textura dos solos (ao longo de todo gradiente – entre 700 g/Kg e 900 g/Kg), fertilidade (sódio a partir de 9 mg/dm³ e Cálcio até 0,2 cmolc/dm³) e elevação do terreno (altitudes entre 250 m e 400 m). (Figura 9).

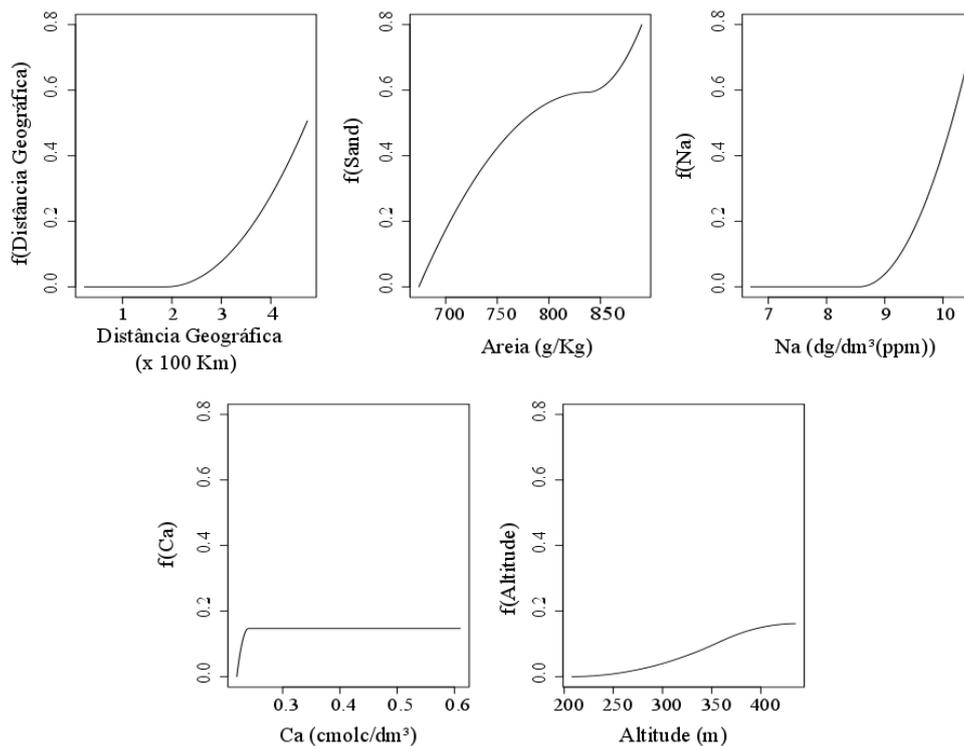


Figura 9. Análise de GDM avaliando os efeitos das variáveis edáficas, climáticas e espaciais sobre a substituição de espécies do grupo ecológico “Liana” para nove sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia. Ver nomes das variáveis edáficas no apêndice 1.

A fração da substituição de espécies ao longo do gradiente explicada puramente pelo ambiente (solos, clima e altitude) e do ambiente em conjunto com o espaço (distância geográfica) foram as mais importantes para árvores e palmeiras (Figura 10). O espaço separadamente contribuiu pouco para explicar a substituição de espécies para estes dois grupos. No caso das lianas, tanto o espaço quanto o ambiente foram importantes, mas explicaram individualmente somente 13 e 9% da substituição de espécies, respectivamente. A fração do ambiente em conjunto com o espaço foi a mais importante para este grupo, explicando 78% da variação observada (Figura 10).

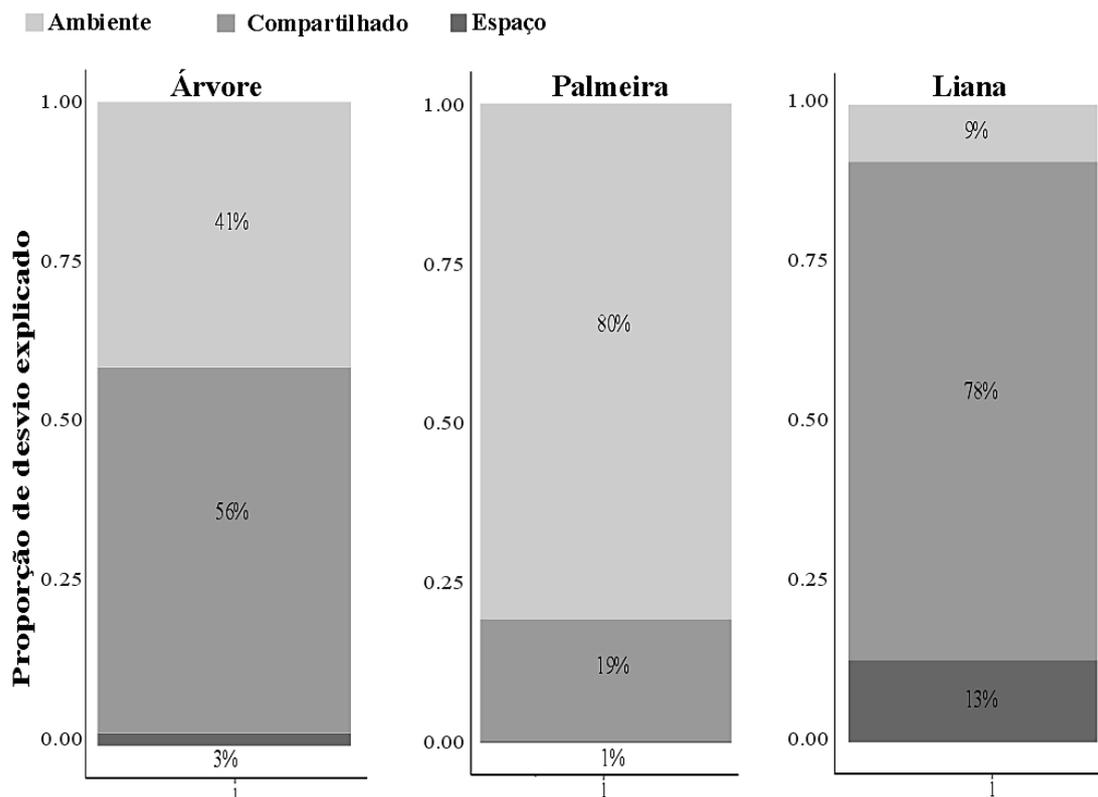


Figura 10. Partição de variância dos componentes preditores da dissimilaridade da substituição de espécies para nove sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia.

Discussão

Considerando em conjunto as espécies dos três grupos funcionais aqui avaliados, nossos resultados mostram elevada diversidade alfa de espécies, particularmente naqueles sítios localizados mais ao norte no gradiente (CANA2, ALBO e SATE) que apresentaram mais de 80 espécies cada. Esses valores de riqueza podem ser considerados muito elevados quando comparados a outros estudos realizados na região central do Bioma Cerrado. Por exemplo, Felfili & Silva-Júnior 1993 comparando seis áreas de cerrado no Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais encontraram um número máximo de 72 espécies. Andrade et al. 2002, 63 espécies; Silva et al. 2002, 67 espécies; Assunção & Felfili 2004, 54 espécies; Fonseca & Silva-Júnior 2004, 64 espécies). Além da maior diversidade alfa registrada nesse e em outros estudos com comunidades arbustivo-arbóreas e lenhosas de Cerrados na região de transição com a Amazônia (e.g. Maracahipes-Santos et al. 2015, 76 espécies; Marimon Júnior e Haridasan 2005, 77 espécies), aproximadamente um terço das espécies ocorreu em apenas um dos nove

sítios (presente estudo). Assim, as savanas desta região de transição apresentam alta diversidade alfa e beta e conseqüentemente elevada diversidade gama ($n = 175$ espécies). Esses valores são superiores àqueles registrados por Felfili e Silva Junior (1993) em um amplo estudo regional conduzido com formações savânicas na porção centro sul do Cerrado ($n=139$ espécies) e empregando a mesma metodologia adotada aqui. Estes resultados destacam a importância da preservação de áreas de vegetação natural ao longo de toda a porção leste do Bioma Cerrado, para que a notável riqueza de espécies presente na região seja protegida.

Por outro lado, essa alta riqueza regional de espécies registrada na região de transição entre o Cerrado e a Amazônia contradiz os achados de Françoso et al. (2016) que compilou informações da literatura e sugeriram que há maior riqueza do componente arbustivo arbóreo na porção central do Bioma e menor nas zonas de transição. Acreditamos que os resultados discrepantes entre o presente estudo e aquele de Françoso et al. (2016) se deve ao fato de os autores incluírem informações de diferentes fisionomias e com distintas metodologias de amostragem. Assim, sugerimos que estudos comparativos dos padrões de riqueza no cerrado sejam realizados observando as fisionomias amostradas e a metodologia de amostragem, para evitar vieses de interpretação.

Mostramos ainda, em todos os sítios, maior riqueza e abundância de árvores em relação às palmeiras e lianas. No entanto são notáveis as abundâncias de palmeiras em alguns sítios, como em SATE (2,8%) e RICA (2%). Ainda, entre as cinco espécies mais abundantes em todos os nove sítios, duas são palmeiras (*Syagrus flexuosa* e *Syagrus comosa*), que juntas representam cerca de 8% dos indivíduos amostrados em todos os nove sítios. Isso mostra a necessidade de se incluir monocotiledôneas nos estudos de vegetação das savanas, como já destacado por outros autores (e.g. Lenza et al. 2011, Lima et al 2003, Idohou et al. 2015). Essa expressiva abundância de palmeiras parece ser também uma característica distintiva entre o Cerrado e as demais savanas mundiais (Furley 2004), nas quais as palmeiras são um grupo ecológico pouco representado. Contudo, apesar da importância florística e estrutural das palmeiras em formações savânicas do Cerrado, até recentemente, esse grupo ecológico foi excluído de estudos florísticos de formações savânicas do Cerrado, conforme notado por Lima et al. (2003).

Notamos ainda pequena representatividade de lianas, provavelmente devido ao caráter mais xérico das formações savânicas do Cerrado, uma vez que, no Bioma

Cerrado e em outras savanas mundiais, esse grupo ecológico está associado a formações florestais (Marimon et al., 2002, Letcher & Chazdon 2009). De fato, na região de transição entre o Cerrado a Floresta Amazônica, as lianas são mais representativas e importantes apenas nas formações florestais e atuam de forma significativa para diversidade da composição de espécies nestas formações (Marimon et al. 2002, Oliveira et al. 2013). Apesar da menor representatividade das lianas nos cerrados estudados, nós recomendamos a inclusão desse grupo funcional em novos estudos com a comunidade lenhosa do Cerrado, particularmente na região de transição que tem experimentado avanços das formações florestais sobre as formações savânicas (Marimon et al. 2006). Como as lianas ocorrem preferencialmente em formações florestais (Schnitzer & Bongers 2002) sugerimos que a amostragem e monitoramento das lianas possam servir como um indicativo adicional das mudanças observadas na estrutura das comunidades vegetais da transição entre o Cerrado e a Amazônia, conforme sugerido por (Marimon et al. 2006).

Os padrões gerais de substituição de espécies nos sítios amostrados (MDS) não revelaram um gradiente latitudinal evidente para árvores, palmeiras e lianas. Adicionalmente, as análises integrativas entre ambiente e espaço (RDA, GDM e Partição de Variância) indicaram um padrão complexo de interações entre a composição de espécies dos distintos grupos funcionais e as variações espaciais e ambientais. Uma vez que, mesmo sítios mais próximos diferem em composição de espécies em função das condições edáficas e climáticas locais. De fato, conforme revelado pela análise de partição de variância, os efeitos do ambiente foram sempre maiores do que os efeitos do espaço sobre a composição de espécies, com exceção para as lianas, onde o efeito puramente espacial foi maior. No entanto, o tamanho do efeito do ambiente e do espaço e as variáveis envolvidas na estruturação das comunidades diferiram entre árvores, palmeiras e lianas, sugerindo assim diferentes processos estruturadores para cada um dos três grupos funcionais. Em suma, apesar do ambiente e o espaço explicarem a maior parte da substituição de espécies dos três grupos funcionais o efeito da distância geográfica é potencializado em associação com o ambiente.

Os processos estruturadores das comunidades de árvores, palmeiras e lianas também não coincidiram, uma vez que a substituição das árvores seguiu principalmente gradientes de acidez do solo e precipitação, enquanto para as palmeiras os gradientes de fertilidade e acidez do solo foram mais notáveis e para as lianas os gradientes de textura

e fertilidade solos determinaram melhor a substituição de espécies. No Cerrado, não conhecemos qualquer estudo que avalie a substituição de espécies em gradientes ambientais e espaciais. Os estudos realizados até o momento não discriminam grupos funcionais (e.g. Silva et al. 2002, do Carmo-Balduino et al 2005, Carvalho et al. 2013) e não avaliam a substituição de espécies em gradientes. No entanto, alguns desses estudos mostram, para a escala do Bioma Cerrado (Françoso et al 2016, Ratter et al. 2003) que há a formação de domínios geográficos evidentes, sem estabelecer clara relação entre a flora, o ambiente e o espaço em gradientes ambientais. Outro estudo conduzido por Castro (1999) sugere o efeito da altitude sobre a composição de espécies no Cerrado. No entanto mostramos aqui pouco efeito da altitude sobre a substituição de espécies, provavelmente em função da pequena amplitude entre os sítios (567 metros). O pequeno efeito da temperatura sobre a substituição das espécies no presente estudo parece também ser consequência da amplitude de apenas 2 °c entre sítios. Dessa forma, recomendamos a condução de estudos dessa natureza em maior escala geográfica, para avaliar se os efeitos observados ou não no presente estudo se aplicam ao Bioma como um todo.

Um padrão espacial consistente revelado pela análise de GDM no presente estudo, para os três grupos funcionais, foi que a substituição evidente de espécies ocorre após uma distância mínima que variou entre 100 km e 300 km (cerca de 100 km para árvores, 300 km para palmeiras e 250 km para lianas) sem tendências a reduções na substituição de espécies em distâncias maiores (até cerca de 600 km no presente estudo). Esse fato pode explicar, a formação dos quatro domínios geográficos propostos por Françoso et al. (2016) e dos oito propostos Ratter et al. (2003) para o Cerrado, ambos baseados na composição de espécies dos sítios amostrados. Segundo os autores acima, os domínios fitogeográficos refletem as semelhanças florística entre sítios, em uma perspectiva espacial e de influência da flora dos biomas adjacentes. Desse modo, Nossos resultados, podem nortear ainda a tomada de decisão quanto a melhor distância mínima de amostragem de novos sítios de formações savânicas com o intuito de cobrir as lacunas de conhecimento sobre a flora lenhosa do Cerrado propostas por Françoso et al. (2016) particularmente nas regiões ecotonais. Considerando apenas a distância geográfica, nós sugerimos que a amostragem a cada quadrícula de um grau de latitude e de longitude, ou seja 111 km X 111 km, seria suficiente para cobrir as lacunas de conhecimento da flora ainda existentes no Bioma Cerrado. No entanto, nosso estudo se

limita apenas a porção leste do Cerrado e, por isso, recomendamos o emprego do GDM para áreas geográficas maiores do Cerrado, para analisar se a distância mínima aqui encontrada se aplica também a porção central do Bioma e às outras áreas de transição do bioma (Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal). A área de estudo se encontra em uma região de transição e por isso poderia se esperar maior substituição de espécies do que na região central do bioma. Desse modo, acreditamos que o gradiente espacial de substituição na porção central do cerrado será mais longo e por isso as distâncias mínimas de substituição aqui sugeridas (100 a 300 km), são úteis para decidir sobre novos locais de amostragem com o objetivo de cobrir as atuais lacunas de conhecimento da vegetação arbustivo arbórea das formações savânicas do Cerrado.

De acordo com nossos resultados, é também de grande importância avaliar as características ambientais antes de decidir novos locais de amostragem. Primeiro, notamos forte efeito da precipitação e da acidez dos solos sobre a substituição de espécies de árvores, mas não sobre as lianas. Segundo, mostramos evidentes efeitos da fertilidade dos solos sobre a substituição de espécies de palmeiras (principalmente matéria orgânica e P) e de lianas (principalmente Na e Ca) do que sobre as árvores. Terceiro, o gradiente latitudinal do presente estudo, representa também um gradiente de precipitação e de proximidade da Amazônia, pois os sítios mais ao norte estão mais próximos da Amazônia e poderiam estar sob maior influência florística desse bioma, mas esse efeito florístico depende de análises mais específicas, não conduzidas no presente estudo. Desse modo, concluímos que qualquer tomada de decisão quanto a novos sítios de amostragem da vegetação savânica do Cerrado deve levar em conta o distanciamento dos sítios em relação aos sítios já amostrados, as características macroclimáticas, as propriedades físicas e químicas dos solos e a proximidade de outros biomas. A complexidade da distribuição das espécies dos distintos grupos funcionais e de suas relações com ambiente e espaço aqui reveladas, mostra a necessidade do estabelecimento de critérios claros e objetivos quanto aos novos sítios a serem amostrados, para melhor entender a distribuição da riqueza e substituição de espécies ao longo do Cerrado, a savana com a mais rica e heterogênea flora do mundo, ainda que incompletamente conhecida.

Mostramos, nesse estudo, que a substituição de espécies ao longo do gradiente latitudinal está sob o efeito do ambiente, do espaço ou de ambos. Evidenciamos ainda que os diferentes grupos funcionais diferem quanto as suas respostas em gradientes

ambientais e espaciais. Enquanto a substituição de espécies em árvores e lianas foi determinada pela associação entre ambiente e espaço, em palmeiras o ambiente foi responsável pela substituição de espécies. No entanto, as conclusões para lianas devem ser vistas com muita cautela, devido à baixa riqueza e ocorrência de indivíduos nos sítios amostrados. Considerando nossos resultados, é possível afirmar que as mudanças no clima e nas propriedades dos solos promovidas pela ação humana podem alterar a estrutura das comunidades dos três grupos funcionais na região de transição entre o Cerrado e a Amazônia, com consequências ainda pouco conhecidas sobre os serviços ambientais e ecológicos dessas savanas em zona de transição. É sabido ainda que, para essa região, tem ocorrido nas últimas décadas um aumento na representatividade de espécies arbóreas em formações savânicas conforme observado por Marimon et al. (2006) e isso, segundo o presente estudo, pode estar associado ao forte efeito da precipitação sobre a distribuição e substituição das árvores.

Referências Bibliográficas

- Amaral, A. G., Pereira, F. F. O., & Munhoz, C. B. R. (2006). Fitossociologia de uma área de cerrado rupestre na Fazenda Sucupira, Brasília-DF. *Cerne*, 12(4), 350-359.
- Andrade, L. A., Felfili, J. M., & Violatti, L. (2002). Phytosociology of an area of "cerrado denso" at the RECOR-IBGE, Brasília-DF, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 16(2): 225-240.
- 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.
- 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.
- 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.
- Assunção, S. L., & Felfili, J. M. (2004). Fitossociologia de um fragmento de cerrado sensu stricto na APA do Paranoá, DF, Brasil. *Acta botanica brasilica*, 18(4): 903-909.

- Becerra, J. A. B., Shimabukuro, Y. E., & dos Santos-Alvalá, R. C. (2009). Relação do padrão sazonal da vegetação com a precipitação na região do cerrado usando índices espectrais de vegetação. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 24(2): 125-134.
- Bond, W. J., Smythe, K. A., & Balfour, D. A. (2001). Acacia species turnover in space and time in an African savanna. *Journal of Biogeography*, 28(1): 117-128.
- Botrel, R. T., Oliveira-Filho, A. D., Rodrigues, L. A., & Curi, N. I. L. T. O. N. (2002). Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 25(2), 195-213.
- Brasil, (1975). Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha SB.21. Tapajós, geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro.
- Bridgewater, S., Ratter, J. A., & Ribeiro, J. F. (2004). Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. *Biodiversity & Conservation*, 13(12): 2295-2317.
- Brower, J. E., & Zar, J. H. (1984). *Field and laboratory methods for general ecology*. Dubuque. W.M. C. Brown Publishers.
- Brown, E. H. (1970). The Geomorphology of the 20 km Square. *The Geographical Journal*, 136(3): 367-370.
- Cardoso, E. DIVANE, & Schiavini, I. VAN (2002). Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). *Revista Brasileira de Botânica*, 25 (3), 277-289.
- Carvalho, M. B., Bernacci, L. C., & Coelho, R. M. (2013). Floristic and phytosociology in a physiognomic gradient of riverine forest in Cerrado, Campinas, SP. *Biota Neotropica*, 13(3), 110-120. alic
- Carvalho, M. B., Bernacci, L. C., Coelho, R. M. (2013). Floristic and phytosociology in a physiognomic gradient of riverine forest in Cerrado, Campinas, SP. *Biota Neotropica*, 13(3), 110-120.

- 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. *Pesquisa em foco*, 7(9): 147-178.
- Castro, A. A. J. F., Castro, N. M. C. F., da Costa, J. M., de Farias, R. R. S., DE ARAÚJO Mendes, M. R. A, Albino, R. S., & Oliveira, M. E. A. (2007). Cerrados marginais do Nordeste e ecótonos associados. *Revista Brasileira de Biociências*. 5(S1): 273-275.
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. 18: 117-143.
- Coutinho, L. M. (1990). O cerrado e a ecologia do fogo. *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro. 12(68): 22-30.
- do Carmo -Balduino, A. P., de Souza, A. L., Neto, J. A. A. M., da Silva, A. F., Silva Júnior, M. C. (2005). Fitosociologia e análise comparativa da composição florística do cerrado da flora de Paraopeba-MG. *Revista Árvore*, 29(1), 25-34.
- Domingues, M. S. & Bermann, C. (2012). O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. *Ambiente Sociedade*. 15:1-22.
- Dray, S. & Dufour, A. B. (2007). The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*. 22(4): 1-20.
- Eiten, G. (1975). The vegetation of the Serra do Roncador. *Biotropica*. 7(2):112-135.
- Eiten, G. (1985). Vegetation near Santa Teresinha, NE Mato Grosso. *Acta Amazônica*. 15(3-4): 275-301.
- Ewel, J. J., & Bigelow, S. W. (1996). Plant life-forms and tropical ecosystem functioning. In *Biodiversity and ecosystem processes in tropical forests* (pp. 101-126). Springer Berlin Heidelberg.
- Faith, D. P., & Ferrier, S. (2002). Linking beta diversity, environmental variation, and biodiversity assessment. *Science*, 296 [Online] 22 July 2002.
- Felfili, J. M, Silva-Junior, 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. & Silva-Junior, M.C. (1993). A comparative study of cerrado (sensu stricto) vegetation in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. 9: 277-289.
- Felfili, J. M. (2007). *Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros*. UnB: Finatec.
- Felfili, J. M., & Fagg, C. W. (2007). Floristic composition, diversity and structure of the " cerrado" sensu stricto on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*. 30(3): 375-385.
- Felfili, J. M., Nogueira, P. E., DA Silva-Junior, M.C., Marimon, B. S., & Delitti, W. B. C. (2002). Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de o no município de o no município de Água Boa–MT. *Acta Botanica Brasilica*. 16(1): 103-112.
- 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, J. M.; Sousa-Silva, J. C.; Scariot, A. (2005). Biodiversidade, ecologia e conservação do Cerrado: avanços no conhecimento. In: Scariot, A. Sousa-Silva, Felfili, S. M. *Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação*. Brasília-DF: Ministério do meio ambiente. 2005, p. 24-44.
- Felfili, S. M. & Felfili, J. M. (2001). Diversidade alfa e beta no cerrado sensu stricto da Chapada Pratinha, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 15(2): 243-254.
- Ferrier, S. (2002). Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here? *Systematic biology*, 51(2), 331-363.
- Ferrier, S., Manion, G., Elith, J., & Richardson, K. (2007). Using generalized dissimilarity modelling to analyse and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment. *Diversity and distributions*, 13(3), 252-264.
- 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. D., & Silva- Júnior, M. D. (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*. 18(1): 19-29.
- 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.
- Furley, P. (2004). Savanas tropicais. *Progress in Geografia Física* , 28 (4), 581-598.
- Furley, P. A. & Ratter, J. A. (1988). Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography*. 15: 97-108.
- Gavin L. Simpson, G. L. (2016). permute: Functions for Generating Restricted Permutations of Data. R package version 0.9-4. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=permute>>.
- Glenn Manion, G., Matthew Lisk, M., Simon Ferrier, S., Diego Nieto-Lugilde, D., and Matthew C. Fitzpatrick, M. C. (2016). gdm: Functions for Generalized Dissimilarity Modeling. R package version 1.2.3. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=gdm>>.
- 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 Botanica Brasilica* 25:865-875.
- Guerin, G. R., Biffin, E., & Lowe, A. J. (2013). Spatial modelling of species turnover identifies climate ecotones, climate change tipping points and vulnerable taxonomic groups. *Ecography*, 36(10), 1086-1096.
- Hoffmann, W. A., Geiger, E. L., Gotsch, S. G., Rossatto, D. R., Silva, L. C. R., Lau, O. L., Haridasan, M., & Franco, A. C. (2012). Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. *Ecology Letters*. 15:759-768.
- Idohou, R., Arino, A., Assogbadjo, A., Kakai, R. G., & Sinsin, B. (2015). Diversity of Wild Palms (Arecaceae) in the Republic of Benin: Finding the Gaps in the National Inventory Combining Field and Digital Accessible Knowledge.

- Jackson, D. A., (1993). Stopping rules in principal components analyses: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology*, 74: 2204-2214.
- Jones, M. M., Ferrier, S., Condit, R., Manion, G., Aguilar, S., & Perez, R. (2013). Strong congruence in tree and fern community turnover in response to soils and climate in central Panama. *Journal of Ecology*, 101(2), 506-516.
- Klink, C. A., & Machado, R. B. (2005). Conservation of the Brazilian cerrado. *Conservation biology*. 19(3): 707-713.
- Legendre, P.; Gallagher, E. (2001). Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*. 129(2):271–280.
- Lenza, E., Pinto, J. R. R., Pinto, A. S., Maracahipes, L., Bruziguessi, E. P. (2011). Comparação da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de cerrado rupestre na Chapada dos Veadeiros, Goiás, e áreas de cerrado sentido restrito do Bioma Cerrado. *Revista Brasileira Botanica*. 34:247-259.
- Lenza, E., Santos, J.O., Maracahipes-Santos, L. (2015). Species composition, diversity, and vegetation structure in a gallery forest-cerrado sensu stricto transition zone in eastern Mato Grosso, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*. 29(3): 327-338.
- Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>.
- Lopes, S. F., Vale, V. S., Oliveira, A. P., & Schiavini, I. (2011). Análise comparativa da estrutura e composição florística de cerrado no Brasil Central. *Interciencia*. 36(1): 8-15.
- Magurran, A. E. (2011). *Medindo a diversidade biológica*. Editora UFPR, Curitiba, 256p.
- 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, Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotropica*. 11:133-141.
- Maracahipes-Santos, LM., Lenza, E., dos Santos, J.O., Marimon, B. S., Eisenlohr, P. V., Marimon-Junior, B. H., Junior, BHM & Feldpausch, T. R. (2015). Diversidade, composição florística e estrutura da vegetação lenhosa do Cerrado na zona de

transição Cerrado-Amazônia no Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 38 (4), 877-887.

Marimon, B. S., Felfili, J. M., Lima, E. S., (2002). Floristics and phytosociology of the gallery forest of the Bacaba Stream, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 59, 303-318.

Marimon, B. S., Lima, E. 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. *Edinburgh Journal of Botany*. 63(23):323-341.

Marimon, B.S. & Lima, E.S. (2001). Caracterização fitofisionômica e levantamento florístico preliminar no Pantanal dos Rios Mortes-Araguaia, Cocalinho, Mato Grosso, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 15(2): 213-229.

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(4):913-926.

Medeiros, M. B. D., e 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*, Viçosa-MG, v.36, n.4, p.673-683, 2012

Medeiros, M. B., Walter, B. M. T., Silva, G. P. (2008). Fitossociologia do cerrado stricto sensu no município de Carolina, MA, Brasil. *Cerne*, 14(4), 285-294.

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(4): 437-444.

Meireles, L. D.; Shepherd, G. J., & Kinoshita, L. S. (2008). Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma floresta ombrófila densa alto-montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 31: 559-574.

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. *Biodiversidade e Conservação*. 23:1119–1131.

- Mittermeier, R. A., Fonseca, G. D., Rylands, A. B., e Brandon, K. (2005). Uma breve História da Conservação da Biodiversidade no Brasil. *Megadiversidade*, 1 (1), 14-21.
- Montana, C. & Valiente-Banuet, A. (1998). Floristic and life-form diversity along an altitudinal gradient in an intertropical semiarid mexican region. *The Southwestern Naturalist*, 43: 25-39.
- Moreira, A. G. (2000). Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. *Journal of Biogeography*. 27(4): 1021-1029.
- Motta, P. E. F., Carvalho- Filho, A., Ker, J. C., Pereira, N. R., Carvalho J. W., & Blancaneaux, P. (2002). Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 37(6): 869-878.
- Moura, I. I. O., Klein, V. L. G., Felfili, J. M., & Ferreira, H. D. (2008). Fitossociologia da comunidade lenhosa de uma área de cerrado rupestre no Parque Estadual dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás. *Revista de Biologia neotropical*, 4(2), 18.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*: 403(6772): 853-858.
- 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. (2001). Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Canarana-MT. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*. 8:28-43.
- Oksanen, J. F.,; Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., Mcglinn, D., Minchin, P. R., O'hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H.,; Szoecs, E., Wagner, H. (2016). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-1. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=vegan>>.

- Oliveira-Filho, A. T., Shepherd, G. J., Martins, F. R., Stubblebine, W. H. (1989). Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. 5:413-431.
- Peres-Neto, P. R. & Legendre, P. (2010). Estimating and controlling for spatial structure in the study of ecological communities. *Global Ecology and Biogeography*. 19: 174-184.
- Pinheiro, M. H. O. (2010). Formações savânicas mundiais: uma breve descrição fitogeográfica. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, 1(2).
- R core team. (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.
- Ramírez, N. (2002). Reproductive phenology, life-forms, and habitats of the Venezuelan Central Plain. *American Journal of Botany*, 89(5): 836-842.
- 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.
- Ratter, J. A., Askew, G. P., Montgomery, R. F., & Gifford, D. R. (1978). Observations on the Vegetation of Northeastern Mato Grosso. II. Forests and Soils of the Rio Suia-Missu Area. *Proceedings of the Royal Society de Londres B: Biological Sciences*. 203(1151): 191-208.
- 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(1): 57–109.
- Ratter, J. A., Ribeiro, J. F., & Bridgewater, S. (1997). The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of botany*, 80(3), 223-230.
- 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.

- Reatto, A., Correia, J. R., & Spera, S. T. (2008). Solos do Bioma do Cerrado: aspectos pedológicos. In: Sano, S. M., Almeida, S. P., Ribeiro, J. F. (eds.). Cerrado: Ecologia e Flora. Embrapa-CPAC, Planaltina, p.107-149.
- Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S. M., Almeida, S. P., Ribeiro, J. F. Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (eds.). Cerrado: Ecologia e Flora. Embrapa-CPAC, Planaltina, p.151-212.
- Ribeiro, L. F., & Tabarelli, M. (2002). A structural gradient in cerrado vegetation of Brazil: changes in woody plant density, species richness, life history and plant composition. *Journal of tropical ecology*, 18(05), 775-794.
- Rossatto, D. R. & Franco, A. C. (2017). Expanding our understanding of leaf functional syndromes in savanna systems: the role of plant growth form. *Oecologia*, 1-10.
- Ruokolainen, K., & Vormisto, J. (2000). As palmeiras amazônicas mais difundidas tendem a ser altas e generalistas de habitat. *Básico e Ecologia Aplicada*, 1 (2), 97-108.
- Santiago, L. S., & Wright, S. J. (2007). Leaf functional traits of tropical forest plants in relation to growth form. *Functional Ecology*, 21(1), 19-27.
- Sarkar, D. eepayan (2008) *Lattice: Multivariate Data Visualization with R*. Springer, New York. ISBN 978-0-387-75968-5.
- Schnitzer, S. A., Bongers, F., (2002). The ecology of lianas and their role in forests. *Tree* 17, 223-230.
- Shackleton, C. M. (2000). Comparison of plant diversity in protected and communal lands in the Bushbuckridge lowveld savanna, South Africa. *Biological Conservation*, 94(3): 273-285.
- 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. F., Fariñas, M. R., Felfili, J. M., & Klink, C.A. (2006). Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography*. 33(3):336-354.

- Silva, J. M. C. & Bates, J. M. (2002). Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. *BioScience*. 52(3): 225-236.
- Silva, L. O., Costa, D. A., Santo Filho, K. D. E., Ferreira, H. D., Brandão, D. (2002). Levantamento florístico e fitosociológico em duas áreas de cerrado sensu stricto no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. *Acta Bot. Brasil*, 16(1), 43-53.
- Staver, A. C., Bond, W. J., & February, E. C. (2011). History matters: tree establishment variability and species turnover in an African savanna. *Ecosphere*, 2(4): 1-12.
- Toledo, M., Peña-Claros, M., Bongers, F., Alarcón, A., Balcázar, J., Chuvina, J., ... & Poorter, L. (2012). Distribution patterns of tropical woody species in response to climatic and edaphic gradients. *Journal of Ecology*, 100(1), 253-263.
- Torello-Raventos, M., Feldpausch, T. R., Veenendaal, E., Schrod, F., Saiz, G., Domingues, T. F., ... & Lloyd, J. (2013). On the delineation of tropical vegetation types with an emphasis on forest/savanna transitions. *Plant Ecology & Diversity*. 6(1): 101-137.
- Townsend C. R.; Begon M., & Harper J. P. (2006). *Fundamentos em Ecologia*. Editora ARTMED, Porto Alegre 2. edição.
- Urbanetz, C., Lehn, C. R., Salis, S. M., Bueno, M. L., & Alves, F. M. (2013). Composição e distribuição de espécies arbóreas em gradiente altitudinal, Morraria do Urucum, BRASIL. *Oecologia Australis*, 16(4), 859-877.
- Venables, W. N. & Ripley, B. D. (2002) *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0.

Apêndices

Apêndice 1. Variáveis edáficas iniciais utilizadas na Análise de Componentes Principais (PCA), para seleção das variáveis edáficas de interesse de nove sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Cálcio	Ca	cmolc/dm ³
Magnésio	Mg	cmolc/dm ³
Alumínio	Al	cmolc/dm ³
Acidez potencial	HA1	cmolc/dm ³
Potássio	K	cmolc/dm ³
Fósforo	P	mg/dm ³ (ppm)
Enxofre	S	mg/dm ³ (ppm)
Matéria Orgânica	MO	g/dm ³
Sódio	Na	mg/dm ³ (ppm)
Zinco	Zn	mg/dm ³ (ppm)
Boro	B	mg/dm ³ (ppm)
Cobre	Cu	mg/dm ³ (ppm)
Ferro	Fe	mg/dm ³ (ppm)
Manganês	Mn	mg/dm ³ (ppm)
Capacidade de troca catiônica	CTC	cmolc/dm ³
Percentual de saturação de base	Psb	cmolc/dm ³
Percentual de saturação de Alumínio	PsAl	cmolc/dm ³
Potencial hidrogeniônico	pH	mol/dm ³
Argila	-	g/Kg
Silte	-	g/Kg
Areia	-	g/Kg

Apêndice 2. Composição florística de nove sítios de cerrado típico ao longo de um gradiente sul-norte no oeste do estado de Goiás e leste do estado de Mato Grosso, na transição entre os biomas Cerrado e a Amazônia. Espécies estão ordenadas pelo número de sítios de ocorrência e abundância de indivíduos nos sítios. Onde: NS= Número de Sítios, NI= Número de Indivíduos e GE= Grupo Ecológico. AR= Árvores; PA= Palmeiras e LI= Lianas.

Espécie	Família	NS	NI	GF
1 <i>Qualea parviflora</i> Mart.	Vochysiaceae	9	2021	ARV
2 <i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	Dilleniaceae	9	1543	ARV
3 <i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	9	572	ARV
4 <i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	Lythraceae	9	429	ARV
5 <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.)Radlk.	Sapotaceae	9	348	ARV
6 <i>Roupala montana</i> (Pohl)Engl.	Proteaceae	9	317	ARV
7 <i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	Vochysiaceae	9	301	ARV
8 <i>Diospyros hispida</i> A. DC.	Ebenaceae	9	256	ARV
9 <i>Rourea induta</i> Planch.	Connaraceae	9	222	ARV
10 <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Fabaceae	9	194	ARV
11 <i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Combretaceae	9	160	ARV
12 <i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	Malvaceae	9	155	ARV
13 <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Fabaceae	9	45	ARV
14 <i>Strychnos pseudoquina</i> A. St.-Hil.	Loganiaceae	9	43	ARV
15 <i>Syagrus comosa</i> (Mart.)Mart.	Arecaceae	8	656	PAL
16 <i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.	Malpighiaceae	8	540	ARV
17 <i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae	8	392	ARV
18 <i>Mouriri elliptica</i> Mart.	Melastomataceae	8	340	ARV
19 <i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	Malpighiaceae	8	321	ARV
20 <i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	Erythroxylaceae	8	288	ARV

Espécie	Família	NS	NI	GF
21 <i>Qualea multiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	8	242	ARV
22 <i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	Calophyllaceae	8	228	ARV
23 <i>Tachigali aurea</i> Tul.	Fabaceae	8	227	ARV
24 <i>Connarus suberosus</i> Planch.	Connaraceae	8	204	ARV
25 <i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss.	Malpighiaceae	8	199	ARV
26 <i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.)Mattos	Bignoniaceae	8	167	ARV
27 <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	Apocynaceae	8	165	ARV
28 <i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.)Baill.	Ochnaceae	8	162	ARV
29 <i>Tabebuia aurea</i> (SilvaManso)Benth.&Hook.f.exS.Moore	Bignoniaceae	8	156	ARV
30 <i>Andira cujabensis</i> Benth.	Fabaceae	8	150	ARV
31 <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Fabaceae	8	140	ARV
32 <i>Licania humilis</i> Cham. & Schldl.	Chrysobalanaceae	8	96	ARV
33 <i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	Celastraceae	8	96	ARV
34 <i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Apocynaceae	8	93	ARV
35 <i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart.	Fabaceae	8	72	ARV
36 <i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Fabaceae	8	67	ARV
37 <i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.)Becc.	Arecaceae	7	646	PAL
38 <i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	Myrtaceae	7	242	ARV
39 <i>Eugenia aurata</i> O.Berg	Myrtaceae	7	203	ARV
40 <i>Vochysia rufa</i> Mart.	Vochysiaceae	7	161	ARV
41 <i>Mezilaurus crassiramea</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Lauraceae	7	156	ARV
42 <i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	Icacinaceae	7	154	ARV
43 <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Fabaceae	7	142	ARV
44 <i>Annona crassiflora</i> Mart.	Annonaceae	7	97	ARV
45 <i>Erythroxylum engleri</i> O.E.Schulz	Erythroxylaceae	7	94	ARV

Espécie	Família	NS	NI	GF
46 <i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	Calophyllaceae	7	91	ARV
47 <i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	Fabaceae	7	85	ARV
48 <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Fabaceae	7	62	ARV
49 <i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Sapindaceae	7	58	ARV
50 <i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	Malvaceae	7	54	ARV
51 <i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	Opiliaceae	7	46	ARV
52 <i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	Nyctaginaceae	7	40	ARV
53 <i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson	Apocynaceae	7	39	ARV
54 <i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Apocynaceae	7	23	ARV
55 <i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	Myrtaceae	6	237	ARV
56 <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	6	176	ARV
57 <i>Terminalia argentea</i> Mart.	Combretaceae	6	169	ARV
58 <i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook. f.	Chrysobalanaceae	6	122	ARV
59 <i>Myrcia splendens</i> (Sw.)DC.	Myrtaceae	6	116	ARV
60 <i>Eugenia gemmiflora</i> O. Berg	Myrtaceae	6	96	ARV
61 <i>Annona coriacea</i> Mart.	Annonaceae	6	88	ARV
62 <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Anacardiaceae	6	69	ARV
63 <i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	Nyctaginaceae	6	66	ARV
64 <i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.	Fabaceae	6	63	ARV
65 <i>Diplopterys pubipetala</i> (A.Juss.) W.R.Anderson & C.C.Davis	Malpighiaceae	6	56	LIA
66 <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K.Schum.	Rubiaceae	6	39	ARV
67 <i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	Simaroubaceae	6	34	ARV
68 <i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	Myrtaceae	6	33	ARV
69 <i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Fabaceae	6	12	ARV
70 <i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	Erythroxylaceae	5	151	ARV

Espécie	Família	NS	NI	GF
71 <i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.)L.C.Rich.exA.Juss.	Malpighiaceae	5	110	ARV
72 <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess	Caryocaraceae	5	26	ARV
73 <i>Aspidosperma nobile</i> Müll.Arg.	Apocynaceae	5	10	ARV
74 <i>Myrcia lanuginosa</i> O. Berg	Myrtaceae	4	415	ARV
75 <i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. Ex Engl.) Engl.	Ochnaceae	4	100	ARV
76 <i>Aspidosperma multiflorum</i> A. DC.	Apocynaceae	4	88	ARV
77 <i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	4	84	ARV
78 <i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	Fabaceae	4	20	ARV
79 <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Fabaceae	4	16	ARV
80 <i>Myrcia bella</i> Cambess.	Myrtaceae	3	181	ARV
81 <i>Asteraceae</i> NI	<i>Asteraceae</i>	3	95	ARV
82 <i>Plenckia populnea</i> Reissek	Celastraceae	3	91	ARV
83 <i>Byrsonima</i> sp. - <i>falsa pachyphylla</i>	Malpighiaceae	3	69	ARV
84 <i>Antonia ovata</i> Pohl	Loganiaceae	3	37	ARV
85 <i>Psidium laruotteanum</i> Cambess.	Myrtaceae	3	36	ARV
86 <i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze	Rubiaceae	3	29	ARV
87 <i>Dipteryx alata</i> Vogel	Fabaceae	3	29	ARV
88 <i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	Chrysobalanaceae	3	23	ARV
89 <i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	Fabaceae	3	22	ARV
90 <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud.	Melastomataceae	3	16	ARV
91 <i>Ferdinandusa elliptica</i> Pohl	Rubiaceae	3	15	ARV
92 <i>Luetzelburgia praecox</i> (HarmsexKuntze)Harms	Fabaceae	3	14	ARV
93 <i>Matayba guianensis</i> Aubl	Sapindaceae	3	14	ARV
94 <i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae	3	11	ARV
95 <i>Peltogyne confertiflora</i> (Mart. ex Hayne) Benth.	Fabaceae	3	11	ARV

Espécie	Família	NS	NI	GF
96 <i>Stryphnodendron fissuratum</i> E.M.O.Martins	Fabaceae	3	10	ARV
97 <i>Heisteria ovata</i> Benth.	Olacaceae	3	8	ARV
98 <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	3	7	ARV
99 <i>Byrsonima basiloba</i> A.Juss.	Malpighiaceae	3	6	ARV
100 <i>Eremanthus cf. mattogrossensis</i> Kuntze	Asteraceae	3	6	ARV
101 <i>Neea theifera</i> Oerst.	Nyctaginaceae	3	4	ARV
102 <i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.	Annonaceae	2	245	ARV
103 <i>Campomanesia eugenoides</i> (Cambess.) D.Legrand ex Landrum	Myrtaceae	2	63	ARV
104 <i>Mimosa laticifera</i> Rizzini & A. Mattos	Fabaceae	2	61	ARV
105 <i>Eschweilera nana</i> (O. Berg) Miers	Lecythidaceae	2	44	ARV
106 <i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Moraceae	2	29	ARV
107 <i>Mouriri pusa</i> Gardner	Melastomataceae	2	27	ARV
108 <i>Guettarda viburnoides</i> Cham.&Schltdl.	Rubiaceae	2	16	ARV
109 <i>Myrcia variabilis</i> DC.	Myrtaceae	2	16	ARV
110 <i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart.) Robyns	Malvaceae	2	12	ARV
111 <i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	Vochysiaceae	2	9	ARV
112 <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) SO Grose	Bignoniaceae	2	8	ARV
113 <i>Eriotheca sp.</i>	Malvaceae	2	7	ARV
114 <i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) Woodson	Apocynaceae	2	7	ARV
115 <i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	Erythroxylaceae	2	6	ARV
116 <i>Euplassa inaequalis</i> (Pohl)Engl.	Proteaceae	2	3	ARV
117 <i>Tachigali subvelutina</i> (Benth.) Oliveira-Filho	Fabaceae	2	3	ARV
118 <i>Myrcia sp.</i>	Myrtaceae	1	338	ARV
119 <i>Myrcia rimosa</i> Cambess.	Myrtaceae	1	100	ARV
120 <i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddi	Calophyllaceae	1	22	ARV

Espécie	Família	NS	NI	GF
121 <i>Rubiaceae NI</i>	Rubiaceae	1	17	ARV
122 <i>Attalea speciosa</i> Mart. ex Spreng	Arecaceae	1	15	PAL
123 <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	1	12	ARV
124 <i>Malpighiaceae NI</i>	Malpighiaceae	1	10	LIA
125 <i>Chomelia rebesioides</i> Benth. ex A. Gray	Rubiaceae	1	7	ARV
126 <i>Physocalymma scaberrimum</i>	Lythraceae	1	7	ARV
127 <i>Luehea paniculata</i> Mart.	Malvaceae	1	6	ARV
128 <i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	Asteraceae	1	6	ARV
129 <i>Vochysia sp.</i>	Vochysiaceae	1	6	ARV
130 <i>Apeiba tiborbou</i> Aubl.	Malvaceae	1	5	ARV
131 <i>Chamaecrista orbiculata</i> (Benth.) HS Irwin & Barneby	Fabaceae	1	5	ARV
132 <i>Miconia stenostachya</i> DC.	Melastomataceae	1	5	ARV
133 <i>Protium unifoliolatum</i> Engl.	Burseraceae	1	5	ARV
134 <i>Psidium sp.</i>	Myrtaceae	1	5	ARV
135 <i>Salacia elliptica</i> (Mart. Ex Schult.) G. Don	Celastraceae	1	5	ARV
136 <i>Vellozia squamata</i> Pohl	Velloziaceae	1	5	PAL
137 <i>Luehea grandiflora</i> Mart.& Zucc.	Malvaceae	1	4	ARV
138 <i>Myrcia camapuanensis</i> N. Silveira	Myrtaceae	1	4	ARV
139 <i>NI</i>		1	4	ARV
140 <i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	Rubiaceae	1	4	ARV
141 <i>Butia sp.</i>	Arecaceae	1	3	PAL
142 <i>Copaifera martii</i> Hayne	Fabaceae	1	3	ARV
143 <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	Bignoniaceae	1	3	ARV
144 <i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.	Malpighiaceae	1	2	ARV
145 <i>Coccoloba mollis</i> Casar.	Polygonaceae	1	2	ARV

Espécie	Família	NS	NI	GF
146 <i>Cybianthus detergens</i> Mart.	Primulaceae	1	2	ARV
147 <i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. ex A. DC.	Bignoniaceae	1	2	ARV
148 <i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	Sapindaceae	1	2	ARV
149 <i>Diospyros sericea</i> A.DC.	Ebenaceae	1	2	ARV
150 <i>Diospyros</i> sp.	Ebenaceae	1	2	ARV
151 <i>Guatteria</i> sp.1	Annonaceae	1	2	ARV
152 <i>Myrcia</i> sp.	Myrtaceae	1	2	ARV
153 <i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.)Engl.	Ochnaceae	1	2	ARV
154 <i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae	1	2	ARV
155 <i>Solanum lycocarpum</i> A. St. Hil.	Solanaceae	1	2	ARV
156 <i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Bignoniaceae	1	2	ARV
157 <i>Zeyheria montana</i> Mart.	Bignoniaceae	1	2	ARV
158 <i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	Rubiaceae	1	1	ARV
159 <i>Bauhinia brevipes</i> Vogel	Fabaceae	1	1	ARV
160 <i>Bauhinia</i> sp.	Fabaceae	1	1	ARV
161 <i>Caryocar</i> sp.	Caryocaraceae	1	1	ARV
162 <i>Cordia glabrata</i> (Mart.) A.DC.	Boraginaceae	1	1	ARV
163 <i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	Rubiaceae	1	1	ARV
164 <i>Eugenia</i> sp.	Myrtaceae	1	1	ARV
165 <i>Fridericia cinnamomea</i> (DC.) LG Lohmann	Bignoniaceae	1	1	ARV
166 <i>Handroanthus</i> sp.	Bignoniaceae	1	1	ARV
167 <i>Licania</i> sp.	Chrysobalanaceae	1	1	ARV
168 <i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	1	1	ARV
169 <i>Palicourea rigida</i> Kunth	Rubiaceae	1	1	ARV
170 <i>Platypodium elegans</i> Vogel	Fabaceae	1	1	ARV

Espécie	Família	NS	NI	GF
171 <i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	Rhamnaceae	1	1	ARV
172 <i>Secondatia densiflora</i> A.DC.	Apocynaceae	1	1	LIA
173 <i>Serjania cf. caracasana</i> (Jacq.) Willd.	Sapindaceae	1	1	LIA
174 <i>Vochysia haenkeana</i> Mart.	Vochysiaceae	1	1	ARV
175 <i>Ximenia sp.</i>	Ximeniaceae	1	1	ARV